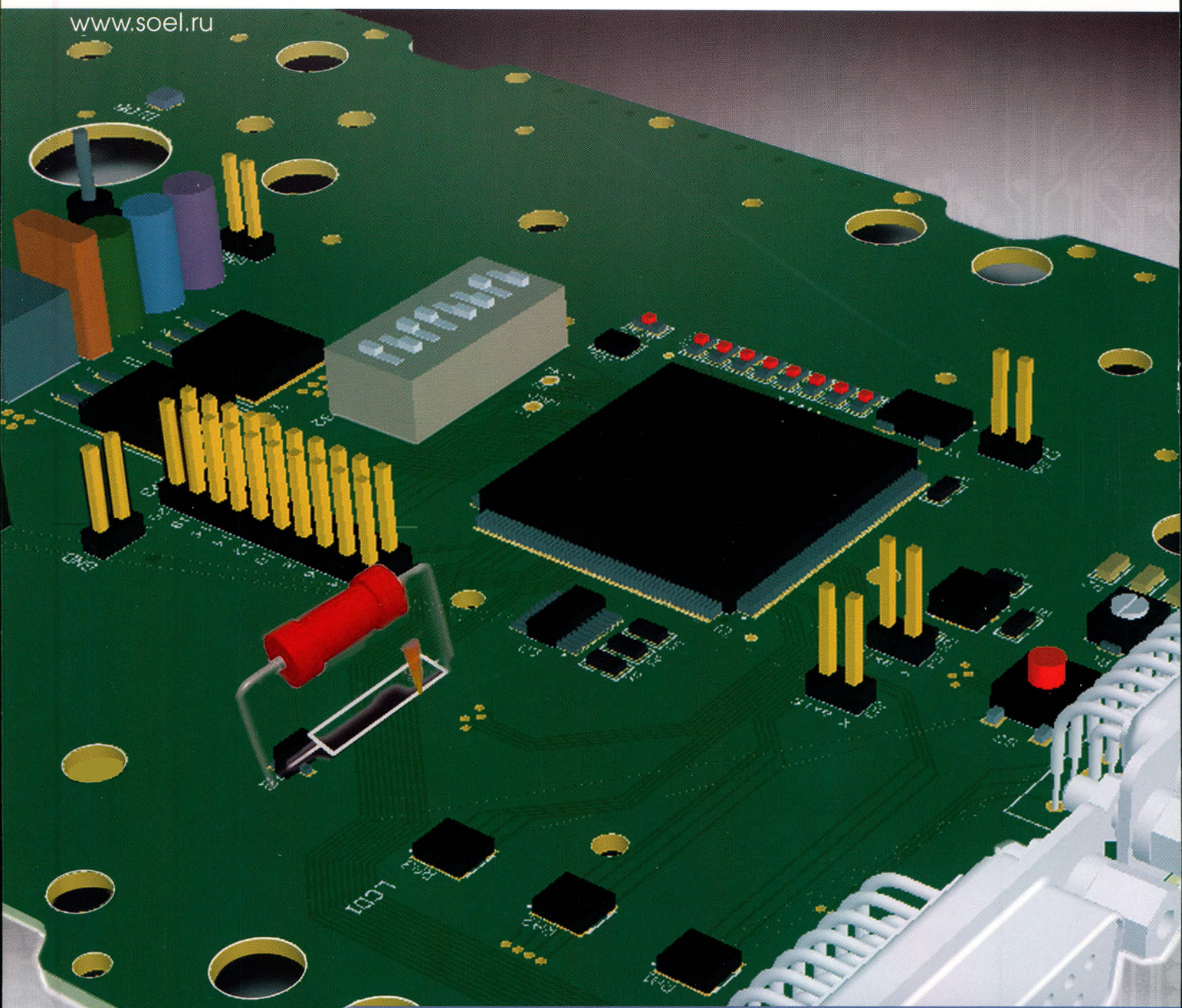


# СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

3  
2009

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



Перспективы рынка приемников ГЛОНАСС/GPS  
Новые драйверы светодиодов  
ПАВ-фильтры с преобразованием импедансов  
Источники питания AC/DC для жёстких условий  
Звуковые ЦАП фирм АКМ и Burr-Brown  
Размещение механических деталей на печатной плате

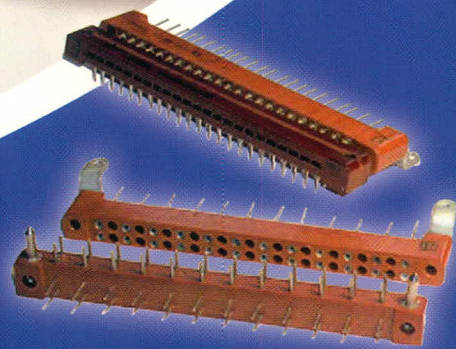


ОАО «Завод «Исеть» (г.Каменск-Уральский) является единственным производителем в России гиперболоидных контактов (гнезд), обладающих стабильным электрическим сопротивлением и малым контактным давлением, а также электрических соединителей на основе гиперболоидного гнезда. В настоящее время ОАО «Завод «Исеть» выпускает соединители ГРППЗ, ГРПМЗ КеО.364.003 ТУ, полностью взаимозаменяемые и взаимосочленяемые с соединителями ГРППЗ, ГРПМЗ КеО.364.003 ТУ производства ОАО «Лтава», г. Полтава (Украина).

## ОПИСАНИЕ СОЕДИНИТЕЛЕЙ:

Имеют гиперболоидные контакты, предназначены для работы в электрических цепях постоянного, переменного (частотой до 3 МГц) и импульсного токов, ГРПМЗ для объемного монтажа, ГРППЗ для печатного монтажа.

- **Количество контактов в соединителях ГРППЗ:**  
14 (24,36, (36)24, (36)16, 46, (46)24, 58
- **Количество контактов в соединителях ГРПМЗ:**  
14, 15, 31, 36, (36)24, (36)16, 46, 58, 61
- **Покрывание контактов:** серебро
- **Диапазон рабочих температур:** -60 до +85°C
- **Синусоидальная вибрация:**
  - диапазон частот, Гц 1-5000
  - амплитуда ускорения, м/с<sup>2</sup> (g) 300(30)
- **Рабочий ток на каждый контакт:** 0,5; 1
- **Напряжение, В (ампл.), не более:** 100
- **Сопротивление контактов, Ом, не более, для исполнений:**
  - печать-печать 0,008
  - печать-объем, объем-объем 0,005
- **Количество сочленений/расчленений:** 1000
- **Минимальный срок сохраняемости, лет:** 25



Соединители ГРППЗ, ГРПМЗ широко применяются в авиации, ракетостроении, атомной энергетике, судостроении, теле- и радио аппаратуре, аппаратуре связи, вычислительной технике.

В 2009 г. ОАО «Завод «Исеть» в целях импортозамещения будут проведены работы по освоению соединителей ГРПП-72, ГРПМ5, ГРПМ6, ГРПМ7, ГРПМ8, ГРПМ10, полностью взаимозаменяемых и взаимосочленяемых с соединителями ГРПП-72 БАО.364.019 ТУ, ГРПМ5, ГРПМ6, ГРПМ7, ГРПМ8, ГРПМ10 КеО.364.010ТУ, ВКШУ 434415.002 ТУ производства ОАО «Лтава», г. Полтава.

*ОАО «Завод «Исеть» имеет сертификаты на разработку и производство соединителей, выданные органом «Военэлектронсерв» НИИ Министерства обороны РФ. Все выпускаемые заводом соединители сертифицируются в обязательном порядке.*

**Главный редактор**

Александр Майстренко

**Зам. главного редактора**

Татьяна Крюк

**Редакционная коллегия**

Андрей Данилов, Олег Фёдоров

**Вёрстка**

Александр Либков

**Обложка**

Дмитрий Юсим

**Служба распространения**

(info@soel.ru)

Мария Кашайкина, Ольга Галыбина

**Служба рекламы**

(advert@soel.ru)

Ирина Савина, Александр Максимов

**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

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:

ОАО «Полиграфический комплекс

«Пушкинская площадь»

Адрес:

109548, г. Москва, ул. Шоссейная, д. 4д

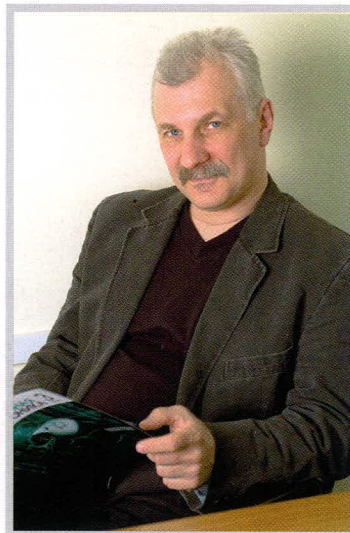
Перепечатка материалов допускается только  
с письменного разрешения редакции.

Ответственность за содержание рекламы  
несут рекламодатели.

Ответственность за содержание статей  
несут авторы.

Материалы, переданные редакции,  
не рецензируются и не возвращаются.

© СТА-ПРЕСС, 2009



## Уважаемые читатели!

Наивно было бы ожидать хороших новостей в кризис. Но вот что интересно: за последний месяц не было вообще никаких сколько-нибудь значимых событий, о которых стоило бы здесь упомянуть. Намечавшееся ещё на август прошлого года совещание у зампреда Правительства Российской Федерации Игоря Сечина, на котором ожидалась коррекция направления развития российской электроники, не состоялось до сих пор. Никаких вестей от флагманов нашей микроэлектроники «Микроне» и «Ангстреме» об успешном освоении очередного объёма денег и тем более – о выпуске очередного отечественного суперпроцессора. Никаких громких слияний и поглощений в стане (или в стае – как правильной?) дистрибьюторов. Подозрительное затишье, как перед бурей. Впрочем, отсутствие новостей – вот она, хорошая новость!

Правда, есть и одна плохая. В этом году не состоится выставка DSPA, одна из моих любимых выставок. Нравится мне эта выставка за царящий на ней дух российской научной школы, за общество не коммерсантов, а технарей, за её скромность и вместе с тем высокую отдачу для журнала. Не хочу говорить о ней в прошедшем времени и надеюсь, что эта выставка возродится.

Есть событие, о котором я хочу напомнить нашим читателям: 16 марта исполняется 150 лет со дня рождения великого русского учёного, изобретателя радио А.С. Попова. Статью о нём вы найдёте в этом журнале среди других интересных статей. Приятного и полезного чтения!

*С уважением,  
Александр Майстренко*

## Market

News from the Russian Market .....	4
Prospects for Commercial GLONASS/GPS Receiver Market .....	8
<i>Andrei Sviridenko</i>	

## Modern Technologies

Smart Cards in Embedded Systems .....	12
<i>Nikolai Kol'skii</i>	

## Elements and Components

VIPerX7 Chip: Advanced Solution for Switched-Mode Power Supply .....	18
<i>Stanislav Kosenko</i>	
LED Driver IC from ADDtek .....	22
<i>Maksim Selivanov</i>	
Balanced Resonant Low-Loss SAW Filters with Impedance Conversion .....	24
<i>Sergei Dobershtein</i>	
Compact AC/DC Power Supplies Intended for Severe Environment .....	26
<i>Viktor Zhdankin</i>	
Sensor Contactless Switches from Mentor Co. ....	30
<i>Aleksandr Balakirev</i>	

## Practical Electronics

Advanced Microcontrollers and Speech .....	34
<i>Oleg Val'pa</i>	
Precision AC(0...5 A)-to-DC(4...20 mA) Converters .....	38
<i>Sergei Lozitskii</i>	
Application of AKM and Burr-Brown DACs in Audio and Video Equipment .....	46
<i>Yurii Petropavlovskii</i>	

## Design and Simulation

Altium Designer Winter 09 – Addition of Mechanical Parts to Printed-Circuit Board .....	54
<i>Aleksei Sabunin</i>	
Practical Course of End-to-End Design of Digital Devices Based on Xilinx FPLD (Part 21) .....	60
<i>Valerii Zotov</i>	
Application of the ADSP-TS201 Platform in Real-Time Solution of Problems: Code Optimization Techniques .....	66
<i>Aleksandr Tumachek</i>	

## Programming

Program for Operation with Multiplex Protocol .....	70
<i>Aleksandr Sedunov</i>	

## Events

A.S. Popov: The Inventor of Radio .....	76
<i>Vladimir Bartenev</i>	
Demonstration Area for Advanced Electronics .....	78

## Рынок

- 4 Новости российского рынка
- 8 Перспективы коммерческого рынка приёмников ГЛОНАСС/GPS  
*Андрей Свириденко*

## Современные технологии

- 12 Смарт-карты во встроенных системах  
*Николай Кольский*

## Элементы и компоненты

- 18 Микросхема VIPerX7: современное решение для импульсного источника питания  
*Станислав Косенко*
- 22 ИС светодиодных драйверов фирмы ADDtek  
*Максим Селиванов*
- 24 Балансные резонаторные ПАВ-фильтры с малыми потерями и преобразованием импедансов  
*Сергей Доберштейн*
- 26 Компактные источники питания AC/DC для жёстких условий внешней среды  
*Виктор Жданкин*
- 30 Сенсорные бесконтактные переключатели компании Mentor  
*Александр Балакирев*

## Практическая электроника

- 34 Современные микроконтроллеры и речь  
*Олег Вальпа*
- 38 Прецизионные преобразователи переменного тока 0...5 А в постоянный ток 4...20 мА  
*Сергей Лозицкий*
- 46 Применение ЦАП фирм АКМ и Burr-Brown в звуковой и видеоаппаратуре  
*Юрий Петропавловский*

## Проектирование и моделирование

- 54 Altium Designer Winter 09 – Добавление механических деталей на печатную плату  
*Алексей Сабунин*
- 60 Практический курс сквозного проектирования цифровых устройств на основе ПЛИС фирмы Xilinx (часть 21)  
*Валерий Зотов*
- 66 Применение платформы ADSP-TS201 для решения задач в реальном масштабе времени: методики оптимизации программного кода  
*Александр Тумачек*

## Программирование

- 70 Программа для работы с мультиплексным протоколом  
*Александр Седунов*

## События

- 76 Изобретатель радио А.С. Попов  
*Владимир Бартенев*
- 78 Демонстрационная площадка достижений электронной промышленности

## Новости российского рынка

### Элементы и компоненты

#### Терминальный клиент на базе LINUX

Компания «НПП "РОДНИК"», официальный дистрибьютор компании «Chip PC», сообщает о том, что компания «Chip PC», специализирующаяся на разработке тонких и терминальных клиентов, выпустила новый продукт – Plug PC LXP 2310. Этот тонкий и терминальный клиент обладает встроенной операционной системой, базируюшейся на Linux. По сравнению с предыдущими моделями тонких и терминальных клиентов от Chip PC, Plug PC имеет ещё более низкое энергопотребление, меньшие размеры и более производительный процессор со встроенным аппаратным видеодекодером. Благодаря этим качествам, Plug PC, как терминальный клиент, теперь можно использовать не только для работы с офисными приложениями, но и приложениями, использующими «тяжёлую» графику, например, такими, как CAD-системы. Встроенный MPlayer поддерживает воспроизведение широкого спектра видеоформатов, что позволяет проигрывать видео как локально, так и через терминальную сессию. Массовое управление устройствами Plug PC и правами пользователей осуществляется ПО Xcalibur Global.



По совокупности качеств, присущих Plug PC, можно сказать, что он не имеет аналогов на отечественном и зарубежном рынке.

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

Тел. (499) 613-2688; (499) 613-7001

#### Семейство малогабаритных, низкопрофильных прецизионных маломощных кварцевых генераторов с широкими адаптивными возможностями

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 семейство малогабаритных, низкопрофильных («плоских») прецизионных маломощных кварцевых генераторов с широкими адаптивными возможностями для различных применений.



Это – модели GK197-TC, GK199-TC, GK200-TC, GK201-TC со следующими особенностями:

- высокая стабильность частоты в интервале рабочих температур: до  $2 \times 10^{-10}$  для GK200-TC и  $(5...10) \times 10^{-10}$  для других моделей;
- высокая долговременная стабильность частоты: до  $(2...3) \times 10^{-8}$ /год;
- исполнение с выходным сигналом SIN или HCMOS;
- исполнение с напряжением питания 12 или 5 В;
- возможность реализации жесточённых требований к кратковременной нестабильности частоты (девиации Аллана) – вплоть до  $7 \times 10^{-3}$ /с, а также времени установления частоты – вплоть до 1 мин;
- низкий уровень фазовых шумов с возможностью выбора исполнения при заказе – от стандартного до маломощного (опция LN), улучшенного маломощного (ILN) и ультрамаломощного (ULN). Реализованные уровни шумов генераторов на 10 МГц:  $\leq -108$  дБ/Гц для  $\Delta f = 1$  Гц и  $\leq -157$  дБ/Гц для  $\Delta f = 100$  Гц;
- низкий «профиль»: реализованная высота корпуса до 10 мм для GK197-TC и GK200-TC; 12,7 мм для всех моделей;
- исполнение в популярных стандартных корпусах с размерами в плане от миниатюрного  $20 \times 20$  мм (GK199-TC) до малогабаритных  $36 \times 27$  мм (GK197-TC),  $51 \times 41$  мм (GK201-TC) и – для наиболее высокого уровня параметров –  $51 \times 51$  мм (GK200-TC).

Генераторы освоены в серийном производстве и уже успешно применяются во многих видах современной радиоэлектронной аппаратуры самого различного назначения.

Диапазон частот: 10...20 МГц для GK197-TC и GK199-TC, 10...40 МГц для GK201-TC и 10...100 МГц для GK200-TC.

Дополнительная информация об этих и других новых приборах доступна на обновлённом сайте ОАО «МОРИОН» [www.morion.com.ru](http://www.morion.com.ru). Образцы нашей продукции будут представлены на стенде предприятия

(№ 18, павильон № 3, зал № 13) на выставке «ЭкспоЭлектроника 2009».

[www.morion.com.ru](http://www.morion.com.ru)

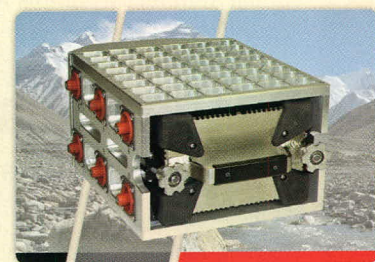
Тел. (812) 350-7572, (812) 350-9243

#### Curtiss-Wright SANbric: бортовой 6-дисковый массив ёмкостью 2,7 Тб

Компания Curtiss-Wright Controls Embedded Computing – производитель встраиваемых компьютерных плат и систем для военных применений – выпустила бортовой дисковый накопитель для тяжёлых условий эксплуатации.

Накопитель SANbric выполнен на основе массива из шести 3,5" приводов общей ёмкостью 2,7 Терабайт. Массив имеет организацию JBOD (Just a Bunch of Disks) и управляется по двухканальному интерфейсу Fibre Channel 2 Гбит/с. Дисковый массив размещён в герметичном удароизолирующем корпусе, обеспечивающем условия эксплуатации по авиационным стандартам RTCA DO-160D и ISO-7137 «Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment». Рабочая температура  $-40...+55^\circ\text{C}$ , удар 20G 11 мс, высота 22 км. Габариты  $290 \times 130 \times 190$  мм. Вес 9,5 кг.

Накопитель SANbric является альтернативой твердотельным накопителям на базе флэш-памяти и имеет значительно меньшую стоимость.



Компания Curtiss-Wright CEC образована после объединения ведущих производителей встраиваемых плат и систем для военных применений: DY4 Systems, VISTA Controls, Synergy Microsystems, Systran, Peritek, Primagraphics, Pentland Systems и VMETRO.

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

Тел. (499) 148-9677

#### Миниконтроллер 1886BE7Y

Компания Миландр представляет новый 8-разрядный микроконтроллер 1886BE7. Отличительной особенностью является 28-выводной металлокерамический микрокорпус и малое динамическое потребление – до 2 мА (частота тактирования 10 МГц). Система команд микроконтроллера иден-

## Новости российского рынка

тична другим контроллерам данной серии (PIC17). Память программ типа EEPROM 2Kx16, память данных 902 байта. Периферия включает в себя один универсальный синхронный асинхронный приемник передатчик USART с программируемой скоростью передачи и поддержкой режима LIN, 16-разрядный таймер-счётчик с 8-битным предварительным делением, 8-разрядный порт ввода/вывод с нагрузочной способностью до 4 мА. Максимальная тактовая частота до 10 МГц с производительностью 2,5 MIPS. В микроконтроллер встроен линейный регулятор напряжения, позволяющий запитать микросхему нестабильным напряжением до 16 В. Основное назначение контроллера – малогабаритные системы специального и двойного назначения с ограниченным энергопотреблением. Поставка микросхем и отладочных средств началась в январе 2009 г.

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

Тел. (495) 601-9545

### Новый продукт от Ментор Электроникс

Компания Ментор Электроникс представляет новую разработку – системный модуль SBC-9263 на процессоре ATMEGA AT91SAM9263 с ядром ARM926. Модуль выполнен в удобном формате SO-DIMM и предназначен для построения целого ряда устройств для промышленных решений, автомобильной электроники, а также мобильных мультимедийных устройств. На модуле установлены SDRAM, Flash, а также Ethernet-контроллер, и требуется лишь наличие внешней платы с питанием и необходимыми разъёмами.



Низкая цена модуля и прямой диалог с разработчиком ставят российский продукт на уровень выше импортных аналогов. На сайте компании работает справочная wiki-система, где детально описаны инструкции, необходимые для запуска новой платформы на модуле. Для быстрого старта продукта и разработки программного обеспечения на прототипе конечной платформы предлагается отладочная плата, стоимость которой в 2-3 раза ниже европейских аналогов, и при этом она обладает более широкой периферией.

Преимуществами применения готового модуля относительно собственной разработки являются:

- быстрый выпуск конечного продукта;
- низкая себестоимость разработки;
- концентрация усилий на разработке пользовательских приложений, а не отладке аппаратных проблем;
- удобная архитектура модуля не требует приобретения отладочных средств;
- бесплатный компилятор Си;
- бесплатные BSP для Linux и Windows CE 5.0/6.0.

Компания предлагает все услуги по разработке электронных устройств на базе модуля и необходимого программного обеспечения.

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

Тел. (495) 646-0413

### Новый выключатель-разъединитель фирмы LOVATO Electric

LOVATO Electric дополняет свою линейку продукции новым выключателем-разъединителем серии GE. Серия выключателей предназначена для работы в широком диапазоне установок от 160 до 1250 А. Конструктивные характеристики позволяют использовать эти изделия по категориям AC21. Предложены выключатели-разъединители следующих типов: трёхполюсный, трёхполюсный с возвратом и держателем предохранителя BS, NH, четырёхполюсный, четырёхполюсный с возвратом и держателем предохранителя BS, NH.

Эксплуатационные особенности: с блокировкой двери, прямого действия, для установки на дверь шкафа, для чего предусмотрены валы рычага различной длины, изоляция ручки IP65. Возможна блокировка замком в 0-позиции без дополнительных аксессуаров. Номинальное напряжение изоляции Ui: 800...1000 В. Защита против случайных перенапряжений в оборудовании, защита от пробоя между фазой и нейтралью, стандартная версия (3P+N) с разрывом нейтрали. Высокая электрическая и механическая прочность, негорючий корпус из поликарбоната, компактный размер, для экономии места в электрических шкафах.

Имеются дополнительные блоки и аксессуары, такие как дополнительные контакты,



валы и защита контактов. Новый выключатель-разъединитель серии GE, благодаря его уменьшенным размерам, обеспечивает простоту установки и безопасность; его применение позволит повысить функциональные возможности оборудования.

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

Тел. (495) 778-5018

### Новые ЖК-дисплеи больших форматов со светодиодной подсветкой от LITEMAX

Компания LITEMAX Electronics – лидер в области производства ЖК-дисплеев с повышенной яркостью свечения экрана – начала выпуск ЖК-панелей, оснащённых системой задней подсветки на массивах светодиодов белого свечения, расширив свою серию DURAPIXEL.



По сравнению с распространёнными ЖК-панелями с системой задней подсветки на люминесцентных лампах с холодным катодом (cold-cathode fluorescent lamp – CCFL), ЖК-панели DLH1744 и DLH1954 со светодиодной подсветкой обладают следующими преимуществами:

- низкая потребляемая мощность: 19" ЖК-панель DLH1954 со светодиодной подсветкой при яркости 1000 кд/м² потребляет 31 Вт (почти в два раза меньше, чем необходимо для работы дисплея с CCFL);
- высокая стойкость к ударным и вибрационным воздействиям, в отличие от ЖК-дисплеями с подсветкой на CCFL;
- высокая равномерность распределения яркости – 90% против 75% для дисплеев с CCFL;
- экологичность – отсутствие в конструкции свинца и ртути;
- низкий уровень электромагнитных помех – отсутствует высоковольтный инвертор;
- КПД платы управления светодиодной подсветкой более 90%;
- широкий диапазон регулировки яркости (контрастное отношение – 1200 : 1);
- питание от сети постоянного тока (нет инвертора с выходным напряжением переменного тока);

## Новости российского рынка

- разнообразие конструктивных исполнений;
- длительный ресурс (свыше 20 000 ч).

Кроме того, в данных сериях ЖК-дисплеев реализована концепция экономии энергии и снижения выделения углекислого газа.

ЖК-панели DURAPIXEL могут применяться в приложениях с жёсткими условиями эксплуатации – на морских судах, в медицине, военной промышленности, в горнодобывающей и транспортной отраслях. Для специализированных применений LITEMAX предлагает изготовленные на заказ решения: сенсорные экраны, защиту от проникновения влаги и др.

Приобрести новые дисплеи со светодиодной подсветкой можно у официального дистрибьютора LITEMAX Electronics в России и странах СНГ – компании ПРОСОФТ.

[www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)  
Тел. (495) 234-0636

### 150-Вт преобразователи напряжения с широким выбором входных диапазонов и конструктивных исполнений

Компания Schaefer предлагает серии C300/B300 150-ваттных DC/DC-преобразователей, источников питания AC/DC и устройств управления зарядом аккумуляторных батарей (АБ).

Серия C300 одноканальных DC/DC-преобразователей включает модели с семью диапазонами входного напряжения 10...16 В, 18...36 В, 36...75 В, 45...90 В, 80...160 В, 160...320 В, 320...380 и десятью номинальными значениями выходного напряжения в диапазоне от 5 до 220 В. Серия C300 источников питания AC/DC включает в свой состав модели с тем же самым набором выходных напряжений с выбором входного напряжения из ряда 110 В, 230 В или 115/230 В. Серия BP200 модулей управления зарядом АБ обеспечивает выходные напряжения из диапазона от 12 до 290 В.

Значения КПД находятся в диапазоне 70...90%. Все модели характеризуются отличными показателями стабильности выходного напряжения: коэффициент нестабильности по напряжению 0,1%, коэффициент нестабильности по току 0,2%. Стандартными сервисными функциями являются внешняя обратная связь, полный комплекс защит от перенапряжения, перегрузки. Доступны также дополнительная защита от изменения полярности напряжения на входе и дополнительные сервисные функции: резервирование мо-

дулей, дистанционное включение/выключение, температурная компенсация зарядного напряжения АБ.

В модулях применяются электронные компоненты промышленного класса, что обеспечивает возможность работы в диапазоне рабочих температур от -20 до +75°C. По заказу доступны также модели с диапазоном рабочих температур от -40 до +75°C. Модули серий C300/B300 соответствуют требованиям стандарта EN55022 к кондуктивным помехам (класс В), а помехоустойчивость соответствует требованиям стандартов EN61000-4-2 (электростатические разряды), EN61000-4-4 (наносекундные импульсные помехи) и EN61000-4-5 уровень 3 (микросекундные импульсные помехи большой энергии).

Компактные модули серий C300/B300 предлагаются в четырёх конструктивных исполнениях: формат 19" Европлаты, для настенного монтажа, монтаж на шасси и DIN-рейку. Это делает модули идеальными для разнообразных применений, включая локомотивные системы связи и управления, телекоммуникационное оборудование, системы управления производственными процессами.

[www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)  
Тел. (495) 234-0636

### Компактные корпусированные 350-Вт источники питания серии MFA с охлаждающими вентиляторами

Компания XP Power объявила о расширении своей серии MFA350 источников питания AC/DC, предназначенных для промышленных применений. Новые компактные 350-Вт модели выпускаются в корпусах и оснащаются охлаждающими вентиляторами. Модели с вентиляторами, установленными сверху (-TF), имеют габариты 172,2 × 84,5 × 50,8 мм и характеризуются значением удельной мощности 8 Вт/дюйм<sup>3</sup>. Доступны также модели с вентиляторами, установленными в торце корпуса (-EF), которые имеют габариты 208,2 × 84,5 × 44,4 мм. Серия MFA350 также включает модели в П-образном шасси с конвекционным отводом тепла и режимом горячей замены. При работе от сети переменного напряжения в диапазоне 85...264 В модули обеспечивают в нагрузке 350 Вт. Предлагаются одноканальные модели с выходными напряжениями 12, 24 или 48 В. Также доступны модели DFA350 для работы от сети постоянного тока 48 В. Регулировка выходного напряжения обеспечивает подстройку напряжения в



диапазоне ±10% от номинального значения. Резонансная технология обеспечивает высокое значение КПД – до 86%.

Модули питания серии MFA350 имеют дополнительный выход 5 В (0,3 А), который обеспечивает работу в дежурном режиме; модули также оснащены сигнализацией о неисправностях (AC Fail, DC OK), функциями дистанционного включения/выключения, активного распределения тока нагрузки и внешней обратной связи.

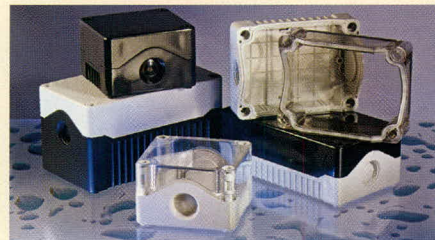
Модули способны работать в диапазоне температур окружающей среды -10...+50°C при полной нагрузке.

[www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)  
Тел. (495) 234-0636

### Компания Vulgin открывает новое направление – производство влагозащищённых корпусов для РЭА

Компания Vulgin анонсирует новое направление – производство пластиковых корпусов для РЭА. Продуктовую линейку открывают влагозащищённые корпуса, конструкция которых обеспечивает степень защиты IP67 (возможность кратковременного погружения в воду на глубину до 1 м). Данный стандарт позволяет использовать влагозащищённые корпуса Vulgin для аппаратуры станций управления, электрических станций и другого оборудования, где защита от воды и пыли являются ключевыми требованиями.

Расширить функциональность корпусов помогают дополнительные аксессуары, например, крепления на DIN-рейку типа TS32 и TS35. Это позволяет легко устанавливать оборудование как в монтажных шкафах, так и вне их – в приложениях с жёсткими условиями эксплуатации. Каждый корпус имеет два выхода под стандартные кабельные сальники



## Новости российского рынка

M20. Внутри корпуса обеспечивается надёжное крепление для печатной платы. Возможна реализация дополнительных выходов под кнопочные переключатели диаметром 22 мм – стандартный размер, применяемый в блоках управления.

Сочетание перечисленных свойств позволяет использовать новую серии корпусов для РЭА от Bulgin во многих областях применения с жёсткими условиями эксплуатации: пищевая промышленность, медицина, outdoor-приложения.

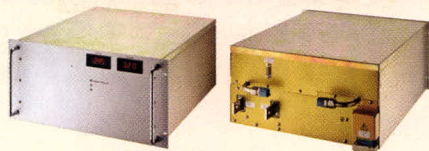
Приобрести новые корпуса для РЭА можно у официального дистрибьютора BULGIN Components на территории России и стран СНГ – компании ПРОСОФТ.

[www.prochip.ru](http://www.prochip.ru)  
Тел. (495) 232-2522

### Компактные 8000-Вт источники питания с водяным охлаждением

Компания Schaefer Inc. предлагает серию CW5300, включающую 8000-ваттные DC/DC-преобразователи и источники питания AC/DC, в которых применяется система водяного охлаждения компонентов. Компактная и прочная конструкция обеспечивает чрезвычайно высокую удельную мощность, предлагая компактное решение для наиболее жёстких условий эксплуатации в различных отраслях промышленности, таких как системы управления и связи на железнодорожном транспорте (расположенные на транспортном средстве или рядом с железнодорожными путями), военные применения, альтернативные источники энергии, системы управления производственными процессами.

Блоки питания серии CW5300 доступны с пятью диапазонами входных напряже-



ний постоянного тока 80...160, 160...320, 320...380, 320...640, 450...800 В, а модели для работы от трёхфазной сети переменного напряжения способны работать в диапазонах 3 × 200 В (160...230) и 3 × 480 В (400...530). Одноканальные модели предлагаются с девятью стандартными диапазонами выходных напряжений, перекрывающими диапазон 14...400 В (14...16, 23...26, 26...30, 45...55, 58...68, 100...130, 190...200, 200...250, 380...400 В).

Выходные напряжения регулируются и стабилизированы: нестабильность по току составляет 0,2%, а нестабильность по напряжению не хуже 0,1%.

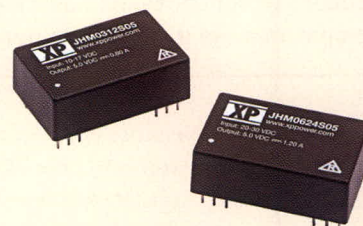
Все модели серии CW5300 оснащены внешней обратной связью (модели с выходными напряжениями до 150 В), защитой от перенапряжения и перегрузки по току. КПД достигает значения 95%. Диапазон рабочих температур от -20 до +75°C; возможна поставка моделей с диапазоном рабочих температур от -40 до +75°C.

Блоки выполнены в компактных корпусах с габаритами 5U × 19" × 600 мм (В × Ш × Г) и предназначены для монтажа в 19-дюймовые конструктивы. Доступные дополнительные опции включают развязывающие диоды для параллельной работы, дистанционное управление, сигнализацию о неисправностях (Power Fail/DC-OK), системный перезапуск, активное распределение тока нагрузки и программирование параметров, механическое упрочнение конструкции.

[www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)  
Тел. (495) 234-0636

### 3- и 6-ваттные DC/DC-преобразователи для применения в медицинской аппаратуре

Новые преобразователи DC/DC серий JHM03 и JHM06 компании XP Power разработаны специально для применений в медицинской аппаратуре. Одно- и двухканальные модели доступны с выходными мощностями 3 и 6 Вт. Два ряда моделей с диапазонами входных напряжений 10...17 В и 20...30 В выполнены в стандартном корпусе DIP-24 (габариты 31,75 × 20,32 × 10,4 мм).



Одноканальные модели поставляются с выходными напряжениями 5, 12 и 15 В, а двухканальные модели предлагаются с выходными напряжениями ±12 и ±15 В. Выходные напряжения регулируются в диапазоне ±10% от номинального значения. Гальваническая изоляция между входом и выходом выдерживает напряжение 5000 В (действующее значение) в течение 10 мс, как этого требуют условия применения в дефибрилляторах, а основная изоляция выдерживает напряжение 1500 В (действующее значение) в течение 1 мин в соответствии с требованиями стандарта EN60601-1. Диапазон рабочих температур модулей составляет -20...+60°C без понижения выходной мощности: максимальная температура корпуса +100°C.

[www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)  
Тел. (495) 234-0636

## Инструменты и оборудование

### Профессиональные средства измерений на базе ПК

ЗАО «ПриСТ» начинает поставки профессиональных средств измерений на базе ПК. В номенклатуре появилось семь моделей цифровых USB-осциллографов, USB-генератор АКИП-3403 и логический анализатор АКИП-9104. Новая серия «виртуальных приборов» отличается от существующих на сегодняшний день решений профессиональными техническими параметрами, качественным программным обеспечением, что позволяет рекомендовать их исследователям и разработчикам, для комплектования ра-



бочих мест на производстве, в метрологических лабораториях.

Полосы пропускания осциллографов реального времени находятся в диапазоне от 5 до 250 МГц. Стробоскопические осциллографы АКИП-4112 имеют полосу пропуска-

ния до 12 ГГц. АКИП-4111 обладают уникальной длиной памяти – 128 Мб, а кроме того, имеют встроенные генераторы сигналов произвольной формы (AWG) или генераторы прямого синтеза (DDS). Особенностью серий АКИП-4109 и АКИП-4110 является 12-битный АЦП (при использовании эквивалентного разрешения разрядность увеличивается до 16 бит). Осциллографы имеют расширенные режимы синхронизации, запуск развёртки происходит не только по фронту сигнала, но и по параметрам окна, длительности импульса или временному интервалу, а также отложенную синхронизацию, логическую синхронизацию и пр.

[www.prist.ru](http://www.prist.ru)  
Тел. (495) 777-5591

# Перспективы коммерческого рынка приёмников ГЛОНАСС/GPS

Владимир Свириденко (Москва)

**В последнее время правительство РФ уделяет пристальное внимание вопросам развития микроэлектроники, а также восстановлению и развитию отечественной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС и проблемам её коммерциализации – созданию условий для формирования в стране массового рынка ГЛОНАСС-услуг на базе широкого использования навигационной аппаратуры государственными, корпоративными и частными пользователями.**

Как известно, создание современной базы российской микроэлектроники должно быть обеспечено совместными усилиями государства и частного бизнеса. В свою очередь, восстановление космического и наземного сегментов системы ГЛОНАСС полностью финансируется из госбюджета и идёт по ранее разработанному графику, определённым соответствующими правительственными постановлениями. Это позволяет постепенно расширять российский рынок ГЛОНАСС-аппаратуры, но не даёт возможность контролировать наиболее важную составляющую этого рынка – коммерческую, где доминируют устройства с поддержкой сигнала американской навигационной системы NAVSTAR (GPS).

Отвоевать российский сегмент этого рынка – сложная задача, для решения которой необходимо наладить массовое промышленное производство соответствующей аппаратуры (программно-аппаратных комплексов) с поддержкой ГЛОНАСС, полностью базирующегося на СБИС с технологическими нормами 65...130 нм. Это означает, что аппаратура с поддержкой ГЛОНАСС должна быть не хуже устройств с поддержкой GPS по целому ряду показателей: техническим характеристикам, инженерным решениям, элементной базе, дизайну, массогабаритным параметрам, энергопотреблению, надёжности, стоимости и т.д.

Важным преимуществом ГЛОНАСС+GPS-приёмников может и должна стать их двухсистемность,

т.е. возможность одновременного приёма сигналов обеих глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) – российской ГЛОНАСС и американской GPS. Двухсистемность обеспечит такой навигационной аппаратуре более высокую надёжность при работе в любых условиях, в частности, благодаря приёму данных от большего числа спутников, а также устранению зависимости от сигналов GPS в критических ситуациях. Однако для завоевания сколько-либо существенной доли коммерческого рынка недостаточно только наладить выпуск конкурентной ГЛОНАСС-аппаратуры на современной микроэлектронной основе. Необходимо приложить значительные усилия для изменения менталитета российского покупателя, привыкшего к тому, что зарубежные электронные устройства по целому ряду показателей превосходят отечественную аппаратуру.

Потребителю надо доказать, что отечественные устройства действительно отвечают требованиям рынка и не уступают GPS-приёмникам по качеству. Придётся также убедить массового пользователя в надёжности радиопокрытия системы ГЛОНАСС, как минимум, на территории России, а затем и в глобальном масштабе. Помимо непрерывного совершенствования самой ГНСС ГЛОНАСС, для этого потребуются большая пропагандистская работа по информированию российской и мировой общественности и широкому освещению в СМИ достоинств российской навигационной

системы и преимуществ использования сигналов двух систем.

Насколько реально для России в ближайшие годы обеспечить разработку и производство собственной, конкурентной и относительно недорогой навигационной аппаратуры для массового потребительского рынка? Ниже представлены соображения автора, сделанные на основе анализа формирующегося рынка навигационной аппаратуры в РФ и более чем десятилетнего опыта в области проектирования и успешной реализации навигационных и связанных комплексов, накопленного в компании SPIRIT-Telecom.

Начнём с технических характеристик навигационных устройств, хотя они не являются главным критерием, который принимает во внимание рядовой пользователь. Тем не менее, именно технические характеристики определяют качество прибора и достигнутый инженерный уровень, который убеждает потребителей в технологическом совершенстве навигационной аппаратуры и её надёжности. Хотя навигатор способен решать только одну задачу – позиционирование на плоскости или в пространстве с определённой точностью, – он может быть базовым компонентом навигационно-информационной системы, в которой важную роль играет и телекоммуникационная функция, отвечающая за передачу навигационных данных в удалённый центр мониторинга и принятия решений.

В настоящее время в РФ на коммерческом рынке устройств с поддержкой ГЛОНАСС сложилась парадоксальная ситуация: при относительно большом первоначальном интересе и спросе на ГЛОНАСС/GPS-приёмники и программно-аппаратные модули (ОЕМ-модули) собственно предложений немного. В основном они отличаются ценовыми позициями и способностью разработчика осущест-

вить своими силами или с помощью партнёров (контрактных производителей электронной аппаратуры) выпуск OEM-модулей в необходимых объёмах и в заданные сроки. При этом технические характеристики приёмников/модулей отступают на второй план. Тем не менее, покупатели таких модулей могут отвергать их в силу нестабильности работы в реальных условиях (например, для мониторинга транспортных средств) и/или высокой стоимости (относительно изделий зарубежных фирм).

Такая ситуация, на наш взгляд, возникла в силу следующих причин:

- продолжающегося отставания России в области микроэлектроники;
- неразвитости рынка устройств с поддержкой ГЛОНАСС (его объёмы пока незначительны);
- неготовности к работе на коммерческом рынке российских разработчиков навигационных модулей и законченных устройств;
- недоверия компаний – производителей и интеграторов навигационно-связного оборудования к навигационным решениям отечественных компаний;
- естественного желания разработчиков скорее отвоевать свою нишу на рынке даже с несовершенными навигационными модулями и оборудованием, что негативно сказывается на имидже этих компаний;
- отсутствия объективной оценки характеристик приёмников российского производства независимыми сертификационными центрами, оснащёнными необходимым оборудованием;
- финансового и экономического кризиса, который существенно снизил первоначальные, весьма оптимистические оценки рынка госзаказа, сделанные аналитиками в первом полугодии 2008 г.

Среди негативных факторов следует особо отметить сложность участия в тендерах на поставку оборудования в рамках госзаказа (из-за их закрытости и непрозрачности) для частных компаний. Есть и другие, менее существенные с коммерческой точки зрения причины – дороговизна комплектующих на рынке РФ из-за высоких таможенных пошлин, ограниченное предложение многосистемных антенн и т.д.

Решению этих и других вопросов, тормозящих развитие коммерческого рынка электронной ГЛОНАСС-аппаратуры в России, призваны содействовать недавно образованная ассоциация «ГЛОНАСС/ГНСС-Форум», в которую входят ведущие разработчики, производители навигационного оборудования и крупные компании-интеграторы, а также Ассоциация российских производителей электронной аппаратуры и приборов (АПЭАП), объединяющая разработчиков и производителей электронного оборудования и встроенных систем (однако их влияние пока не является определяющим).

Качественный навигационный приёмник, являющийся основой навигационного устройства, может быть использован в аппаратуре как гражданского применения, так и в специальных, в том числе военных приложениях. Для разработки такого приёмника требуется, прежде всего, технически совершенное решение и возможность использовать индустриальные компоненты (иногда в военном и даже радиационно-стойком исполнении). Необходимы также глубокие знания в проектировании радиотехнических и микроэлектронных систем и практический опыт их реализации. Только качественные системные навигационно-телекоммуникационные решения, которые можно использовать для коммерческих и специальных приложений, будут конкурентными на массовом рынке.

Сегодня же навигационные приёмники и OEM-модули, разработанные российскими компаниями и претендующие на завоевание отечественного рынка, – это, как правило, двухсистемные (ГЛОНАСС+GPS) одночастотные приёмники (L1) с относительно невысокой по современным инженерным понятиям чувствительностью, которые практически не используют алгоритмические методы обработки, обеспечивающие работу в условиях многолучевого распространения сигналов навигационных спутников, что характерно для городской среды («городские каньоны и колодцы», проезды под эстакадами и в туннелях), проезды под эстакадами и в горах и глубоких оврагах, в лесистой местности). Это приводит к пропускам спутниковых сигналов в затенён-

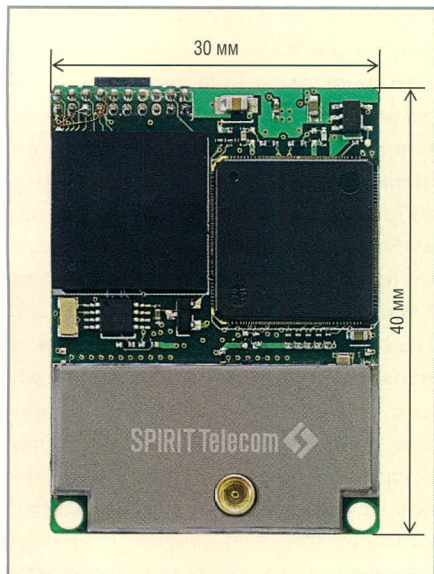
ных условиях и ошибкам в определении позиции.

Поддержка дифференциального режима и SBAS, которые повышают точность позиционирования, не обязательны для представленных на рынке навигационных модулей отечественного производства, т.к. в полной мере такая поддержка для ГЛОНАСС ещё не реализована на системном уровне и находится в начальной стадии развития. До сих пор не было выполнено полноценное экспертное исследование качества функционирования приёмников от различных российских производителей.

Отсюда первый вывод: необходимо разработать, реализовать и вывести на рынок системное решение ГЛОНАСС/GPS-приёмника, который по своим характеристикам не уступает лучшим GPS-приёмникам западных фирм. По нашему мнению, наиболее просто и быстро это можно сделать на базе универсальных микросхем (FPGA-микросхем и/или микропроцессора) в цифровой части приёмника и «программного» (software) подхода. Именно такое, качественное системное решение с поддержкой ГЛОНАСС, сравнимое по техническим характеристикам с лучшими мировыми образцами, станет первым шагом к успеху на коммерческом рынке.

Следующий важный коммерческий фактор – массогабаритные параметры и энергопотребление. Для «ручных» навигационных устройств этот фактор является определяющим, но для других приложений (например, для автомобильных навигаторов и трекеров) он не очень существенен. Оптимальным является однокристальное решение приёмника типа «система на кристалле» (SoC) или, как промежуточный этап, приёмник на двух-трёх СБИС с энергопотреблением не более 200 мВт.

Здесь может быть движение в двух направлениях: переход на новую структуру навигационных сигналов (от FDMA для ГЛОНАСС к CDMA) для снижения сложности цифровой обработки сигнала в приёмнике с поддержкой ГЛОНАСС и проектирование отечественных СБИС с технологическими нормами 90 нм и менее [1]. При этом качество системного решения для преобразования в СБИС является опре-



**OEM-модуль DuoStar-2000, реализованный на базе RFIC и универсальных СБИС**

деляющим: если специализированная СБИС (ASIC) будет спроектирована на основе современных технологий, но «зашитое» в неё решение не совершенно, то о конкурентных преимуществах, основанных только на современной микроэлектронике, можно забыть. Разумеется, дизайн навигационной микросхемы ASIC и её производство должны отвечать требованиям современных технологий. Это означает, что задачу надо решать только в комплексе – трансформируя в СБИС только современное системное решение и разрабатывая дизайн микросхемы в соответствии с проектными нормами не более 90 нм.

Тесно связан с этим фактором и ценовой показатель. Решение на базе ASIC является рентабельным, если последующий тираж составляет сотни тысяч и миллионы штук. Именно такие объёмы характерны для производства GPS-приёмников на базе SoC. Однако в ближайшие полтора-два года ASIC-реализация навигационного приёмника с поддержкой ГЛОНАСС маловероятна уже потому, что рынок относительно мал, а в условиях кризиса наладить проектирование и выпуск навигационных ASIC без государственной поддержки проблематично.

Кроме того, проектирование СБИС с технологическими нормами 90 нм и менее ещё не освоено отечественными дизайн-центрами, а производство современных микросхем находится в стадии становления. Поэтому в ближайшее время основными будут

комбинированные решения, использующие специализированные ГЛОНАСС+GPS СБИС (RFIC) в радиочастотном тракте и универсальные микросхемы (за исключением, возможно, ASIC-коррелятора) в цифровой части приёмника (см. рисунок).

Это означает, что по цене, энергопотреблению и массогабаритным параметрам российские приёмники и OEM-модули с поддержкой ГЛОНАСС будут уступать GPS-приёмникам и модулям. В такой ситуации важно обеспечить конкурентоспособность по другим техническим характеристикам, определяющим точность и стабильность работы прибора в разных условиях, поскольку подход «дороже и хуже, чем GPS» дискредитирует разработчиков и производителей ГЛОНАСС-аппаратуры.

Можно предположить, что развитие системы ГЛОНАСС и рынка навигационных устройств в РФ приведёт к конкуренции со стороны западных производителей, способных быстро наладить выпуск качественных многосистемных СБИС и модулей и поставлять их на российский и мировой рынок. Не стоит сбрасывать со счетов и китайских производителей СБИС, хотя из-за отсутствия опыта в этой области им будет сложно самостоятельно реализовать качественное системное решение на базе СБИС.

Разумеется, для коммерческого рынка необходима интеграция навигации с цифровыми картами, телекоммуникацией и мультимедиа, а также качественное конструкторское решение законченных устройств. Однако, это – самостоятельная тема.

Напомним, что американская система GPS продолжает развиваться, а в ближайшие годы должна вступить в действие и европейская навигационная система Galileo. Можно ожидать, что уже через 3–4 года на коммерческом рынке появятся устройства с поддержкой обеих систем (GPS/Galileo), которые неизбежно начнут вытеснять односистемные GPS-приёмники. На подходе и китайская ГНСС Beidou Navigation System (BNS), которая может быть полностью развернута к 2015 г. В этот относительно короткий срок у России есть шанс

развернуться на зарождающемся рынке многосистемных навигационных устройств. Для этого необходимы поддержка со стороны высшего руководства страны, что имеет место, а также реализация на правительственном уровне комплекса мер по системной поддержке российского инновационного бизнеса, занятого в сфере микроэлектроники, разработки и производства навигационного оборудования и аппаратуры ГЛОНАСС.

В частности, для облегчения работы российских производителей аппаратуры, алгоритмического и программного обеспечения для спутниковой навигации, а также для стимулирования широкого практического интереса к ГНСС ГЛОНАСС не только в России, но и в мире, на наш взгляд, необходимо:

- не отступать от принятого графика развёртывания космического сегмента ГНСС ГЛОНАСС, обеспечив работоспособность полной группировки спутников, и начать вводить систему дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ);
- следить за неукоснительным соблюдением государственных предписаниями и организациями постановления правительства РФ, предписывающего оснащать находящиеся на их балансе транспортные средства аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS;
- организовать проведение государственных тендеров на поставку программно-аппаратных OEM-модулей для навигационных устройств с привлечением исключительно отечественных производителей, обеспечив равные условия участия в них госпредприятий и частных компаний-разработчиков;
- в целях удешевления себестоимости готовых приёмников (OEM-модулей) необходимо снизить таможенные пошлины на импорт соответствующих радиоэлектронных комплектующих, не производимых в РФ (ПЛИС, ЦПОС, радиочастотные ИС и др.);
- для стимулирования российских разработок программного обеспечения (ПО) необходимо ввести режим льготного налогообложения (льготного кредитования)

для отечественных компаний, разрабатывающих алгоритмы и ПО для спутниковой навигации, а также снизить налоги (НДС и пр.) на лицензирование дизайна и продажи навигационных устройств;

- отменить или снизить ввозные пошлины на испытательное оборудование (симуляторы навигационных сигналов и др.), обеспечить предоставление целевых беспроцентных кредитов на покупку дорогостоящей измерительной аппаратуры, чтобы стимулировать разработку отечественных навигационных решений;
- обеспечить господдержку в виде налоговых льгот или прямого финансирования компаний-разработчиков при патентовании ими оригинальных решений. Патентование является дорогостоящим процессом, однако совершенно необходимо при организации массового производства во избежание судебных исков от зарубежных компаний-конкурентов, которые всегда стремятся обеспечить

максимальную патентную защищённость своих продуктов;

- обеспечить господдержку разработкам заказных комплектующих (в частности, для недорогих ПАВ-фильтров и высокостабильных генераторов);
- для обеспечения конкурентного преимущества в производстве навигационной аппаратуры ГЛОНАСС гражданского назначения дать соответствующее поручение Минобороны и соответствующим ведомствам рассмотреть вопрос рассекречивания и снятия законодательных запретов на использование ВТ-кода (кода высокой точности) ГЛОНАСС, что позволит значительно улучшить точностные характеристики навигационных приёмников российского производства, работающих в системе ГЛОНАСС.

Несомненно, рынок навигационных устройств будет развиваться в России вместе с совершенствованием ГНСС ГЛОНАСС и развитием микроэлектроники, однако скорость его роста будет зависеть от

способности государства и бизнеса активизировать переход к инновационной экономике, основанной на знаниях. Чтобы осуществить такой переход максимально быстро и успеть занять лидирующие позиции на отечественном рынке ГЛОНАСС-аппаратуры, государству следует позаботиться об улучшении системы подготовки инженеров в вузах, повышении престижа инженерных профессий, а также о создании в РФ благоприятного климата для творческих людей и бизнеса высоких технологий, который способствовал бы сокращению «утечки мозгов» и возвращению в Россию квалифицированных научных и инженерных кадров.

*Свириденко В.А.  
Д.т.н., профессор  
Технический директор  
SPIRIT-Telecom*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Доклад компании СПИРИТ Телеком. Международный форуме «Роснано-08». Москва, декабрь 2008 г.



## Магнитоэлектрики MICROMETALS

### Уменьшение габаритов и потерь энергии



*Высокоэффективные магнитоэлектрические сердечники Micrometals для силовой электроники и ВЧ-техники*

*Micrometals наносит на свои изделия запатентованную цветовую маркировку в качестве защиты от подделок. Оригинальная продукция Micrometals в компании ПРОСОФТ*

#### ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ДОСТОИНСТВА:

- Большая номенклатура типоразмеров – от 3,4 мм до 165 мм
- Токоизолирующее полимерное покрытие до 3 слоёв
- Торoidalные, Ш- и U-образные, трубчатые, низкопрофильные сердечники, стержни, шайбы, бусины и др.
- Силовые магнитопроводы до 5 МГц
- ВЧ-сердечники для частот от 0,01 до 500 МГц
- Рабочая температура до 200°C
- Высокая стабильность параметров

#### Применение сердечников MICROMETALS позволяет:

- Снизить стоимость индуктивных компонентов в 3...5 раз
- Снизить потери на 30...50% по сравнению с ферритами
- Оптимально распределить потери между сердечником и обмоткой
- Повысить надёжность аппаратуры
- Оптимизировать конструкцию и уменьшить габариты индуктивных компонентов

реклама

**PROSOFT®**

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

(495) 232-2522 • info@prochip.ru • www.prochip.ru

# Смарт-карты во встроенных системах

Николай Кольский (Московская обл.)

В статье описываются современные системы безопасности на основе смарт-карт.

Интеграция человека в современные трудовые и общественные отношения является многоплановым процессом, каждая из граней которого строится с учётом существования на этом пути угроз физической и экономической безопасности отдельным личностям, компаниям, общественным институтам и государству в целом.

Сегодняшние системы безопасности не только разграничивают права доступа к информации и на территории, предотвращают кражи в системе торговли, в библиотеках, музеях и на границах государства, но и защищают банковскую и корпоративную информацию. В системах безопасности используются решения, автоматизирующие контрольные процедуры и повышающие степень их надёжности.

Ряд технологий безопасности опирается на процесс аутентификации, включающий предоставление и проверку доказательств того, что человек является именно тем, за кого он себя выдаёт. Аутентификация может проводиться на основе носимых материальных доказательств прав на доступ – «то, что у тебя есть с собой» (something-you-have, как правило, некий пропуск, удостоверение личности и т.п.), на основе знания пароля или кода – «то, что ты знаешь» (something-you-know), на основе биометрии – «то, что ты есть на самом деле» (something-you-are, дактилоскопия, осознанности лица, голоса и т.п.).

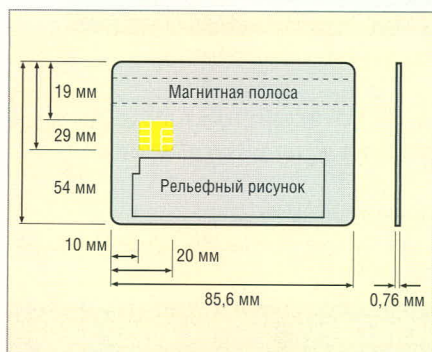


Рис. 1. Габариты смарт-карты, определяемые стандартом ISO/IEC 7816-2

Комбинация этих методов обеспечивает более надёжную аутентификацию. Использование интеллектуальных карт (smart card) является примером трёхфакторной аутентификации: в носимом объекте (something-you-have) хранится ключ или пароль (something-you-know), а также личные биометрические данные (something-you-are). Электронные технологии, встроенные в смарт-карты, и работающее с ними оборудование ускоряют и упрощают процедуры аутентификации и проведение следующих за ними действий (пропуск на территорию, проведение платежа и т.п.), обеспечивая при этом безопасность доступа.

## ЧТО ТАКОЕ СМАРТ-КАРТА

Изначально смарт-карта была пластиковым изделием со стандартными размерами (см. рис. 1). Современная смарт-карта такого форм-фактора может поддерживать несколько функций (например, быть банковской картой и картой доступа). В неё, как правило, встроен полупроводниковый кристалл (память и/или микропроцессор) и, возможно, антенная система. По возможностям записи данных смарт-карты могут допускать однократную запись или быть перезаписываемыми. Обычный объём памяти составляет 16...32 Кбит, есть устройства с памятью около сотни бит; смарт-карты с оптической памятью могут содержать мегабайты данных.

Микропроцессорные смарт-карты (microprocessor cards) содержат процессорную микросхему, что делает их миниатюрным специализированным компьютером, который имеет встроенную операционную систему (ОС) и способен сохранять и обновлять данные, производить вычисления, осуществлять контрольные функции и взаимодействовать с внешними устройствами. Среди существующих процессорных микро-

процессорных смарт-карт есть 8-, 16- и 32-разрядные приборы, при этом объём памяти микропроцессорных смарт-карт может составлять от 300 байт до сотен килобайт.

Примером 32-разрядного микроконтроллера для смарт-карт является микросхема AE55C1 компании Renesas Technology. Смарт-карты с такой микросхемой могут поддерживать приложения, предъявляющие повышенные требования к информационной безопасности, для чего микроконтроллер сертифицируется на соответствие требованиям Common Criteria level EAL4+. По сравнению с возможностями своих 16-битных предшественников семейства AE-4, новый микроконтроллер имеет в восемь раз большую производительность. Построенный на основе ядра AE-5 с оригинальной 32-битной архитектурой, созданной Renesas Technology, микроконтроллер имеет тактовую частоту 20 МГц. В составе микроконтроллера AE55C1 имеется контроллер прямого доступа к памяти (DMA), а также сопроцессор, поддерживающий технологии шифрования. Следует отметить, что при всех нововведениях обеспечена совместимость с 16-битной архитектурой AE-4, поддерживающая плавную миграцию приложений на новый микроконтроллер.

Операционная система процессора смарт-карты должна решать ряд задач, в том числе, осуществлять дефрагментацию памяти, необходимую после многократных операций перезаписи, и сохранять файловую систему в случае сбоя в момент записи. Надёжные ОС для смарт-карт поддерживают «атомарность» изменений данных в памяти, и в случае сбоя данные в памяти сохраняются в том виде, в каком они были до начала процесса записи.

Возможность развития функциональности смарт-карты предоставляют современные операционные системы, которые поддерживают язык программирования Java. Подобные ОС уже зарекомендовали себя в качестве средства поддержки платформы VGP (Visa Global Platform) – отрасле-

вого стандарта для смарт-карт, обслуживающих нужды финансового сектора.

Смарт-карты являются вычислительными устройствами с ограниченными ресурсами. В таких системах используется сокращённый вариант языка Java, в котором оставлены только необходимые возможности: «короткие» типы данных: boolean, byte, short, одномерные массивы и такие объектно-ориентированные свойства Java, как наследование, виртуальные функции, перезагрузка методов, динамическое создание объектов, области «видимости».

В качестве примера современной ОС для смарт-карт можно привести TanGO французской компании ASK. Она предназначена для работы на микросхемах от Atmel и Philips Semiconductors, совместимых со стандартами ISO 7816-4 и 14443 A/B. Такие микросхемы применяются в смарт-картах, обеспечивающих перевозки, банковские операции и системы ограничения доступа. Объём памяти, занимаемый TanGO, составляет 0,5...16 Кб; ОС позволяет создавать новые директории и файлы.

Другой пример – семейство операционных систем под названием WebSphere Everyplace Chip Operating Systems, в которое входят продукты для смарт-карт на базе стандартов Java Card 2.2.1 и Global Platform 2.1.1 (семейство IBM Java Card Open Platform) и решения для многофункциональных карт MultiFunction Card, позволяющие создавать приложения на базе стандарта ISO 7816. Операционные системы WebSphere Everyplace Chip Operating Systems обеспечивают повышенный уровень безопасности за счёт использования алгоритма шифрования Elliptical Curve Cryptography (ECC) и RSA-шифрования с ключом длиной более 2048 бит. Преимуществом алгоритма ECC является то, что он способен обеспечить такой же уровень защиты, как и системы с открытым ключом, однако использует ключи меньшей длины, что повышает скорость вычисления и снижает требования к потребляемой мощности.

Примером микросхем для смарт-карт, использующих возможности операционных систем, является ST19WR66 компании ST Microelectronics. Объём ПЗУ микросхемы ST19WR66 составляет 224 Кб, что

обеспечивает хранение в ней операционной системы и программы шифрования, отвечающей требованиям стандарта для смарт-карт ISO 14443B. Микросхема также имеет 66 Кб энергонезависимой памяти для хранения, например, биометрических данных или другой персональной информации. По утверждению специалистов STMicroelectronics, данные могут храниться в памяти микросхемы до 10 лет, что позволяет реализовать на её основе электронный паспорт. Новое изделие обеспечивает считывание данных как при непосредственном контакте со считывающим устройством (ридером), так и по радиоканалу.

Масочное ПЗУ микроконтроллера AE55C1 обеспечивает размещение общеупотребительных операционных систем, нескольких прикладных программ и набора данных. Оно имеет объём 240 Кб и позволяет на 20% повысить плотность хранения кода по сравнению с микросхемами предыдущего поколения компании Renesas Technology, ориентированными на рынок смарт-карт.

### КОНТАКТ ИЛИ РАДИОКАНАЛ?

По принципу использования смарт-карты подразделяются на контактные, бесконтактные и комбинированные. Для работы контактной карты она должна быть вставлена в ридер, а в бесконтактные карты встроен миниатюрный радиопередатчик, обеспечивающий беспроводную передачу данных в ридер. Как правило, при проходе турникета бесконтактную карту можно не вынимать из сумочки или бумажника.

Смарт-карты комбинированного применения имеют и радиопередатчик, и контактные площадки. Существуют смарт-карты, в которых поддержка «контактного» и «беспроводного» режима обмена данными поддерживается либо одной, либо разными микросхемами.

Обеспечение возможности и контактного, и беспроводного обмена данными необходимо в том случае, когда работа с картой включает ответственные операции, требующие повышенных мер безопасности. Например, запись в проездную карту суммы, лежащей на счёту, является более ответственной операцией, чем контроль прохода в зону.

Рынок смарт-карт сегодня регулируется рядом стандартов, число кото-

рых превысило десяток. основополагающими документом являются ISO 7816, который описывает требования к конструкции и технологиям обмена данными для контактных смарт-карт, и документ ISO 14443 (A и B), определяющий требования к бесконтактным смарт-картам. Стандарты Java Card 2.1.1 и 2.2 регламентируют использование технологии Java.

Ридеры, работающие со смарт-картами, являются своеобразными шлюзами для ввода данных в различные информационные системы, поддерживающие систему платежей в розничной торговле или разграничивающие права доступа к корпоративным данным.

Считыватели смарт-карт широко используются в корпоративных информационных системах не только для обеспечения информационной безопасности на основе разграничения прав доступа, но и для поддержки «мобильного» режима работы пользователей. В качестве примера можно привести технологию авторизации пользователей в платформах корпоративных информационных систем на основе «тонких» клиентов Sun Ray компании Sun Microsystems. Все клиентские терминалы оснащены устройством считывания смарт-карт. Наличие такого устройства обеспечивает независимость пользователя от конкретного рабочего места, поскольку он может в любой момент прервать работу на одном терминале и возобновить её, перенеся свою идентификационную смарт-карту на другой.

Для смарт-карт и их аналогов, работающих с компьютерными системами, компания Omnicore, немецкий производитель ридеров, в партнёрстве с компанией Atmel создала семейство микросхем для OEM-производителей высокоскоростных считывателей: серия Smart<sup>®</sup> включает Smart<sup>®</sup>Key, предназначенную для клавиатурных USB-ридеров, серия Smart<sup>®</sup>Link – для автономных ридеров с портом USB, серия Smart<sup>®</sup>Bus – для ридеров в виде модулей PCMCIA, работающих в ноутбуках и КПК.

### СМАРТ-КАРТЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ТРЁХФАКТОРНОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ

Возможности процессоров для смарт-карт быстро расширяются, в том числе и за счёт расширения объёма встроенной памяти. Компания

Sharp использует в своих микросхемах для смарт-карт технологию флэш-памяти. Это позволяет увеличить объём памяти до 1 Мб, в то время как в традиционных смарт-картах объём памяти обычно составляет 16...32 Кб. Совместные усилия компаний Sharp и IBM позволили интегрировать в подобные процессоры ОС типа JCOR31 – новейшую версию операционной системы IBM для смарт-карт. Эта ОС поддерживает стандарт шифрования AES и метод шифрования ECC, обеспечивающий повышенный уровень защиты при использовании ключа малой длины.

Разработки компаний Sharp и IBM позволяют поддерживать одной смарт-картой несколько функций, например, сделать её одновременно кредитной картой, служебной картой сотрудника и членской картой клуба. По мере необходимости в выпущенную карту можно добавлять новые функции. К их числу относится включение в смарт-карты данных биометрии и проведение биометрической идентификации на базе процессорных возможностей самой смарт-карты. Это повышает уровень безопасности, обеспечиваемый смарт-картами в различных приложениях.

Интеграция технологии распознавания человека по биометрическим признакам в смарт-карты включена в рекомендации и стандарты Международной организации гражданской авиации (International Civil Aviation Organization, ICAO), Международного комитета по стандартизации (ISO), в правительственные рекомендации ряда ведущих стран (США, ЕС, Япония). Это стимулирует создание компонентов, облегчающих включение систем распознавания отпечатков пальцев в состав ридеров и устройств, выполняющих функции смарт-карт. Ридеры, а иногда и смарт-карты поддерживают в том или ином объёме функции сравнения полученных дактилоскопических данных с данными, хранящимися в памяти смарт-карты. На этом сегменте рынка сегодня работают не только специализированные компании, но и лидеры рынка, представленные в различных сегментах. Производители широкого спектра продуктов предлагают интегрированные «сборочные» модули, включающие биометрические датчики, процессоры и ПО.

Так, развивая поддержку своего дактилоскопического сенсора FingerChip, компания Atmel предложила биометрический модуль AT77SM0101BCB02VKE на его основе. Сферами применения нового модуля являются системы ограничения доступа, торговые точки, системы учёта работы персонала и т.п. Новый модуль является законченной COTS-подсистемой для биометрии на основе анализа отпечатков пальцев и поставляется с предустановленным ПО для аутентификации (лицензия включена в поставку). Наличие стартового комплекта разработчика, операционная система на базе Linux и высокоуровневые биометрические макросы позволяют быстро создать интерфейс для обеспечения работы модуля в составе законченной системы.

Биометрический модуль AT77SM0101BCB02VKE создан на основе микроконтроллера AT91RM9200 (архитектура ARM9). Наличие у модуля интерфейсов Ethernet, SPI и RS-232 даёт разработчикам свободу манёвра при разработке конечного продукта. Используемый в конструкции модуля сенсор FingerChip имеет небольшие габариты (меньше подушечки пальца, в связи с чем полная дактилограмма реконструируется на основе данных сканирования) и устойчив к ударным нагрузкам, повышенной влажности и загрязнению.

Гибкую отладочную платформу для разработки систем биометрической идентификации (Fingerprint Authentication Development Tool, или FADT) предлагает корпорация Texas Instruments (TI); FADT поддерживает разработку систем на основе датчиков компаний Atmel, AuthenTec и Fingerprint Cards.

Датчик FingerLoc AFS8600 компании AuthenTec на основе технологии TruePrint имеет активную рабочую область 9,75 × 9,75 мм и разрешение 250 dpi. Ёмкостной сканирующий сенсор FPC1031, производимый фирмой Fingerprint Cards, обладает разрешением 363 dpi при размерах 2,24 × 10,64 мм. Сенсор FingerChip (Atmel) имеет габариты 0,4 × 14 мм и обеспечивает разрешение 500 dpi.

Корпорация TI первой создала технологию поддержки сканирующих датчиков Atmel и Fingerprint Cards с помощью сигнальных процессоров (DSP). Широкий выбор производителей и недорогих DSP с малым

энергопотреблением в сочетании с самыми миниатюрными датчиками упомянутых выше компаний расширяет возможности разработчиков биометрических систем в части повышения надёжности, компактности и автономности.

В качестве программной поддержки отладочной платформы FADT предлагаются программные пакеты фирмы Bioscrypt (верификация дактилоскопических шаблонов) и Fingerprints Cards (для формирования рисунка папиллярных линий). В недавно проведённых сравнительных испытаниях (2004 Third International Fingerprint Verification Competition) программное обеспечение Bioscrypt заняло первое место в категории открытых продуктов: потребовалось около 0,08 с для включения дактилоскопического шаблона в реестр и 1,48 с для сравнения по четырём базам данных. Кроме того, ПО Bioscrypt позволяет повысить точность распознавания за счёт расширенных возможностей работы с изображением папиллярного рисунка.

Продукция компаний Atmel и TI позволяет расширить спектр данных, хранимых в памяти смарт-карты, повысив уровень надёжности аутентификации её владельца. По оценкам Международной биометрической организации (International Biometric Group/IBG), объём рынка малых и средних систем биометрии составит в 2008 г. до 1,5 млрд. долл. США.

## БУДУЩЕЕ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ СМАРТ-КАРТ

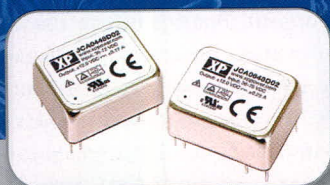
В ближайшем будущем технологии смарт-карт могут быть внедрены в «электронные» паспорта (e-passports). Претендентами на использование в электронных паспортах США были электронные метки компаний Electronic Data Systems, Oberthur Card Systems, On Track Innovations и ASK. Во время испытаний, проведённых по заказу австралийского Министерства иностранных дел и торговли, были исследованы возможности 11 ридеров от 11 разных производителей, а в качестве меток – 25 изделий от шести поставщиков. К введению электронных паспортов готовятся в России.

Встраивание микросхем в документы может производиться двумя способами. Микросхема с антенной может изготавливаться в виде вставки (inlay), «вклеиваемой» в напечатан-



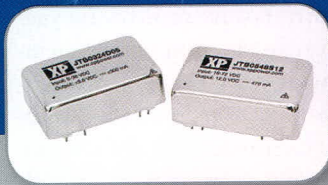
## Новые DC/DC преобразователи С БОЛЬШИМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

- Диапазон рабочих температур от -40 до +100°C
- Одно-, двух- и трёхканальные модели
- Входы с диапазонами напряжений 2:1 и 4:1
- Широкий набор сервисных функций
- Гарантия 3 года



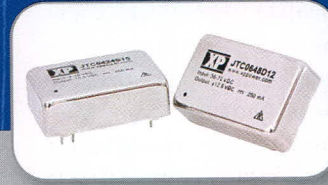
### Серия JCA

- Выходные мощности 2,3,4 и 6 Вт
- Небольшие габариты металлического корпуса: 25,4×20,3×10 мм
- Встроенный П-образный фильтр на входе



### Серия JTB

- Выходные мощности 3 и 5 Вт
- Габариты: 20,3×31,8×10,2 мм
- Встроенный П-образный фильтр на входе



### Серия JTC

- Выходные мощности 4 и 6 Вт
- Габариты: 21,35×27,54×10,5 мм
- Встроенный П-образный фильтр на входе



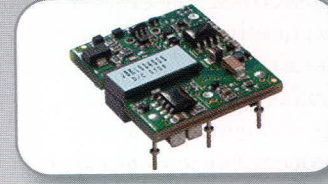
### Серия JCF

- Выходная мощность 10 Вт
- Габариты: 20,3×31,8×10,2 мм
- КПД до 89%
- Встроенный П-образный фильтр на входе



### Серия JCH

- Выходные мощности 10 и 20 Вт
- Габариты: 50,8×50,8×10,16 мм
- КПД до 91%



### Серия JVK

- Выходная мощность 15 Вт
- Габариты открытого корпуса: 24,4×27,9×9,1 мм
- КПД до 89%
- Исполнения для монтажа в отверстия печатной платы и SMD
- Дистанционное вкл./выкл.



### Серия JTH

- Выходная мощность 15 Вт
- Габариты: 25,4×50,8×10,16 мм
- КПД до 86%
- Дистанционное вкл./выкл.



### Серия JCL

- Выходная мощность 25 Вт
- Габариты: 40,64×50,8×11,43 мм
- Исполнение в металлическом корпусе и бескорпусное
- КПД до 90%



### Серия JCP

- Выходная мощность 40 Вт
- Габариты: 50,8×50,8×10,2 мм
- КПД до 92%
- Дистанционное вкл./выкл. внешняя обратная связь

### ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ XP POWER В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ

МОСКВА  
С.-ПЕТЕРБУРГ  
ЕКАТЕРИНБУРГ  
САМАРА  
НОВОСИБИРСК  
КИЕВ  
УФА  
КАЗАНЬ  
ОМСК  
ЧЕЛЯБИНСК  
КРАСНОДАР

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
 Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • E-mail: info@spb.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
 Тел.: (343) 376-2820 • Факс: (343) 376-2830 • E-mail: info@prosoftsystems.ru • Web: www.prosoftsystems.ru  
 Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • E-mail: info@samara.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
 Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • E-mail: info@nsk.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
 Тел.: (+380-44) 206-2343/2478/2496 • Факс: (+380-44) 206-2343 • E-mail: info@prosoft-ua.com • Web: www.prosoft.ru  
 Тел.: (347) 2925-216; 2925-217 • Факс: (347) 2925-218 • E-mail: info@ufa.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
 Тел.: (843) 291-7555 • E-mail: kazan@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
 Тел.: (3812) 286-521 • E-mail: omsk@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
 Тел.: (351) 239-9360 • E-mail: chelyabinsk@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
 Тел.: (861) 224-9513 • Факс: (861) 224-9513 • E-mail: krasnodar@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru

ный документ. Другой вариант предусматривает «печать» микросхемы с антенной на бумаге, вставляемой в конечный документ (в т.ч. паспорт). Так, французская компания ASK создала «бумажные» транспондеры Smart Paper ID для использования в паспортах, визах, водительских правах и других национальных документах автоматической идентификации. Новые транспондеры состоят из микросхемы на бумажной подложке с впечатанной серебряной антенной. Они созданы на основе стандарта ISO 14443A/B и работают на нелицензируемой частоте 13,56 МГц. Добавленные на бумажную основу электронные компоненты практически не увеличивают толщину подложки и неразличимы на ощупь.

Компания ASK уже использует транспондеры Smart Paper ID для производства проездных билетов, используемых на территории Европы. При этом Нидерланды стали первой в мире страной, чья система оплаты проезда в общественном транспорте будет полностью построена на подобных технологиях. Голландский проект построения электронных транспортных платежей (e-ticketing) реализует консорциум, образованный пятью крупнейшими операторами транспортных услуг, и охватывает железные дороги, метрополитен, автобусное и трамвайное сообщение, водный транспорт.

Наряду с внедрением в паспорта и проездные документы, технологии смарт-карт могут полностью захватить рынок поддержки платежей, проводимых не только владельцами «латинового» и «золотого» документов, но и мелкими плательщиками.

Компания Atmel и израильская компания On Track Innovations, производящая смарт-карты, выполнили крупный заказ на микропроцессоры, разработанные для программы бесконтактных платежей MasterCard PayPass. Эта программа призвана заменить мелкие наличные расчеты безналичными. Поставленные в рамках заказа микросхемы поддерживают стандарты ISO 14443B и 7816. Помимо микроконтроллеров для поддержки защищенных платежей, компании поставили и другие компоненты, включающие операционную систему и программные приложения.

Более миллиона пластиковых идентификационных карточек по-

ставила компания X-ident Technology горнолыжным курортам Франции. Эти карточки используются лыжниками и сноубордистами для доступа к подъемникам. В конструкции карт применены микросхемы французской компании Inside Contactless, работающие в частотном диапазоне 13,56 МГц. Эти микросхемы снабжаются антеннами немецкой компании KSW-Microtec и превращаются в полуприбор RFID-системы, соответствующей требованиям стандарта ISO 15693-2.

Массовый характер применения идентификационных смарт-карт и стремление к максимальному их удешевлению трансформировали внешний вид смарт-карт. Сегодня они могут выглядеть как брелоки или браслеты или встраиваться в мобильные телефоны.

Так, Bank of America проводит испытания брелоков в качестве средства проведения бытовых платежей, в дополнение к кредитным и дебетовым картам банка. Тестируемые устройства, работающие на принципах технологии RFID, созданы компанией Oberthur Card Systems на основе пассивных высокочастотных микросборок, удовлетворяющих стандарту ISO 14443. Микросборки выпускаются корпорацией TI и сертифицированы компанией MasterCard на соответствие требованиям спецификации для карточек MasterCard PayPass на основе технологии RFID.

Одна из систем, предназначенных для предотвращения похищений или подмены младенцев в детской больнице, использует беспроводные электронные наручные и ножные идентификационные браслеты (см. рис. 2), а также считывающие устройства, контроллеры и ПО, автоматически закрывающее двери и подающее сигнал тревоги в случае несанкционированного местонахождения младенца. Система защищена от повреждений и даёт сигнал тревоги при попытке снятия электронного браслета с ребёнка.

Обслуживающий медперсонал, акушерки, матери и младенцы носят специальный электронный наручный или ножной браслет, хранящий индивидуальные данные их носителя и выступающий в роли своеобразного удостоверения личности. Данное устройство регулярно посылает сигналы, принимаемые считывате-



**Рис. 2. Система, предназначенная для предотвращения похищений или подмены младенцев в детской больнице**

лями в потолке отделения для грудных детей, приборами сигнализации на входах и выходах, а также контроллерами. Электронные идентификационные браслеты сообщают статус их носителя, его местонахождение, а также состояние батарей на считывателях. Программное обеспечение компании CIAC позволяет в режиме реального времени установить, где в данный момент находится носитель идентификационного браслета.

Модули ввода/вывода контролируют установки видеонаблюдения, точки доступа и системы аварийного освещения. В случае возникновения угрозы похищения они включают сигнализацию и автоматически закрывают двери.

Расширение использования радиоканала для работы со смарт-картами стимулирует работы в области информационной безопасности при передаче данных. Наряду с использованием традиционных технологий шифрования данных, включая Advanced Encryption Standard (AES), Secure Hash Algorithm (SHA) и стандарты США Federal Information Processing Standards (FIPS) для формирования уникального числа, которое можно использовать для целей аутентификации, ещё одним способом обеспечения информационной безопасности при беспроводном обмене идентификационными данными является использование технологии NFC (Near Field Communication, связь в ближнем поле).

Технология NFC обеспечивает быструю, удобную и защищённую передачу данных между устройствами на расстояниях до 10 см, т.е. на физическом уровне гарантируется невозможность установления незапланированного сеанса связи. Защита от несанкционированного доступа к данным может обеспечиваться и

на уровне сетевого протокола, и на более высоком уровне. Важной особенностью протокола NFC является поддержание режима пассивного соединения (passive mode of communication), который позволяет обеспечивать сеанс связи энергией, используя ресурсы лишь одного из устройств. Технология NFC может быть использована для передачи небольших объёмов данных, проведения платежей и конфигурирования доступа к беспроводным сетям Wi-Fi или Bluetooth.

Опеку над стандартами в области технологии NFC осуществляет организация NFC Forum (Ассоциация разработчиков и пользователей коммуникационных систем на основе технологий ближнего поля), основателями которой являются компании Nokia, Royal Philips Electronics и Sony. Требования к технологии NFC уже

описаны в спецификациях ISO 18902, ECMA 340 и ETSI TS 102190. Принятые стандарты описывают процедуры считывания и записи данных в метку, организацию связи класса peer-to-peer, эмуляцию метки. Проведённые работы позволяют интегрировать NFC в системы на основе протоколов Philips MIFARE (ISO 14443-A) и Sony FeliCa. Это означает, что смарт-карты способны «видеть» NFC-устройства, а ридеры – работать с оборудованием, использующим технологию NFC.

Чтобы передать данные между NFC-устройствами, их надо сблизить на предельно короткое расстояние или привести в соприкосновение. Это инициирует работу беспроводного интерфейса и конфигурирование сети равноправных узлов (peer-to-peer network). Соединение устанавливается на частоте 13,56 МГц.

Корпорация Nokia продемонстрировала первый сотовый телефон с интерфейсом NFC на конференции Cartes & IT Security, прошедшей в конце 2004 г. в Париже. Конструкция подсистемы, реализующей возможности технологии NFC, включала NFC-микросхему от Philips Semiconductors и контроллер смарт-карты Philips SmartMX, соединённые интерфейсом Philips S2C.

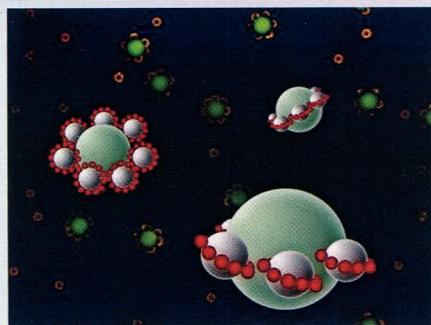
Лидеры рынка мобильных телефонов также готовы начать производство или выпустить прототипы сотовых телефонов с беспроводным интерфейсом на основе технологии NFC. При этом новый интерфейс предполагается использовать либо для обеспечения возможностей оплаты проезда, либо для совершения небольших платежей в розничной торговле или сфере услуг. ©

## Новости мира News of the World Новости мира

### Тончайшие плёнки – очередная апгрейд современной электроники

Несмотря на постоянную миниатюризацию современных интегральных микросхем – компания Intel рассказала о своих грядущих 32-нм продуктах, – бесконечно процесс уменьшения размеров элементов, особенно в случае кремниевой электроники, длиться не может. Это заставляет исследователей искать пути для уменьшения размеров транзисторов за счёт новых материалов, и очередных успехов в этой области добились сотрудники Масачусетского Университета (University of Massachusetts Amherst). Помимо миниатюризации интегральных микросхем – размеры транзисторов могут быть снижены в несколько раз по сравнению с кремниевыми, – их исследование позволяет увеличить и скоростные показатели ИС.

Команда учёных под руководством Джереми Леви изготовила «нанотранзистор» на основе двух керамических материалов: алюмината тантала и титаната стронция. Изначально оба этих соединения являются изоляторами, однако при соединении их друг с другом они становятся проводниками – положительные носители заряда способны протекать через подобную структуру. Впрочем, это ещё не всё – посредством атомно-силовой микроскопии, приложением напряжения, исследователи добивались формирования крошечного проводящего мостика между



двумя материалами, который впоследствии легко разрушался при протекании заряда противоположного знака.

Точно такие же материалы могут использоваться для создания транзисторов размером с отдельные атомы, а на их основе можно формировать интегральные микросхемы для вычислительных систем, устройств хранения информации и сенсоров самого различного назначения, в том числе и высокоточных детекторов.

Практически одновременно с сообщением о разработке новейших транзисторов сотрудниками University of Massachusetts Amherst поступила информация, что команде учёных из того же заведения вместе с сотрудниками Калифорнийского университета Беркли (University of California Berkeley) удалось разработать способ изготовления тончайших полупроводниковых плёнок, позволяющих резко повысить ёмкость современных устройств хранения информации.

Многие годы попыток создания подобных конструкций на основе полимеров

не приводили к нужным результатам «благодаря» потере материалом своей структуры при растяжении на значительную площадь. Чтобы преодолеть эту трудность, исследователи использовали специальные гребенчатые материалы, работающие как направляющие для полупроводниковых плёнок. В этом случае уже вполне возможно получать структуру с необходимыми для исследователей свойствами, а главное, процесс их формирования весьма прост. На полупроводниковых плёнках учёные надеются создавать уникальные по своим характеристикам устройства хранения информации, в сотни раз более ёмкие, нежели популярные сегодня оптические DVD-носители.

wired.com

### LG заявила о начале выпуска 15" OLED-панелей

Компания LG Display практически готова к запуску серийного изготовления 15-дюймовых OLED-панелей, – согласно официальному заявлению, старт намечен на июнь 2009 г. Среди технических характеристик отметим разрешение 1366 × 768 пикселей и ресурс работы панелей в 30 тыс. ч. Впрочем, главным вопросом остаётся стоимость дисплеев, и именно эта информация пока для широкой публики оказывается недоступной.

Networkworld

# Микросхема VIPerX7: современное решение для импульсного источника питания

Станислав Косенко (Санкт-Петербург)

В статье представлено новое поколение ИС семейства VIPer компании STMicroelectronics, предназначенных для построения источников питания электронной техники.

На рынке производителей импульсных источников питания (ИИП) широкую популярность приобрели микросхемы семейства VIPerXXX, производимые фирмой STMicroelectronics. Среди прочих аналогов их отличает схемотехнически безупречная структура, которая позволяет конструкторам ИИП легко и быстро создавать приборы, требующие минимального числа внешних элементов «обвязки» ИС и в то же время полностью соответствующие жёстким требованиям энергосберегающей технологии проектирования (Blue Angel Eco).

Новое поколение микросхем VIPerX5, VIPerX6, VIPerX7, VIPerX8 вобрало в себя ряд инновационных технических решений. Если сравнить два поколения микросхем примерно одного энергетического диапазона – VIPer12 и VIPer17, – можно заметить, что на кристалле той же площади разработчики разместили 26 композитных логических блоков вместо 14. Расширились и функциональные возможности ИС. Рассмотрим их подробнее.

Интегральный контроллер ИИП VIPer17N(L) содержит силовой коммутатор на основе МОП-транзистора и управляющий ШИМ. Данная микросхема производится в двух вариантах конструктивного исполнения: в корпусах DIP7 (VIPer17LN/VIPer17HN) и SO16-narrow (VIPer17LD/VIPer17HD). Индексы H (High) и L (Low) в наименовании микросхемы указывают на предустановленную частоту встроенного генератора – высокую 115 кГц и низкую 60 кГц соответственно. Назначение выводов микросхем представлено в таблице.

Источники питания, выполненные на микросхеме VIPer17N(D), с внешним теплоотводом способны обеспечить выходную мощность ИИП до 12 Вт в интервале сетевого напряжения 176...264 В и до 7 Вт в интервале 85...265 В. Если роль дополнительно теплоотвода на печатной плате выполняет фольгированная площадка площадью примерно 20 мм<sup>2</sup>, находящаяся в тепловом и электрическом контакте с выводами 7, 8 (DIP7) и 13 – 16 (SO16) ИС, тогда мощность источ-

ника питания в стандартном и расширенном интервале сетевого напряжения составляет 9 и 5 Вт соответственно.

На рисунке 1 представлена типовая электрическая схема обратногоходового (Flyback) ИИП на основе ИС VIPer17. Контроллер ШИМ, коммутирующий транзистор, трансформатор, выходной выпрямитель, регулируемый стабилитрон U2 и оптоэлектронный преобразователь, соединённый с выводом FB микросхемы, образуют замкнутый контур регулирования выходного напряжения. При увеличении выходного напряжения до требуемого значения открывается стабилитрон U2, излучающий диод в оптоэлектронном преобразователе OPTO воздействует на переход эмиттер-коллектор фототранзистора, изменяя его эквивалентное сопротивление.

Контроллер ШИМ регулирует длительность коммутирующих импульсов таким образом, чтобы значение эквивалентного сопротивления открытого фототранзистора соответствовало требуемому напряжению на нагрузке. Чтобы пояснить функциональные особенности контроллера, рассмотрим внутреннюю архитектуру ИС, показанную на рисунке 2, и свойства отдельных её блоков.

Силовой коммутатор в ИС выполнен на основе МОП-транзистора, отличающегося особой электрической прочностью: пробивное напряжение канала сток-исток составляет не менее 800 В. Это гарантирует безопасное функционирование прибора во всём интервале выходной мощности и скорости изменения напряжения на стоке  $dv/dt$ . Сопротивление канала транзистора при температуре 25°C во включенном состоянии не превышает 25 Ом. На кристалле транзистора сформирован специальный резистивный элемент, позволяющий эффективно отслеживать мак-

Назначение выводов микросхем семейства VIPerXXX

Номер вывода		Наименование	Функциональное назначение
DIP7	SO16		
1	1-4	GND	Общий вывод ИМС и источника питания
2	5	VDD	Напряжение питания контроллера, а также выход зарядного тока для внешнего конденсатора при пуске ИИП
3	6	CONT	Управляющий вход, обеспечивающий работу контроллера в двух режимах: <ul style="list-style-type: none"> <li>установка предельного значения тока полевого транзистора в коммутирующем импульсе</li> <li>контроль выходного напряжения</li> </ul>
4	7	FB	Управляющий вход для установки коэффициента заполнения коммутирующих импульсов
5	10	BR	Защита от понижения сетевого напряжения
7, 8	13-16	DRAIN	Вывод стока полевого транзистора

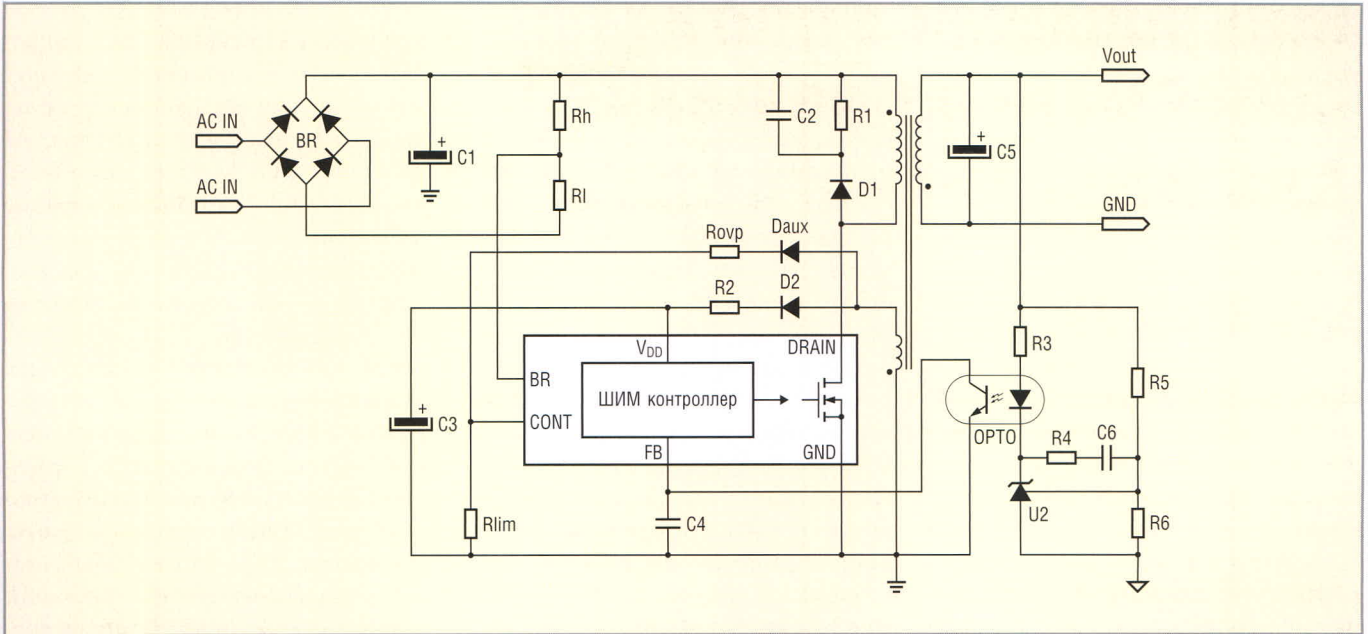


Рис. 1. Типовая электрическая схема обратноходового ИИП на основе ИС VIPer17

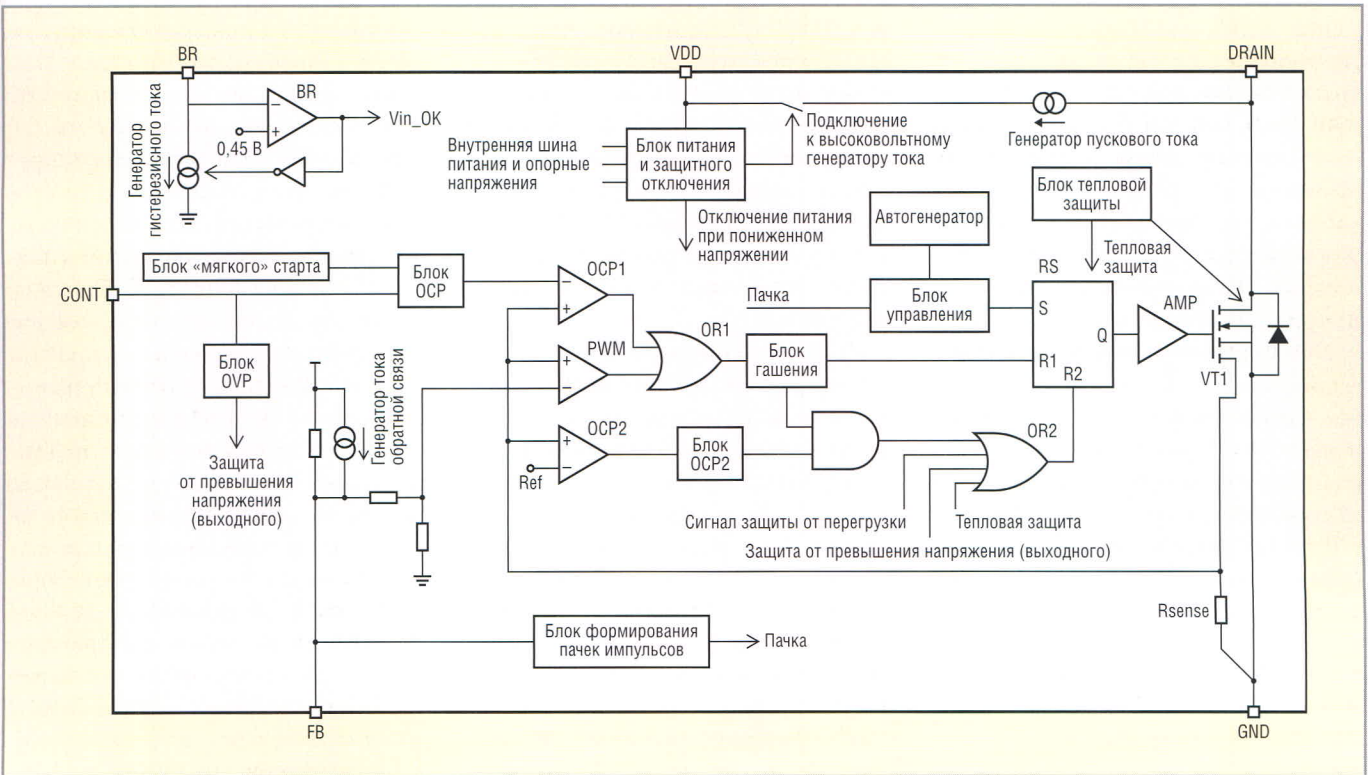


Рис. 2. Функциональная схема ИС VIPer17

симальное значение тока в каждом импульсе коммутации. При снижении питающего напряжения менее 8 В блок SUPPLY&UVLO выключает транзистор, защищая его от случайного включения.

Высоковольтный генератор пускового тока Istart-up в качестве источника использует напряжение на выводе стока (DRAIN). Запуск возможен только после того, как напряжение на стоке превысит пороговое значение 80 В, тогда замкнется выключатель HV\_ON, и на подключенный к выводу

VDD конденсатор C3 начнет поступать зарядный ток 3 мА. После возрастания напряжения VDD свыше 14 В выключатель HV\_ON размыкается. Питание микросхемы осуществляется от вспомогательной обмотки трансформатора импульсами, выпрямленными диодом D2 и сглаженными конденсатором C3.

Блок питания и контроля напряжения SUPPLY&UVLO при увеличении напряжения питания свыше 14 В подаёт питание на все блоки ИС, а также формирует ряд опорных напряже-

ний, необходимых для работы узлов микросхемы. Автогенератор OSCILLATOR через логический блок TURN-ON LOGIC, управляющий режимом формирования коммутирующих импульсов, воздействует на вход S многоходового RS-триггера, устанавливая на выходе Q уровень лог. 1.

Для снижения спектральной плотности помех, создаваемых коммутирующими импульсами тока стока в транзисторе и трансформаторе, центральная частота автогенератора принудительно перестраивается с

периодичностью 250 Гц в полосе  $115 \pm 8$  (или  $60 \pm 4$ ) кГц. При этом общая энергия центральной спектральной составляющей коммутирующей частоты распределяется среди гармоник с меньшей амплитудой, что способствует снижению уровня ЭМИ.

Сигнал с выхода RS-триггера усиливается усилителем AMP, а затем поступает на затвор транзистора, открывая его канал сток-исток. В первичной обмотке импульсного трансформатора и канале транзистора возникает пилообразный ток. На датчике Rsense ток стока в каждом коммутирующем импульсе транзистора преобразуется в пилообразное напряжение, прикладываемое к неинвертирующему входу ШИМ-компаратора PWM. Встроенный в микросхему генератор тока Ifb, соединённый с выводом FB, создаёт на нём некоторое постоянное напряжение за счёт резистивного делителя. Постоянное напряжение с выхода делителя воздействует на инвертирующий вход компаратора. При достижении пилообразным напряжением уровня постоянного напряжения, заданного делителем, компаратор через логический элемент OR1 и блок гашения LEB воздействует на вход R1 RS-триггера, устанавливая на выходе Q лог. 0. Канал полевого транзистора закрывается, и на этом формирование коммутирующего импульса завершается. Параметры делителя таковы, что пиковое значение тока стока транзистора не превышает 0,4 А.

Конструктор может уменьшить уровень ограничения тока в интервале значений 0,4...0,1 А подключением внешнего резистора Rlim = 5,1...100 кОм между общим проводом и выводом CONT микросхемы (см. рис. 1). В этом случае момент выключения транзистора будет определять логический блок защиты от токовой перегрузки Over Current Protection (OCP) BLOCK и OCP1-компаратор.

Для исключения насыщения магнитопровода импульсного трансформатора, а также снижения риска повреждения выпрямительного диода D3, запуск источника питания как при включении, так и при повторном включении после возникновения неисправности производится блоком SOFT START с помощью функции «мягкого» старта. В течение 8,5 мс ограничение тока стока транзистора нарастает от мини-

мального до максимально допустимого значения.

Специальный блок гашения LEB (Leading Edge Blanking) в течение 0,3 мкс не реагирует на выбросы напряжения в начале пилообразного сигнала, обусловленные переходными процессами в ИИП. Эти выбросы могут вызвать преждевременное ограничение длительности коммутирующего импульса и нарушить нормальную работу ШИМ-компаратора.

По входу R2 RS-триггера формирование коммутирующего импульса может быть прервано также в случае срабатывания блоков тепловой защиты OTP (Over Temperature Protection) или защиты от превышения выходного напряжения OVP (Over Voltage Protection).

Блок тепловой защиты THERMAL SHUTDOWN в микросхеме вырабатывает сигнал OTP при нагреве кристалла до температуры свыше 160°C. Автоматическое включение источника питания произойдёт после остывания кристалла ИС до 130°C.

Блок защиты от превышения выходного напряжения OVP LOGIC использует трансформаторную связь между вторичной и вспомогательной обмотками, поскольку формируемые ими напряжения пропорциональны числу витков. Поэтому для контроля выходного напряжения достаточно по входу CONT микросхемы установить резистивный делитель Rovp/Rlim (см. рис. 1) и отслеживать напряжение на данном выводе. Контроль напряжения осуществляется стробированием на интервале 0,5 мкс в каждом коммутирующем импульсе через 2 мкс после его фронта. Если это напряжение в течение четырёх импульсов подряд превысит значение 3 В, логический блок защиты OVP LOGIC сформирует сигнал OVP, прерывающий формирование коммутирующего импульса по входу R2 RS-триггера. Стробирование измеряемого напряжения, его цифровая фильтрация, а также наличие в блоке OVP LOGIC счётчика числа превышений резко снижают вероятность ошибочного срабатывания защиты OVP от случайных выбросов напряжения.

При выключении сетевого питания ИИП напряжение на выводе V<sub>DD</sub> уменьшается до порогового значения 8 В, при этом блок SUPPLY&UVLO отключает шину внутреннего пита-

ния ИС, подзаряд C3 от вспомогательной обмотки прекращается и напряжение на нём снижается, поскольку коммутирующий транзистор больше не включается. Напряжение на конденсаторе C1 падает ниже 80 В, что делает невозможным повторное включение ИИП. Данная функция необходима для предотвращения возможного перезапуска устройства после выключения.

В микросхему встроены также блок аварийной защиты по току второго уровня 2nd OCP (Over Current Protection) LOGIC. При коротком замыкании витков в обмотках трансформатора, пробое выпрямительного диода D3, конденсатора C5 или замыкании в нагрузку ток через коммутирующий транзистор достигает опасного значения 0,6 А, что обнаруживается специальным компаратором OCP2.

Если бросок тока произошёл случайно, логический блок 2nd OCP LOGIC никак на него не реагирует. Но если сигнал токовой перегрузки обнаружен в течение двух коммутирующих импульсов подряд, транзистор будет выключен по входу R2 триггера. В отсутствие коммутирующих импульсов напряжение V<sub>DD</sub> снизится до порогового значения 4,5 В, но сетевое напряжение не отключено, и поэтому на выводе DRAIN присутствует напряжение 300 В. В результате замкнётся выключатель HV\_ON и включится высоковольтный генератор пускового тока Istart-up, вырабатывающий в таком случае ток 0,6 мА вместо обычных 3 мА. Учитывая, что заряд C3 до напряжения 14 В происходит от низкого уровня 4,5 В, при повреждении одного из элементов устройства кратковременные попытки перезапуска будут происходить через длительные временные интервалы; при этом ИИП входит в режим перезапуска Hiccup Mode («цыканья»), во время которого силовые цепи подвергаются ударной нагрузке, безопасной для ИС.

Как упоминалось выше, стабилизация выходного напряжения источника питания осуществляется регулированием длительности коммутирующих импульсов. При этом изменяется напряжение на выводе FB микросхемы, создаваемое генератором тока Ifb. Интервал напряжения 0,5...3,3 В соответствует нормальному режиму работы, для которого верхняя граница интервала соответствует предельному значению тока 0,4 А.

При срабатывании аварийной защиты по току второго уровня, о чём говорилось выше, выходное напряжение значительно ниже нормального, а напряжение на выводе FB кратковременно изменяется в интервале 3,3...4,8 В, что соответствует режиму защиты от перегрузки – OLP (Over Load Protection).

Но если нагрузка исправного источника питания окажется столь большой, что конденсатор С5 не успеет зарядиться до нормального напряжения даже после «мягкого» старта, длящегося 8,5 мс, то напряжение на выводе FB также может возрасти до порогового значения 4,8 В. Чтобы предотвратить преждевременное выключение ИИП, в контуре регулирования используется интегрирующий конденсатор С4, задерживающий срабатывание защиты при перегрузке и обеспечивающий требуемую динамическую устойчивость контура регулирования при достаточно быстрой реакции на дестабилизирующие факторы.

Когда нагрузка источника питания значительно уменьшается или отключается, в контуре регулирования напряжение на выводе FB понижается. Как только напряжение уменьшится на 50 мВ ниже порогового значения 0,5 В, блок BURST-MODE LOGIC выключает транзистор. После выключения транзистора контур регулирования уменьшит выходное напряжение ИИП, напряжение на выводе обратной связи начнёт увеличиваться и превысит порог включения, возобновляя работу коммутирующего транзистора на короткое время, что соответствует режиму формирования пачек коммутирующих импульсов Burst-mode.

Не менее важным функциональным свойством микросхем нового поколения является так называемая «защита Brown-out» – функция нефиксируемого отключения (без «защёлкивания») источника питания при обнаружении чрезмерного снижения сетевого напряжения. В реальных условиях сетевое напряжение может произвольно изменяться в допустимых пределах. Используя функцию Brown-out, конструктор может выбрать некоторое значение низкого входного напряжения Vin-off, при котором происходит выключение ИИП, и напряжение повторного включения Vin-on. Для правильного

функционирования источника питания напряжение Vin-on должно быть меньше, чем амплитудное значение минимального сетевого напряжения, а напряжение Vin-off меньше, чем минимальное напряжение на входном сглаживающем конденсаторе С1 при минимально возможном сетевом напряжении и максимальной нагрузке.

Для реализации функции Brown-out выпрямленное сетевое напряжение подаётся на резистивный делитель Rh/RI (см. рис. 1). Чтобы правильно рассчитать номинальные значения резисторов с учётом выбранных значений напряжений Vin-on и Vin-off, необходимо воспользоваться соотношениями, которые приводятся в справочных данных на микросхему (см. [www.st.com/stonline/products/literature/ds/14419/VIPer17.pdf](http://www.st.com/stonline/products/literature/ds/14419/VIPer17.pdf)).

С выхода делителя напряжение подаётся на вывод BR микросхемы, а затем на инвертирующий вход BR-компаратора (см. рис. 2), в котором оно сравнивается с опорным напряжением 0,45 В. К инвертирующему входу компаратора также подключен генератор тока Ibr, обеспечивающий гистерезис 50 мВ относительно опорного напряжения 0,45 В, что необходимо для исключения беспорядочного срабатывания компаратора.

Пока напряжение на входе BR-компаратора меньше порогового, на его выходе сигнал Vin\_OK = 0 запрещает работу ШИМ-компаратора и коммутирующего транзистора. Этот же сигнал через инвертор поддерживает генератор тока Ibr во включенном состоянии. Как только напряжение на выводе BR превысит опорное напряжение на 50 мВ, сигнал Vin\_OK = 1 отключит генератор тока, одновременно включая ШИМ-компаратор и коммутирующий транзистор. При снижении напряжения на выводе BR ниже опорного источник питания выключится, оставаясь в готовности к повторному включению.

Если при проектировании ИИП использование функции Brown-out не предполагается, вывод BR соединяют с общим проводом.

На основе микросхемы VIPer17 фирма STMicroelectronics производит показанный на рисунке 3 демонстрационный вариант преобразователя сетевого напряжения 90...265 В в постоянное 12 В с током в нагрузке до 0,6 А (EVALVIPer17L-7W), который

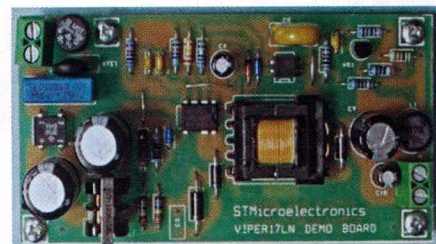


Рис. 3. Демонстрационная плата преобразователя сетевого напряжения 90...265 В в постоянное 12 В/0,6 А (EVALVIPer17L-7W)

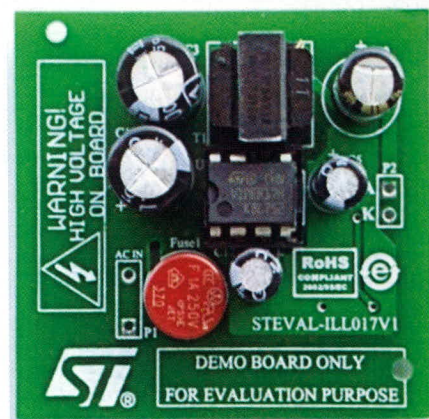


Рис. 4. Плата драйвера постоянного тока для сверхъярких светодиодов STEVAL-ILL017V1

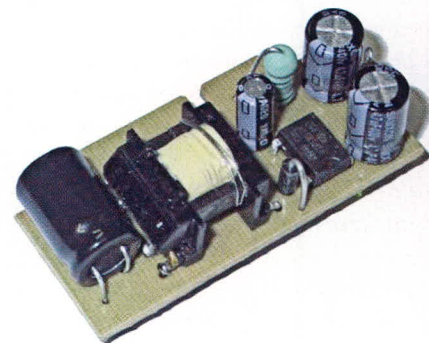


Рис. 5. Плата зарядного устройства для малогабаритных аккумуляторов EVLVIP17-5WCHG

обладает всеми описанными выше функциями.

В драйвере постоянного тока для сверхъярких светодиодов STEVAL-ILL017V1 (см. рис. 4) ШИМ-контроллер VIPer17 совмещён по вторичной обмотке трансформатора с контроллером TSM1052, обеспечивающим работу преобразователя в режиме CC/CV (постоянный ток/постоянное напряжение). По аналогичной схеме выполнено зарядное устройство для малогабаритных аккумуляторов EVLVIP17-5WCHG (см. рис. 5).

## ЛИТЕРАТУРА

1. [www.st.com](http://www.st.com).



# ИС светодиодных драйверов фирмы ADDtek

Максим Селиванов (Воронеж)

Статья посвящена ИС светодиодных драйверов фирмы ADDtek. Рассматриваются области применения микросхем, приводятся типовые схемы включения и основные характеристики.

Микросхемы, предназначенные для питания светодиодов, прошли долгий путь развития. Вначале это были достаточно дорогие и маломощные приборы, требовавшие для работы большого количества внешних элементов. С ростом производства светодиодной продукции появились доступные по цене, универсальные и мощные ИС драйверов.

Фирма ADDtek была основана в 1997 г. на Тайване. Основным направлением её работы является разработка ИС для мобильных и светодиодных устройств, ЖК-дисплеев и

т.д. ADDtek является типичной дизайн-фирмой, поскольку её продукция производится на мощностях компании TSMC. Высокие технологии производства в сочетании с качественным менеджментом позволяют ADDtek создавать микросхемы, соответствующие мировым стандартам надёжности и удовлетворяющие запросам самых требовательных заказчиков.

На данный момент ADDtek предлагает следующие типы ИС светодиодных драйверов:

- стабилизаторы тока;

- конвертеры напряжения;
- конвертеры напряжения со встроенным стабилизатором тока;
- стабилизаторы тока, управляемые внешним сигналом ШИМ;
- схемы защиты светодиодов.

На рисунке 1 показана классификация микросхем ADDtek. Зелёным цветом выделены приборы, находящиеся на стадии разработки. Рассмотрим подробнее наиболее интересные ИС.

Микросхема A711 – одноканальный стабилизатор тока для светодиодного освещения. Основные технические характеристики ИС:

- максимальный выходной ток 1,1 А
- падение напряжения 0,8 В при токе 1,1 А;
- выходной ток задаётся внешним резистором;
- напряжение управления до 75 В;
- напряжение питания 5...50 В;
- корпуса TO-263, TO-220 и TO-252.

На рисунке 2 приведена схема включения ИС типа A711. Ток через светодиоды задаётся внешним резистором Rset.

Микросхема A704 представляет собой контроллер ШИМ. Область её применения – светодиодные устройства общего освещения. Особенности ИС типа A704:

- малый потребляемый ток;
- фиксированная частота ШИМ;
- миниатюрный корпус SOT-23-6.

Микросхема A704 предназначена для работы с внешним МОП-транзистором в малогабаритных устройствах с питанием от сети переменного тока. На рисунке 3 приведена типовая схема включения ИС A704 в осветительных лампах с цоколем E27.

Микросхема AMC7135 – драйвер с фиксированным выходным током 350 мА для питания 1-Вт светодиодов. Особенности микросхемы:

- напряжение питания 2,7...6,0 В;
- корпуса SOT-89 и TO-252;
- для работы ИС требуется два внешних элемента.

Микросхема AMC7150 – драйвер со встроенным генератором, мощным ключом и выходным током в диапазоне от нескольких миллиам-

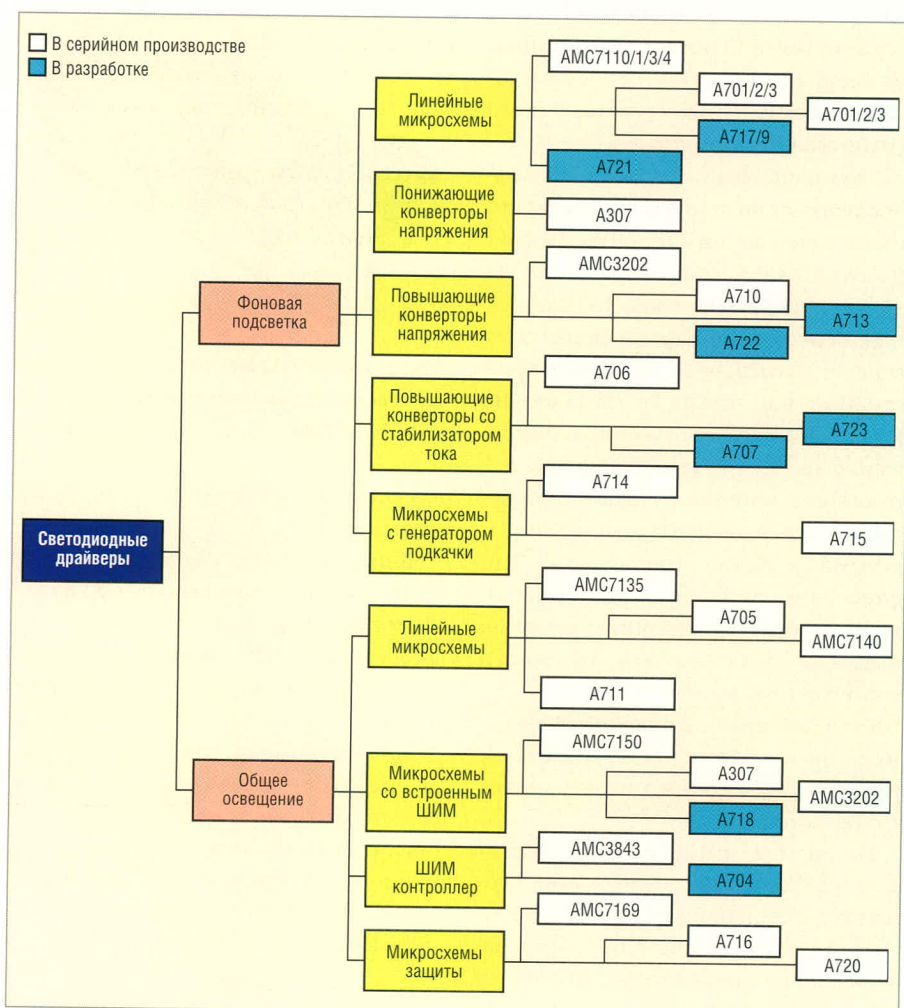


Рис. 1. Классификация микросхем фирмы ADDtek

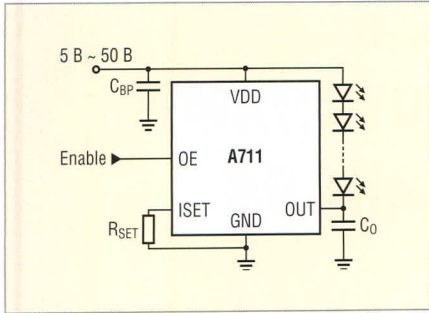


Рис. 2. Схема включения ИС типа А711

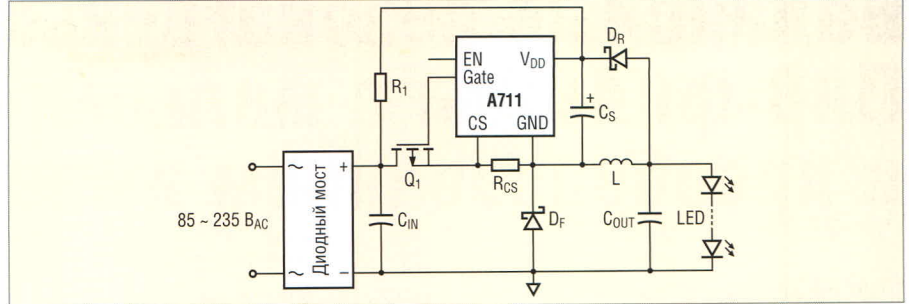


Рис. 3. Схема включения ИС типа А704

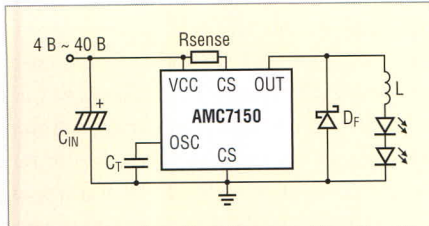


Рис. 4. Схема включения ИС типа АМС7150



Рис. 5. Схема включения ИС типа А720

пер до 1,5 А. Особенности ИС типа АМС7150:

- напряжение питания 4...40 В;
- корпус ТО-252.

На рисунке 4 приведена схема включения ИС типа АМС7150.

Микросхема А307 – многофункциональный прибор; основными функциями ИС являются:

- стабилизация напряжения с фиксированными значениями 3,3 В и 5,0 В;
- регулировка напряжения при помощи внешнего ШИМ;
- стабилизация тока.

Особенности микросхемы ИС типа А307:

- максимальное входное напряжение 40 В;
- регулируемое выходное напряжение 1,23...37 В с погрешностью менее 4%;
- встроенная защита от перегрева и перегрузки по току;
- корпуса ТО-252 и SOP-8 с тепловой площадкой.

Особый интерес представляют микросхемы для защиты мощных светодиодов типа А720 и АМС7169, – автору не известны аналоги. Приборы работают по принципу bypass, т.е. в случае обрыва любого светодиода пропускают через себя ток, требуемый для работы оставшихся светодиодов, повышая тем самым надёжность всего устройства. ИС также пропускают ток в обратном направлении, защищая всю цепь светодиодов от переполюсовки.

Основные технические характеристики ИС типа А720:

- напряжение срабатывания 5 В;
- прямой или обратный ток 700 мА;
- падение напряжения 1,6 В при токе 700 мА.

На рисунке 5 приведена схема включения ИС типа А720. Стрелкой указано прохождение тока при обрыве одного из светодиодов.

Таким образом, основными преимуществами ИС драйверов фирмы ADDtek являются:

- высокий КПД;
- минимальное количество внешних элементов.

Следует отметить, что, в отличие от многих тайваньских производите-

лей, фирма ADDtek предоставляет качественную техническую поддержку. На интернет-странице фирмы размещены многочисленные рекомендации по применению, по запросу разработчикам предоставляются платы для макетирования.

Благодаря разнообразию и высокому качеству ИС, фирма ADDtek может составить серьёзную конкуренцию фирмам с мировым именем на рынке РФ. Применение микросхем этой фирмы способствует снижению стоимости, уменьшению габаритов и потребляемой мощности светодиодных устройств. ©

Электронные компоненты

**НОВИНКА!**

**Одноваттный светодиод CLN6A**

**80 люмен**  
при токе 300мА

101,8 люмен — максимальный световой поток

**44 руб.**

**НЕОН-ЭК**

www.e-neon.ru

тел./факс: (812) 335-00-65, (495) 725-26-79  
(4732) 39-44-46

Реклама

# Балансные резонаторные ПАВ-фильтры с малыми потерями и преобразованием импедансов

Сергей Доберштейн (Омск)

В статье представлен новый тип самосогласованных балансных ПАВ-фильтров с малыми потерями и преобразованием импедансов на основе продольно-связанных резонаторов на срезе  $YX/42^\circ \text{LiTaO}_3$ . Такие фильтры позволяют исключить из радиоэлектронной схемы громоздкие балансные трансформаторы и согласующие элементы. Представленные балансные ПАВ-фильтры с преобразованием импедансов, например, во входных каскадах УКВ-радиостанций обеспечивают согласование низкоомной антенны с высокоомным двойным балансным смесителем, а также эффективно подавляют сигналы зеркального канала и гетеродина.

Уменьшение вносимых потерь в фильтрах на поверхностных акустических волнах (ПАВ) и расширение их функциональных возможностей, таких как работа в балансном режиме, преобразование импедансов, са-

мосогласование с одновременным выполнением заданной избирательности, отвечает новейшим мировым тенденциям развития техники ПАВ [1]. В статье представлен новый тип самосогласованных балансных ПАВ-

фильтров с малыми потерями и преобразованием импедансов на основе продольно-связанных резонаторов на срезе  $YX/42^\circ \text{LiTaO}_3$  [2, 3]. Такие фильтры позволяют исключить из радиоэлектронной схемы громоздкие балансные трансформаторы и согласующие элементы (рис. 1). Фильтры реализуются по трёхпреобразовательной схеме с отражательными решётками (ОР) (рис. 2а). Три встречно-штыревых преобразователя (ВШП) размещены между двумя ОР с закороченными электродами. Расстояние между ОР выбирается из условия возбуждения стоячих волн в резонаторной полости. ВШП размещаются в резонаторной полости таким образом, чтобы их центры совпадали с пучностями стоячих волн для обеспечения минимума вносимых потерь или максимума добротности резонатора. Балансный режим осуществляется за счёт симметричного подключения центрального и боковых ВШП к нагрузкам. Преобразование импедансов

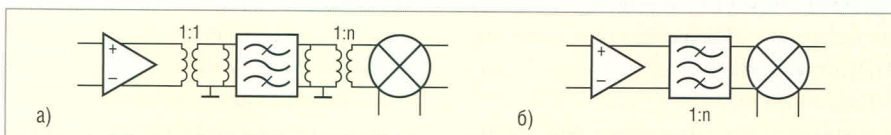


Рис. 1. Сравнение обычного ПАВ-фильтра (а) и самосогласованного балансного ПАВ-фильтра с преобразованием импедансов (б)

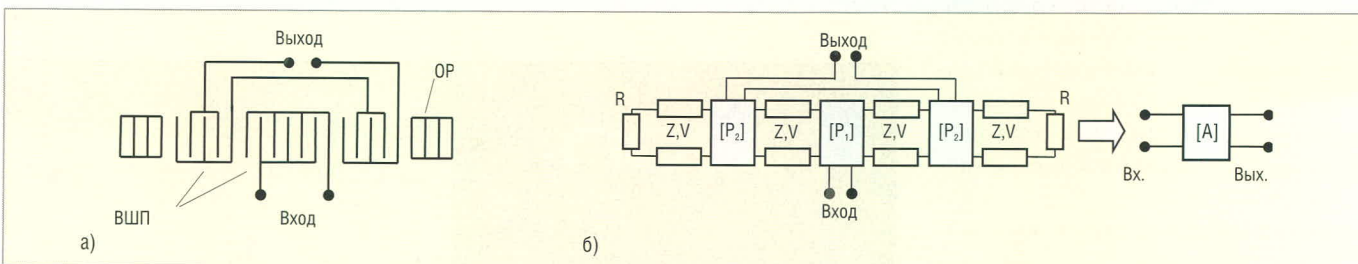


Рис. 2. Балансный резонаторный ПАВ-фильтр с преобразованием импедансов (а) и его эквивалентная схема (б)

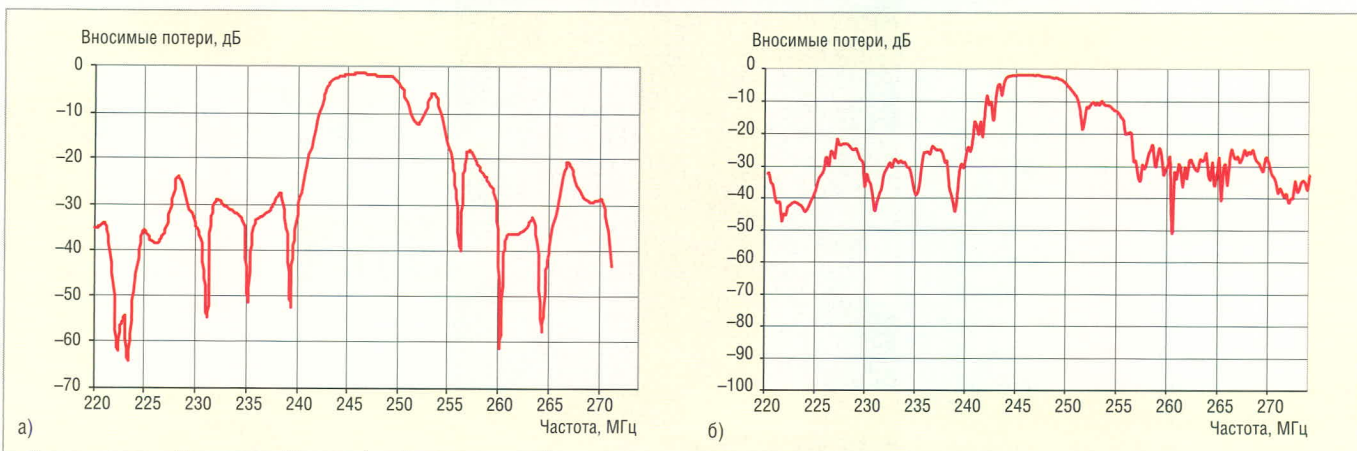


Рис. 3. Расчётная (а) и измеренная (б) АЧХ балансного резонаторного ПАВ-фильтра на частоту 246 МГц

со входа на выход достигается последовательным соединением боковых ВШП. Самосогласование обеспечивается за счёт компенсации статической ёмкости ВШП реактивной проводимостью излучения ПАВ в полосе пропускания за счёт выбора оптимального количества электродов во входных и выходных ВШП. Конструктивно-топологическая оптимизация фильтров проводилась с использованием компьютерного моделирования по модели эквивалентных схем (рис. 2б). Здесь  $[P_1]$  – матрица смешанных параметров входного ВШП,  $[P_2]$  – матрица смешанных параметров выходных ВШП,  $Z$  – характеристический импеданс среды между ВШП,  $V$  – скорость ПАВ,  $R = (1 - \Gamma)/(1 + \Gamma)$  – эквивалентный импеданс ОР,  $\Gamma$  – коэффициент отражения ОР. Известное представление ПАВ-фильтров в виде модели Р-матриц смешанных параметров используется для преобразования исходных восьмиполосников или шестиполосников, эквивалентных элементам акустического и электрических трактов в линейный четырёхполосник – А-матрицу (рис. 2б). При этом амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) фильтра рассчитывалась по известным выражениям для А-матрицы четырёхполосника, что сократило трудоёмкость расчётов и обеспечило их высокую достоверность.

На основе проведённых теоретических расчётов была разработана программа расчёта трёхпреобразовательного резонаторного ПАВ-фильтра. Входными данными для программы являются параметры пьезоподложки, топологии фильтра и входных/выходных нагрузок.

На рис. 3 показаны смоделированная (а) и экспериментальная (б) АЧХ после нескольких расчётных и технологических итераций для самосогласованного трёхпреобразовательного резонаторного балансного ПАВ-фильтра на центральную частоту 246,78 МГц и с относительной полосой пропускания 2,5%. Фильтр обеспечил вносимые потери менее 2 дБ, затухание в полосе задерживания около 20 дБ при отстройках  $\pm 5\%$  от центральной частоты, преобразование импедансов 50...150 Ом со входа на выход. Как видно из представленных рисунков, получено хорошее совпадение между расчётными и экспериментальными данными.

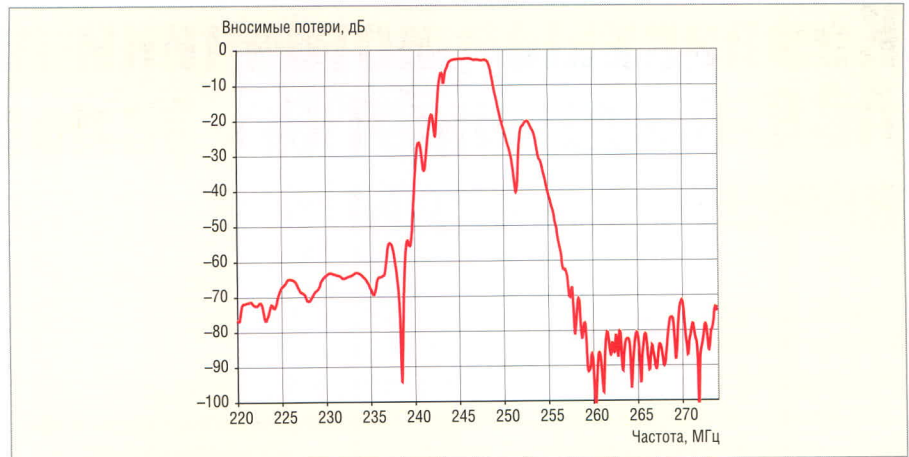


Рис. 4. АЧХ каскадного балансного резонаторного ПАВ-фильтра на частоту 246 МГц

Для увеличения избирательности фильтров предлагается использовать либо фазовое взвешивание во входном ВШП трёхпреобразовательного фильтра, либо каскадное включение двух фильтров.

На рис. 4 приведена АЧХ фильтра с фазовым взвешиванием в каскаде включения. Межкаскадное соединение осуществлялось через центральные ВШП с фазовым взвешиванием. Фильтр обеспечил вносимые потери менее 3 дБ, относительную полосу пропускания 1,7% и затухание в полосе задерживания при отстройках  $\pm 5\%$  от центральной частоты более 50 дБ.

Фильтры выполнялись в SMD-корпусах ( $5 \times 5 \times 1,35$  мм). Современные балансные ПАВ-фильтры с преобразованием импедансов, например, во

входных каскадах УКВ-радиостанций обеспечивают согласование низкоомной антенны с высокоомным двойным балансным смесителем, а также эффективно подавляют сигналы зеркального канала и гетеродина.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Meier H., Baier T., Riba G. Miniaturization and Advanced Functionalities of SAW Devices. Proc. IEEE Ultrasonics Symp. 2000. PP. 395–401.
2. Morita T., Watanabe Y., Tanaka M. and Nakazawa Y. Wideband low loss double mode SAW filters. Proc. IEEE Ultrasonics Symp. 1992. PP. 95–104.
3. Doberstein S.A. Balanced Low-Loss Longitudinally-Coupled Double-Mode Resonator SAW Filters with Impedance Conversion. Proc. IEEE Freq. Control Symp. 2008. PP. 199–203.



## ОМСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ



### Направления деятельности

#### Аппаратура связи КВ-УКВ диапазонов:

- стационарные и мобильные аппаратно-программные комплексы связи;
- адаптивные радиолитии связи и высокоскоростные модемы;
- радиостанции и трансиверы;
- системы зондирования;
- антенны, ШАУ, антенные коммутаторы;
- радиоприемные устройства и возбудители передатчиков.

Электронная компонентная база - высокостабильные кварцевые генераторы, ПАВ-фильтры, специализированная микроэлектроника.

Системы диагностики, сбора и передачи телеметрической информации по радиоканалу. Лечебно-диагностическое медицинское оборудование на основе использования слабых электромагнитных полей.

Россия, Омск, 644009, Масленникова 231 тел. (3812) 514901 факс. (3812) 514987 e-mail: info@oniip.ru http: //www.oniip.ru

# Компактные источники питания АС/DC для жёстких условий внешней среды

Виктор Жданкин (Москва)

Надёжная работа при повышенных и пониженных температурах среды является непростой задачей для преобразователей переменного напряжения в постоянное со встроенными корректорами коэффициента мощности, особенно в тех случаях, когда они применяются в электронном оборудовании с ограничениями на габариты.

Малогабаритные DC/DC-преобразователи нашли применение в миллионах электронных изделий и систем. Как правило, DC/DC-преобразователь зависит от входного источника питания, который преобразует напряжение первичной сети в выпрямленное и отфильтрованное напряжение, которое поступает на преобразователь. Ограничительные нормы на уровне гармоник тока сети (ГОСТ Р 51317.3.2-99) требуют, чтобы эти функциональные блоки имели на входе корректоры коэффициента мощности (КМ) для уменьшения эмиссии гармонических составляющих тока. Определённой проблемой для разработчиков также является обеспечение небольших габаритов преобразователей при работе в неблагоприятных условиях окружающей среды и экстремальных температурах.

## Традиционные решения для распределённых систем электропитания

В традиционных схемах с распределённой архитектурой электропитания, для ускорения переходных процессов и повышения эффективности [1–4] DC/DC-преобразователи без гальванической развязки между входом и выходом размещаются на печатной плате в непосредственной близости от питаемой нагрузки (point-of-load – POL). Такие преобразователи обеспечиваются электропитанием от DC/DC-преобразователей большой мощности с гальванической развязкой, которые также установлены на печатной плате. Последние обычно снабжаются высокими напряжениями 48 или 24 В от внешнего источника питания АС/DC со встроенным корректором коэффициента мощности (ККМ) и принудительным воздушным охлаждением (см. рис. 1).

Описанная схема питания является рациональной для большинства применений. Однако в тех случаях, когда система электропитания должна обеспечивать оборудование, которое расположено в наружном корпусе и занимает минимальный объём, более распространённым является решение на основе законченного модуля в формате *brick* («кирпич»).

## Усовершенствованные методы распределения электропитания

Ведущие производители DC/DC-преобразователей, такие как компания TDK-Lambda, поставляют модули входных преобразователей переменного напряжения в постоянное со встроенным корректором КМ, предназначенные для установки на печатную плату. Модули формируют высокое выходное напряжение (типичное значение 360 В) и снабжают электропитанием DC/DC-преобразователи повышенной мощности (400...700 Вт), выполненные в корпусах форматов *half-brick* и *full brick*, которые способны работать с высокими входными напряжениями (200...400 В). Такой способ имеет преимущество благодаря размещению всех силовых компонентов на одной печатной плате, что уменьшает размеры конечного изделия и упрощает межкомпонентные соединения (см. рис. 2).

Входные модули АС/DC с встроенным корректором КМ требуют применения внешних пассивных компонентов (накопительных и фильтрующих конденсаторов и т.д.), но площадь, необходимая для размещения этих изделий, меньше по сравнению с исключением внешних источников питания АС/DC, выполненных в металлических корпусах, и эти внешние компоненты могут быть установлены при производстве печатной платы. Дополнительным преимуществом использования модулей является то, что отвод тепла осуществляется через металлическое основание корпуса, поэтому можно

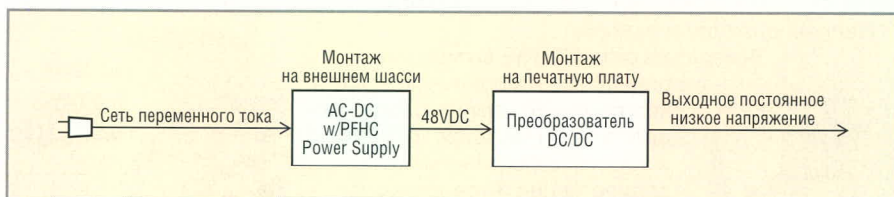


Рис. 1. Традиционная схема распределённой системы электропитания с входным источником питания АС/DC, установленным за пределами печатной платы



Рис. 2. Структура системы распределения электропитания с входным источником питания АС/DC, установленным на системной печатной плате

обойтись без вентиляторов благодаря охлаждению, осуществляемому через внешние теплоотводы (см. рис. 3) или металлический корпус системы.

## Новые модули AC/DC «два в одном» в формате brick

Современные достижения в технологии конструирования модулей питания позволили уменьшить размер двух корпусов в формате *brick* до малогабаритных силовых модулей формата *brick*, вмещающих два модуля в одном корпусе и предназначенных для установки на печатную плату.

Увеличение удельной мощности достигнуто за счёт применения в качестве материала магнитопровода трансформатора и дросселей специального пермаллоя. Новые материалы подложки печатной платы и современная технология намотки трансформатора способствуют уменьшению высоты компонентов и улучшению теплового режима. Кроме того, достижения в области интегральных и гибридных интегральных микросхем позволили улучшить электрические и тепловые параметры силовых изделий нового поколения.

Серия PFE силовых модулей AC/DC, объединяющих в одном корпусе формата *brick* два узла (корректор КМ и DC/DC-преобразователь), представляет новый тип источников питания. Модули могут использоваться в помещениях и наружном оборудовании, особенно там, где аппаратура должна функционировать при повышенных температурах окружающей среды.

Все модели серии PFE снабжены активным корректором КМ и способны работать от однофазной сети переменного тока при предельных откло-

нениях напряжения от 85 до 265 В (пределы изменения частоты сети 47...63 Гц, для серии PFE-S – 440 Гц). В таблице приведены основные выходные параметры преобразователей серии PFE. На рисунке 4 показан внешний вид модулей питания AC/DC серии PFE500F. Модули выполнены в стандартном корпусе с габаритами *full-brick*, что обеспечивает 50%-экономии площади платы по сравнению с традиционными решениями (см. рис. 5).

Модели PFE300S и PFE500S обеспечивают на выходе стабилизированные напряжения с номинальными значениями 12, 28 и 48 В, которые регулируются в пределах  $\pm 20\%$  от номинального напряжения. Модели с выходным напряжением 12 В обеспечивают мощность в нагрузке 396 Вт при максимальной температуре основания корпуса  $+85^\circ\text{C}$ , тогда как модели с выходными напряжениями 28 и 48 В обеспечивают мощность 504 Вт при температуре основания корпуса  $+100^\circ\text{C}$  (PFE500S). Нестабильность по напряжению и току не превышает 0,4%. Для применения в распределённых системах электропитания рекомендуются модули с выходным напряжением 12 В, поскольку они непосредственно могут обеспечивать питанием преобразователи POL. Применение комбинированного модуля AC/DC без необходимости использования промежуточной шины для многочисленных недорогих преобразователей POL обеспечивает значительное снижение себестоимости и повышение эффективности системы питания (см. рис. 6).

Модуль PFE700S с нестабилизированным выходным напряжением способен обеспечить мощность 714 Вт

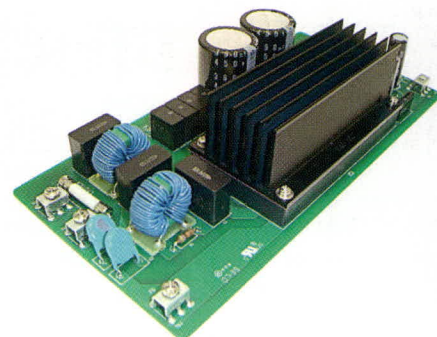


Рис. 3. Пример конструктивного оформления платы источника питания на основе модуля PFE500-S с внешним теплоотводом



Рис. 4. Внешний вид модулей преобразователей AC/DC серии PFE500F

при выходном напряжении 51 В и может применяться в качестве формирователя напряжения промежуточной шины для снабжения напряжением DC/DC-преобразователей со стабилизированным выходом в применениях, требующих различных значений выходных напряжений. Максимальная температура основания корпуса составляет  $+100^\circ\text{C}$ , выходная мощность снижается линейно до 85% от максимальной при температурах свыше  $+85^\circ\text{C}$ . Нестабильность модуля PFE700S по напряжению и току составляет 4 В.

Новые модели PFE500F, выполненные в несколько больших по размеру корпусах ( $70 \times 122 \times 12,7$  мм), дополняют хорошо зарекомендовавшие

### Преобразователи серии PFE300-1000

Модель	Номинальное выходное напряжение, В	Диапазон регулировки выходного напряжения, В	Максимальный ток нагрузки, А	Максимальная мощность в нагрузке, Вт	Нестабильность выходного напряжения, мВ	КПД, %
PFE300S-12	12	9,6...14,4	25	300	48	83
PFE500S-12	12	9,6...14,4	33	396	48	83
PFE500F-12	12	9,6...14,4	42	504	48	83
PFE1000F-12	12	9,6...14,4	60	720	48	82
PFE300S-28	28	22,4...33,6	10,8	302	56	85
PFE500S-28	28	22,4...33,6	18	504	56	86
PFE500F-28	28	22,4...33,6	18	504	56	86
PFE1000F-28	28	22,4...33,6	36	1008	56	86
PFE300S-48	48	38,4...57,6	6,3	302	96	86
PFE500S-48	48	38,4...57,6	10,5	504	96	86
PFE500F-48	48	38,4...57,6	10,5	504	96	86
PFE1000F-48	48	38,4...57,6	21	1008	96	86
PFE700S-48	51	Не регулируется	14	714	(50-57 В)	89

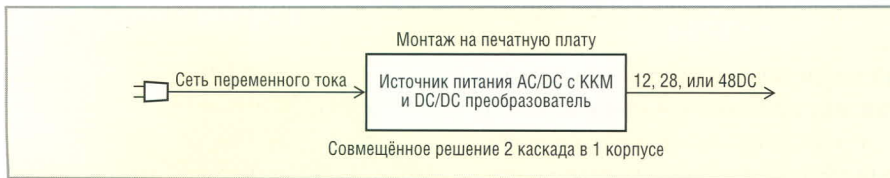


Рис. 5. Схема силового модуля AC/DC, объединяющего в одном корпусе формата brick каскад активного корректора КМ и основной DC/DC-преобразователь

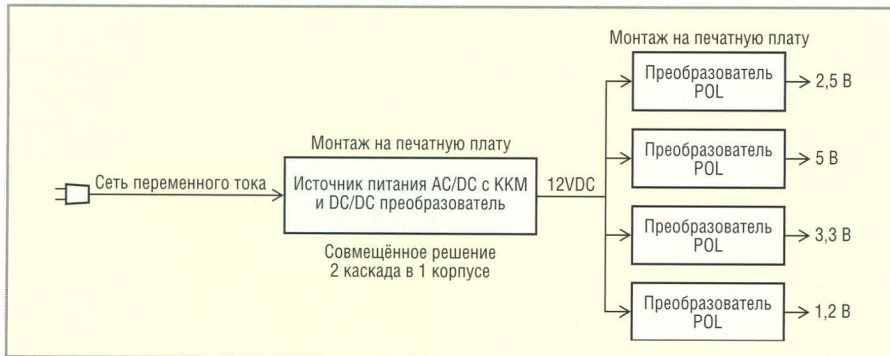


Рис. 6. Распределённая система электропитания с формированием напряжения 12 В для преобразователей POL с модулем AC/DC и встроенным корректором КМ

себя модули серии PFE новыми функциональными возможностями. Симметрирование выходного тока обеспечивает параллельную работу до шести модулей PFE500F, что позволяет увеличить выходную мощность системы. Сервисная функция дистанционного включения/выключения и сигнализация о статусе преобразователя (Inverter Operation Good – IOG) обеспечивают гибкость при формировании программно включения или отключения отдельных модулей системы электропитания и диагностике отказов системы питания. Предусмотрен также дополнительный выходной канал 12 В (20 мА) для питания внешних схем. Эта серия модулей, предназначенных для монтажа на печатную плату, существенно увеличивает гибкость систем питания также и за счёт специальных заказных комплектов, которые может предложить компания TDK-Lambda.



Рис. 7. Герметизированные модули питания серии PFE1000F: больше функциональных возможностей в одном корпусе формата brick

Модели PFE500F обеспечивают стабилизированные выходные напряжения с номинальными значениями 12, 28 и 48 В ( $\pm 20\%$ ). Модуль с 12-В выходом PFE500F-12 обеспечивает мощность в нагрузке до 504 Вт при максимальной температуре основания корпуса  $+85^\circ\text{C}$ , тогда как приборы с выходными напряжениями 28 и 48 В обеспечивают такую мощность при температуре  $+100^\circ\text{C}$ . Нестабильность по напряжению и току составляет 0,4%, а значение КПД превышает 83% для всех моделей (при входном напряжении 230 В).

Во многих областях применения увеличился спрос на источники питания с выходной мощностью 1000 Вт. Реагируя на запросы рынка, компания TDK-Lambda начала выпуск источников питания AC/DC с указанной выходной мощностью.

Одноканальные модули питания серии PFE1000F обеспечивают стабилизированное выходное напряжение с номинальными значениями 12, 28 или 48 В ( $\pm 20\%$ ). Модули серии PFE1000F способны работать при температуре основания корпуса  $-40...100^\circ\text{C}$ . Значения КПД составляют 82...86% в зависимости от выходного напряжения.

Гальваническая развязка первичных цепей от вторичных цепей и корпуса составляет 3 и 2,5 кВ соответственно (действующее значение). Модули оснащены комплексной защитой от перенапряжения, перегрузки по току и перегрева.

Габариты корпуса модуля PFE1000F составляют  $100 \times 13,5 \times 160$  мм, отвод тепла осуществляется через печатную плату или с помощью внешних теплоотводов. Эти уникальные модули обеспечивают удобное решение для монтажа AC/DC-преобразователя на печатную плату с выходной мощностью до 1008 Вт для самых разнообразных применений.

На рисунке 7 показан внешний вид модулей питания серии PFE1000F с выходными напряжениями 12, 28 и 48 В. Более подробно с особенностями эксплуатации модулей питания серии PFE можно ознакомиться на интернет-странице [www.denseilambda.com](http://www.denseilambda.com) [5, 6].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В девятом издании отчёта AC-DC Power Supplies: Economic Factors, Applications Drivers, Architecture/Packaging Trends, Regulatory and Technology Developments, подготовленного аналитической компанией Darnell Group ([www.darnell.com](http://www.darnell.com)), отмечается изменение парадигмы на мировом рынке источников питания AC/DC. По результатам этих исследований, через несколько лет источники питания AC/DC будут отличаться ускоренным ростом по сравнению с модулями DC/DC-преобразователей для монтажа на печатную плату. В своё время производители силовых преобразователей обратили внимание на модули преобразователей DC/DC из-за высоких темпов роста, но в результате влияния новых факторов источники питания AC/DC теперь имеют более благоприятные перспективы по сравнению с модулями преобразователей DC/DC.

Ожидается, что к 2013 г. годовые темпы роста источников питания AC/DC составят около 6% по сравнению с годовыми темпами роста 5,5% для устанавливаемых на плату DC/DC-преобразователей. Такое различие может показаться небольшим, но ещё в 2007 г. годовой рост источников питания AC/DC составлял 6%, а темпы роста модулей преобразователей DC/DC достигали 8,6%. За последние 15 лет объём продаж модулей преобразователей DC/DC увеличивается быстрее, чем объём продаж источников питания AC/DC для встраиваемых применений.

Технологические и архитектурные решения смещаются к одноканаль-

ным и входным (front-end) источникам питания, формирующим напряжение промежуточной шины системы электропитания. Это обусловлено сложностью применяемого электронного оборудования, которое использует растущее число каналов напряжений, что делает многоканальные источники питания непрактичными. Появление систем освещения на светодиодах является ещё одним стимулом развития рынка одноканальных источников питания.

Цифровое управление преобразованием напряжения и мониторинг определённых функций с помощью микроконтроллеров внедряются в источники питания AC/DC в последние несколько лет [7, 8]. Архитектуры с цифровым управлением для преобразования напряжения и управления электропитанием [9] утвердились в качестве основы современных технологий.

Рынок источников питания AC/DC находится под сильным влиянием ряда технологических и регулирующих факторов, которые варьируются в разных приложениях и включают как благоприятные возможности, так и

риски. Назовём основные из них: растущая потребность в коррекции коэффициента мощности, связанная с увеличением средней мощности приложений [10]; дальнейшее развитие питания через Ethernet (Power over Ethernet – PoE) [11]; развитие модульных систем ATCA (Advanced Telecom Computing Architecture) [12]; возрастающая эффективность источников питания, обусловленная как регулирующими законами (стандартами), так и экономическими реалиями.

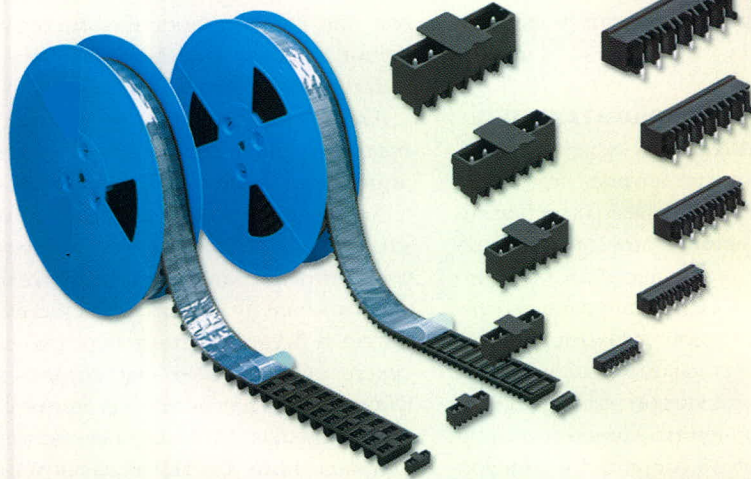
#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Жданкин В.К.* Преобразователи напряжения для современных высокопроизводительных цифровых систем. Современные технологии автоматизации. 2002. № 4. С. 40–50.
2. *Чанов Л.* Микросхемы силовой электроники в распределённых системах электропитания. Электронные компоненты. 2006. № 6. С. 45–48.
3. *Brondi D.* How to get a green design for point-of-load power conversion. Electronics Weekly. 2008. No. 2359. PP. 24–27.
4. *Лукин А.В.* Распределённые системы электропитания. Электронные компоненты. 1997. № 7; 1998. №№ 2, 3.
5. PFE500F-PFE1000F SERIES Instruction Manual. DWG. No.: C250-04-11A. Densel-Lambda, September 2008.
6. PFE500F/EB Instruction Manual and Electrical Characteristics. PFE500F Series Evaluation Board. Densel-Lambda, 2008.
7. Микроконтроллеры и управление импульсными источниками питания. Внедрение полностью цифрового контура управления. Chip News. 2007. № 7.
8. *Жданкин В.К.* Цифровое управление преобразованием напряжения – это уже реальность. Силовая электроника, 2009. № 1.
9. *Дювинейдж Ф.* Использование микроконтроллеров для обеспечения экономически эффективного управления большими компьютерными системами. Электронные компоненты. 2007. № 9.
10. *Brush L.* Power Factor Correction Market Driven by Regulations. Bodo's POWER SYSTEMS. September 2006.
11. *Смит Э.* Широкие возможности Power over Ethernet. Силовая электроника. 2008. № 1.
12. *Виноградов В.И.* Модульные компактные HPC-системы и серверы ATCA для телекоммуникаций и промышленности. Часть 2. Современные технологии автоматизации. 2009. № 1.



## Клеммы и соединители для печатных плат

**WAGO**<sup>®</sup>  
INNOVATIVE CONNECTIONS



К монтажу  
**ГОТОВЫ!**

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ WAGO В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ

**PROSOFT**<sup>®</sup>

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

Реклама

# Сенсорные бесконтактные переключатели компании Mentor

Александр Балакирев (Москва)

Компания Mentor предложила для замены стандартных кнопочных переключателей своё инновационное решение – сенсорные переключатели. Благодаря бесконтактному принципу работы, эти переключатели можно использовать в жёстких климатических условиях.

В настоящее время к технологическому оборудованию предъявляют всё более высокие требования: способность функционировать в жёстких климатических условиях, расширенный температурный диапазон, повышенные надёжность и долговечность. Поэтому производители для сохранения конкурентоспособности посто-

янно стремятся к модернизации оборудования за счёт новых технологий и компонентов.

Одним из наиболее уязвимых мест оборудования считаются панели управления. Чувствительность к воздействию внешних факторов, таких как температура, загрязнения и влага, а также износ материала приводят к выходу из строя элементов ввода информации – механических переключателей, – вызывая их ошибочное срабатывание и механическое повреждение. Как следствие, появляются сбои в работе и поломки оборудования. Поэтому производители вынуждены оснащать механические элементы ввода информации дополнительными средствами защиты, что ведёт к повышению стоимости изделий.

Компания Mentor предложила своё инновационное решение: замену стандартных кнопочных переключателей на сенсорные бесконтактные переключатели. Была разработана линейка бесконтактных переключателей, работающих на двух различных принципах: ёмкостном и оптическом.

## ЁМКОСТНЫЕ БЕСКОНТАКТНЫЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

Первый представитель семейства ёмкостных бесконтактных переключателей компании Mentor представляет собой небольшой блок размером  $10 \times 28 \times 10,4$  мм, предназначенный для SMT-монтажа (см. рис. 1) (это позволяет сэкономить на размерах конечного устройства и даёт возможность включить элемент в линию автоматической сборки). На лицевой панели переключателя создаётся локализованное электрическое поле, которое изменяется по мере приближения объекта. Изменение поля регистрируется; если оно соответствует

заложенному диапазону, то происходит переключение. Такое ограничение необходимо для предотвращения несанкционированного срабатывания.

Поскольку механическое нажатие не требуется, можно разместить переключатель внутри корпуса или под пластиковыми, стеклянными или керамическими панелями. Таким образом удаётся придать различным изделиям новые свойства, например, вандалоустойчивость, которая требуется оборудованию, расположенному в общественных местах: автоматам самообслуживания, пультам управления в лифтах, информационным терминалам на железнодорожных вокзалах, в торговых центрах и т.п.

Ещё одним достоинством ёмкостного бесконтактного переключателя является возможность адаптации закона переключения к окружающей среде, что необходимо для оборудования, функционирующего в нестабильных климатических условиях.

Ёмкостные бесконтактные переключатели компании Mentor позволяют оптимизировать режим работы под различные технические решения. Переключатель имеет пять контактов, при помощи которых, используя различные типы включения, можно реализовать несколько режимов работы (см. рис. 2). Также доступны модификации с высоким и низким уровнем чувствительности (см. рис. 3).

Для визуализации режима работы у некоторых моделей переключателей лицевая панель оснащена светодиодами зелёного и красного свечения, что позволяет определить, в каком состоянии находится переключатель.

К настоящему моменту линейка ёмкостных бесконтактных переключателей существенно расширилась. Стандартный ряд приборов, предназначенных для SMT-монтажа, дополнен моделями для монтажа на приборную панель (крепление под винт) и со степенью защиты IP68 (см. рис. 4). Рассмотрим их более подробно.

Переключатели работают на том же физическом принципе, но добавлены

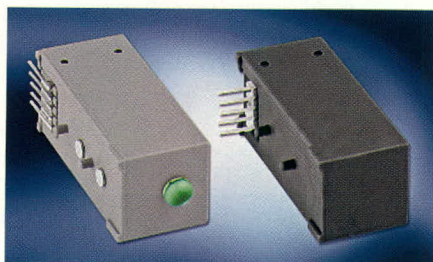


Рис. 1. Общий вид ёмкостных бесконтактных переключателей

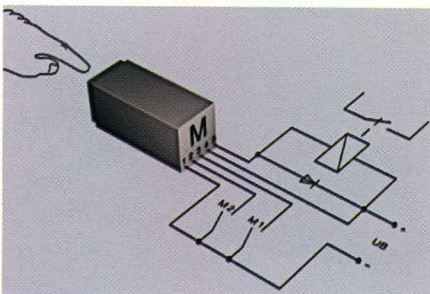


Рис. 2. Схема подключения ёмкостного бесконтактного переключателя

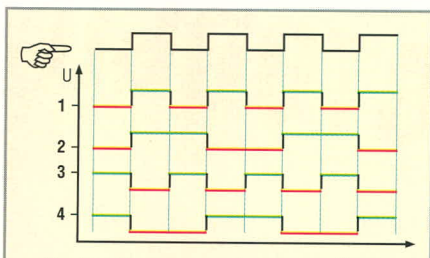
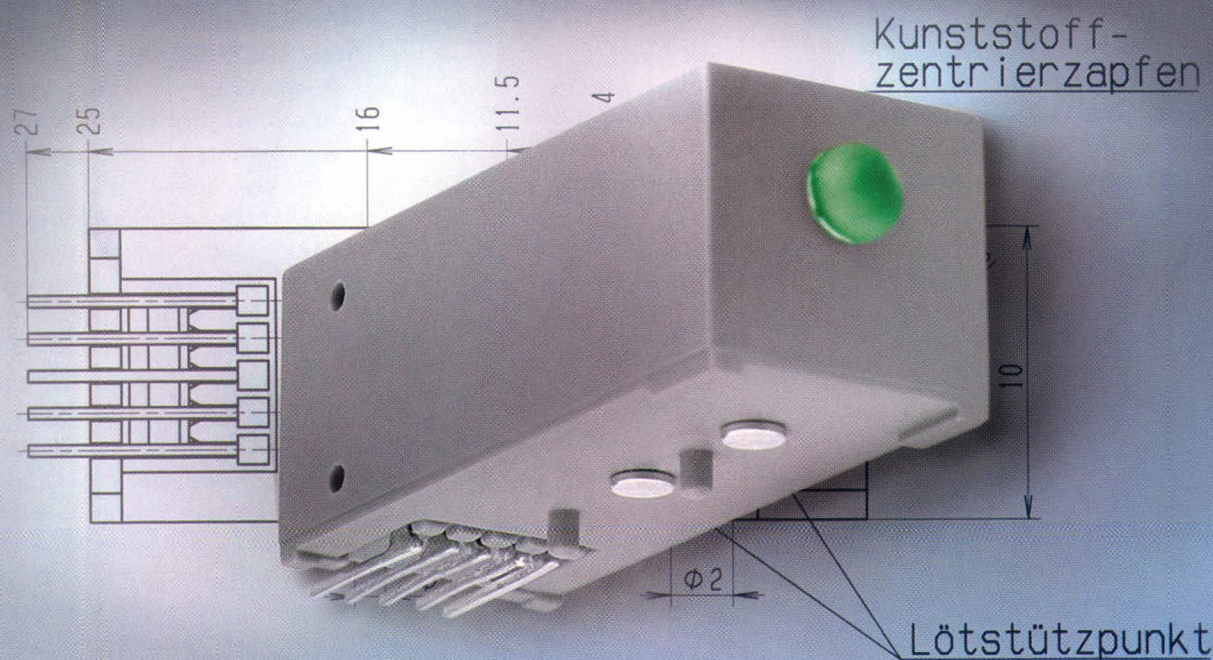


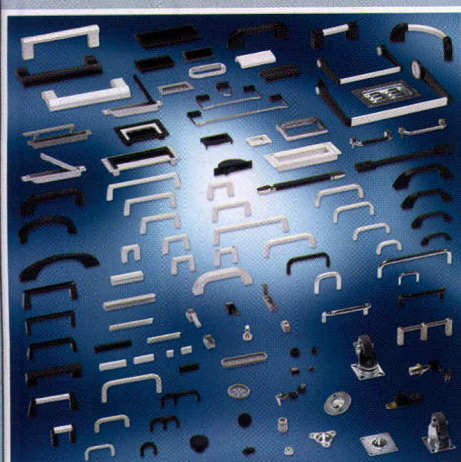
Рис. 3. Диаграмма состояния ёмкостного бесконтактного переключателя

1, 2 – режимы кнопки и переключателя соответственно, высокая чувствительность;  
3, 4 – режимы кнопки и переключателя, низкая чувствительность

# Сенсорные бесконтактные переключатели



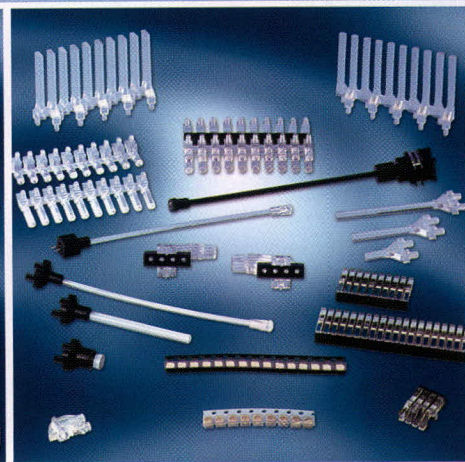
- Принцип бесконтактного переключения (емкостной или оптический принцип)
- Возможность регулировки чувствительности
- Возможность поставки во влагозащищенном исполнении
- Температурный диапазон от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$
- Пригодны для автоматической сборки
- Малые размеры (10x10x25 мм)
- Возможность монтажа внутри корпуса изделия позволяет делать выбор любого дизайна изделия и обеспечивает защиту от вандализма



Приборные ручки



Регулировочные ручки



Светопроводники и системы на их основе

ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ MENTOR В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ

## PROSOFT®

Тел.: (495) 232-25-22 · E-mail: info@prochip.ru · Web: www.prochip.ru

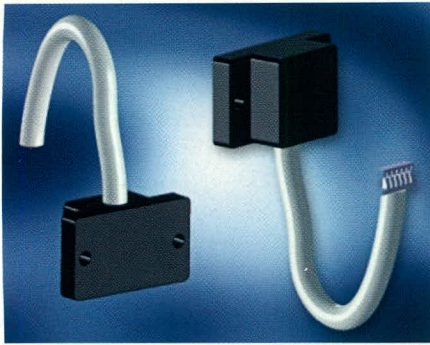


Рис. 4. Общий вид емкостного бесконтактного переключателя для применения вне закрытых помещений

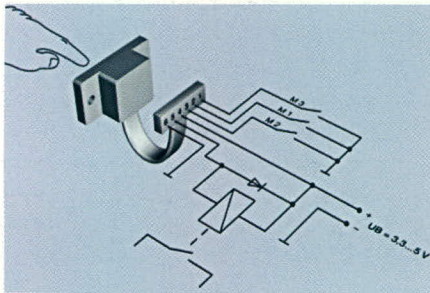


Рис. 5. Схема подключения емкостного бесконтактного переключателя для применения вне закрытых помещений

новые функции. Подключение к схеме управления осуществляется через интерфейсный кабель, на котором может быть предустановлен стандартный шестиконтактный разъем. Реализована дополнительная возможность сброса интегральной схемы путем прерывания контакта: если прибор используется как переключатель, то сброс происходит через 10 с; если в качестве кнопки, то возможно осуществить сброс через 10 или 60 с, что полезно в жестких условиях эксплуатации. Пример подключения показан на рисунке 5.

### ОПТИЧЕСКИЕ БЕСКОНТАКТНЫЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

В дополнение к уже существующим сенсорным бесконтактным переключателям,

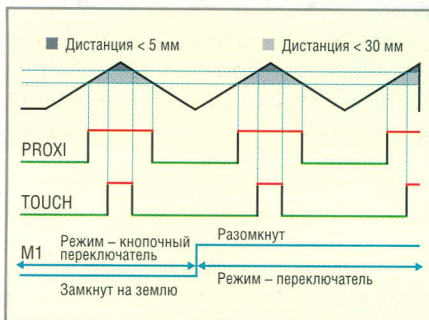


Рис. 8. Диаграмма состояния оптического бесконтактного переключателя в различных режимах



Рис. 6. Общий вид оптического бесконтактного переключателя

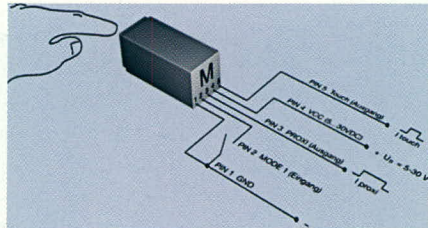


Рис. 7. Схема подключения оптического бесконтактного переключателя

работавшим на емкостном принципе работы, компания Mentor предложила новую линейку изделий, реализованных на оптическом принципе (см. рис. 6).

Принцип работы оптического переключателя основан на регистрации отраженного света. Минимизация влияния окружающего освещения обеспечивается внутренней компенсацией, при этом эффективность работы не зависит от изменения состояния поверхности регистрируемого объекта (загрязнения, царапины, сколы). На лицевой панели сенсорного бесконтактного переключателя расположен источник света инфракрасного диапазона, поток которого изменяется в зависимости от расстояния до объекта. Отраженный свет фиксируется при помощи датчика, установленного рядом с источником. Переключатель оснащен двумя активными выходами: проxi (промежуточный) и touch (касание). Схема подключения показана на рисунке 7.

Приближение объекта на расстояние 30 мм вызывает замыкание выхода проxi; на дистанции около 5 мм замыкается выход touch. Оба выхода позволяют управлять нагрузкой с максимальным током до 100 мА. Можно задействовать сразу два выхода: если M1 открыть, выход touch используется в режиме переключателя, если M1 замкнут на землю, то выход touch работает в

режиме кнопочного переключателя (см. рис. 8).

Для визуализации работы передняя панель прибора может быть оснащена светодиодами красного и зеленого свечения.

### ПРИМЕНЕНИЕ БЕСКОНТАКТНЫХ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЕЙ

В промышленных приложениях надежность элементов ввода информации играет важную роль, поэтому сенсорные бесконтактные переключатели являются оптимальным решением для компьютерных систем или панелей управления оборудованием в полевых условиях. В некоторых системах управления технологическими процессами, например, на химических заводах и в горнодобывающих шахтах, оператор не может контактно осуществить ввод нужной информации, поскольку находится в защитной одежде. Перчатки или рукавицы не только мешают осуществлять точное нажатие, но и переносят грязь, масло и агрессивные компоненты, которые могут вывести из строя панель управления.

Широкое применение сенсорных бесконтактных переключателей в промышленности обусловлено их влагозащищенностью и износостойкостью, функционированием при больших перепадах температуры, способностью к переключению с высокой частотой.

На основе бесконтактных переключателей реализованы приборы контроля и учета на линиях конвейерной сборки и упаковки. Сенсорные бесконтактные переключатели также нашли применение в измерительной технике и средствах контроля и безопасности автотранспортных средств, например, в системах для парковок, фиксирующих проезд автомобилей, датчиках положения дверей в общественном транспорте, турникетах метро и т.п. Благодаря способности работать через окна в корпусе, бесконтактные переключатели используются для измерения уровня заполнения емкостей и скорости перемещения объектов.

В операционных и стоматологических кабинетах стандартные клавиатуры могут выходить из строя из-за попадания влаги, биологических и стерилизующих жидкостей. Здесь бесконтактный принцип управления

оборудованием позволяет соблюсти санитарные и гигиенические требования и повысить надёжность работы аппаратуры.

Сенсорные переключатели нашли широкое применение не только в промышленности, но и в быту. С их помощью реализуют скрытые вы-

ключатели освещения, системы безопасности и контроля доступа.

Благодаря широкому спектру возможностей, которые позволяет реализовать сенсорный бесконтактный переключатель, и большому выбору конфигураций, возможно подобрать именно тот прибор, который являет-

ся оптимальным для решения конкретной задачи.

## ЛИТЕРАТУРА

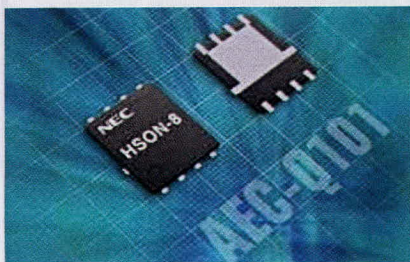
1. Grabel E.-M. Smooth, without compromise (Elektronik-Industrie, November 2004).
2. Sensor Switch Components. Version 1. MENTOR.



## Новости мира News of the World Новости мира

### Корпус HSON-8 для мощных МОП-транзисторов

Фирма NEC Electronics Europe объявила о варианте корпуса HSON-8 для своих МОП-транзисторов для приложений автомобильной отрасли. Корпус HSON-8 размером  $6,0 \times 5,2 \times 1,45$  мм имеет ту же базовую поверхность, что и корпус SOP-8. За счёт этого наполовину сокращается монтажная поверхность по сравнению с DPAK (TO-252) при сохранении хороших термических и электрических свойств DPAK.



Максимально допустимая токовая нагрузка корпуса составляет 75 А, и может достигаться  $RDS(on) = 5,1$  мОм для N-канальных элементов с  $VDSS = 40$  В (NP75N04\*UG) и 6,2 мОм для P-канальных элементов (NP75P03\*DG) с  $VDSS = -30$  В. N- и P-канальные мощные МОП-транзисторы с напряжением пробоя  $-30$ , 40 и 60 В находятся в стадии разработки. Новые элементы квалифицированы по AEC-Q101, поддерживают температуру канала до  $175^\circ\text{C}$  и выполняют требования RoHS. Корпус HSON-8 предусмотрен для приложений автомобильной отрасли, таких как системы ABS и инжекторные системы.

[www.necel.com](http://www.necel.com)

### 19-дюймовый вставной блок

19" вставные блоки – это механические элементы, служащие для крепления одной или нескольких печатных плат. Вставленные в блок печатные платы образуют одну закрытую электронную функциональную единицу большего размера.

Компания Schroff пополнила свою стандартную линейку 19-дюймовых вставных блоков новым экономичным семейством, которое, наряду с оптимизированным воздухообменом (до 65%), отличается более

высокой прочностью, улучшенным электромагнитным экранированием и возможностью значительно более быстрого и недорогого монтажа. Боковая панель из алюминиевого профиля нового вставного блока PRO значительно уже, чем у предыдущей версии. Это позволило сэкономить материал и одновременно обеспечить больше места для вертикального потока воздуха. Кроме того, благодаря более узкому профилю удалось получить пространство шириной 1 HP для регулярного использования второго слота (слот 2).

Таким образом, общее внутреннее пространство вставного блока PRO можно использовать для установки плат расширения с шагом 1 HP. Установленные печатные платы по глубине автоматически фиксируются задней панелью. Верхняя и нижняя панели вставного блока PRO доступны в трёх исполнениях: стандартная перфорированная панель, сплошная или со специальной перфорацией панель, на которой можно методом фиксации крепить направляющие для печатных плат с шагом 1 HP. Простая перфорированная панель и сплошное исполнение наиболее экономичны, но они позволяют устанавливать только одну печатную плату (слот 1), чего, в зависимости от приложения, зачастую бывает достаточно.

Верхняя и нижняя панели вставного блока PRO больше не скрепляются с боковыми профилями винтами, а вставляются в пазы, что значительно упрощает монтаж. Благодаря тому что задняя стенка, верхняя и нижняя панели выполнены из листовой стали толщиной 1,5 мм, обеспечивается необходимая прочность и более широких вставных блоков. Задняя панель имеет плоское исполнение, что значительно облегчает её обработку. Она также доступна в трёх вариантах: сплошная, для соединителя стандарта DIN EN 41612 и для нескольких соединителей стандарта DIN. Экранированные передние панели новых вставных блоков PRO имеют U-образную форму и оснащены экранирующими тканевыми уплотнителями. U-образная форма передней панели также повышает прочность вставного блока.

При необходимости можно установить дополнительные экранирующие элементы. Для этого в глубине бокового профиля имеется дополнительный паз, в который можно запрессовать экранирующий круглый по диаметру шнур. Стык верхней и задней панелей превращается в проводящее соединение за счёт навешиваемых сверху на верхнюю панель (снизу – на нижнюю) литых элементов, которые затем крепятся винтами к задней панели. Они улучшают электромагнитное экранирование и обеспечивают дополнительную прочность в горизонтальном направлении. Другой плюс монтажа новых вставных блоков PRO – использование винтов Torx вместо винтов с крестообразным шлицем.

Винты со звездообразным шлицем больше подходят для механического свинчивания, т.к. выдерживают большее усилие и лучше позиционируются. Новые вставные блоки PRO поставляются в виде комплектов или отдельными деталями высотой 3 и 6 U и шириной до 42 HP. Новый принцип конструкции впервые позволяет создавать версии шириной 5 HP.

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

### Светодиоды поверхностного монтажа мощностью 1 Вт

Компания Avago предлагает светодиоды для полупроводниковых систем освещения. Светодиоды ASMT-Jx1x мощностью 1 Вт в корпусе SOP имеют размеры



$5 \times 4 \times 1,85$  мм и работают с током 350 мА. Угол излучения светодиодов составляет  $165^\circ$ . При световом потоке 87 лм при 350 мА допускается температура запорного слоя  $150^\circ\text{C}$ . Стойкость к электростатическим разрядам составляет 16 кВ.

<http://www.avagotech.com>

# Современные микроконтроллеры и речь

Олег Вальпа (Челябинская обл.)

Описывается простое устройство на базе АРМ-микроконтроллера и методика его программирования, которая позволяет озвучивать режимы работы и события.

## ВВЕДЕНИЕ

Современные микроконтроллеры (МК) имеют в своём составе, кроме основных функциональных блоков (порты, таймеры, АЦП, ЦАП и пр.), достаточно большой объём постоянной памяти программ, составляющий десятки и даже сотни килобайт. Причём размер этой памяти постоянно увеличивается с созданием новых моделей микроконтроллеров, что позволяет создавать для них программы нового качества, обогащённые дополнительными сервисами. Например, озвучивать человеческим голосом режим работы, событие, аварийные ситуации и действия оператора.

Конечно, подобные программы можно было создавать и раньше, но для этого требовались дополнительные компоненты и соединения. Это приводило к усложнению и удо-

рожанию устройства. Современные микроконтроллеры уже содержат всё необходимое для решения подобной задачи и не требуют дополнительных компонентов. Поэтому внедрение дополнительного сервиса не приводит к повышению стоимости устройства.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Требуется разработать устройство, способное озвучивать режимы работы и некоторые события, связанные с действиями оператора. Например, при включении сообщить о готовности к работе «Устройство готово!»; при нажатии цифровых кнопок озвучивать их названия: «Один», «Два» и т.д.

Предполагается использовать популярный АРМ-микроконтроллер LPC2148 фирмы NXP (Philips). Данный микроконтроллер содержит

всё необходимое для решения данной задачи: встроенный 10-разрядный ЦАП, достаточный объём памяти программ (512 Кб), два порта UART, порты ввода-вывода, таймеры с широтно-импульсными модуляторами, два интерфейса I<sup>2</sup>C, интерфейс SPI и SSP, 14-канальный 10-разрядный АЦП и порт USB. Такой богатый арсенал позволяет создавать на основе МК множество самых разнообразных устройств при весьма скромной стоимости.

## РЕАЛИЗАЦИЯ

Поскольку для реализации устройства требуется лишь записать программу в микроконтроллер и вывести звуковой сигнал на внешний усилитель, схема устройства получается простой (см. рис. 1). На ней показано подключение только тех элементов, которые обеспечивают функционирование микроконтроллера и решение поставленной задачи. Остальные выводы микроконтроллера могут использоваться для других целей.

Чтобы микроконтроллер начал работать, к нему необходимо под-

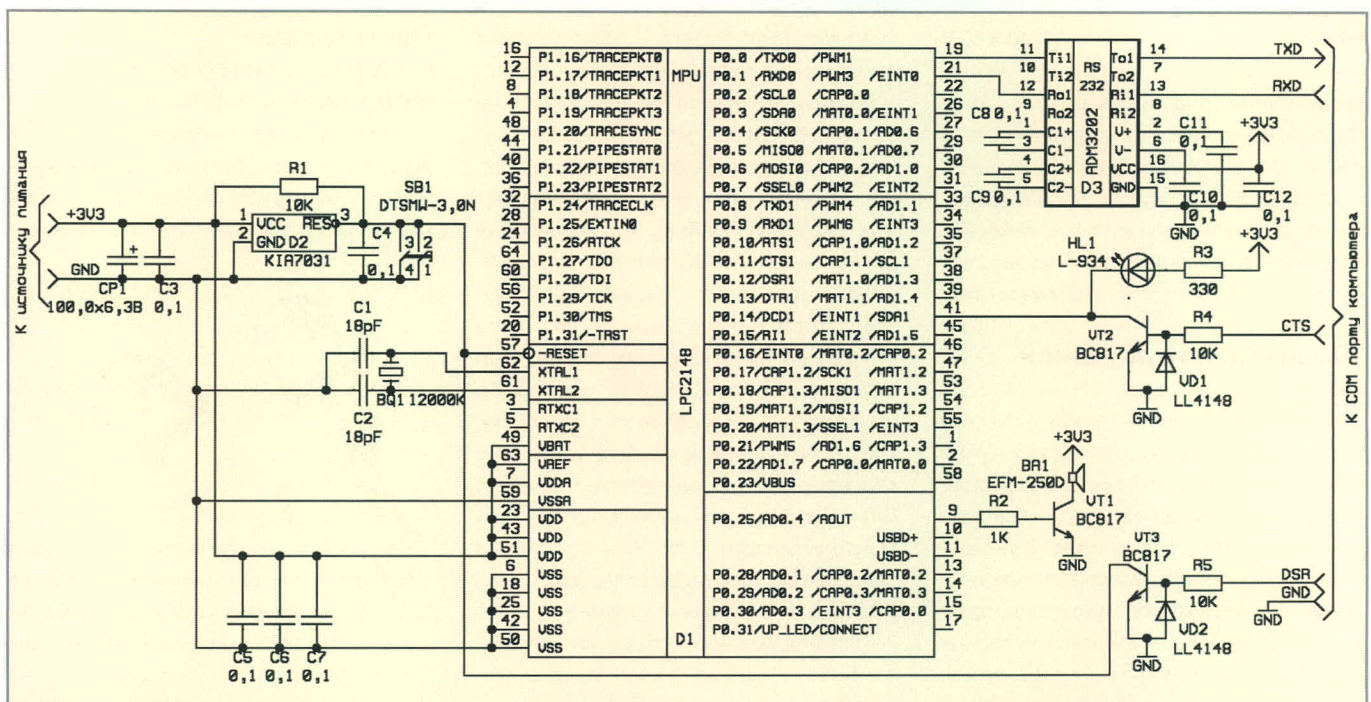


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема

ключить кварцевый резонатор, цепи сброса и питание. Оператор может воздействовать на микроконтроллер при помощи органов управления. Это могут быть обыкновенные кнопки или порт связи с компьютером. Для программирования ARM-микроконтроллера необходимо организовать канал связи с компьютером через последовательный порт. Этот порт будет посылать в контроллер коды клавиш, нажимаемых на клавиатуре компьютера. Через этот же порт можно принимать информацию от микроконтроллера и отображать её на экране монитора. Все указанные компоненты присутствуют на приведённой схеме устройства.

### СРЕДА РАЗРАБОТКИ

Необходимо создать тестовую программу для нашего устройства и запрограммировать микроконтроллер. После этого он будет воспроизводить звуки и фразы под воздействием команд.

Для создания программы воспользуемся пакетом *Keil uVision 3* для ARM. Эта среда разработки свободно распространяется производителем. Бесплатные версии позволяют создавать программы с 30-дневным ограничением и без ограничения по сроку использования, но с ограничением размера кода несколькими десятками килобайт. Оба варианта подходят для решения поставленной задачи. Загрузить пакет можно с интернет-страницы разработчиков [1].

После установки пакета, в каталоге, где он разместится, будет создана папка с примерами готовых программ. Запустите среду разработки и откройте в ней проект с самой простой программой, которая позволяет выводить на экран монитора сообщение «Hello world». Окно с внешним видом среды разработки и кодом указанной программы показано на рисунке 2.

Пример написан на языке программирования Си и начинается со строк, описывающих подключения стандартной библиотеки ввода-вывода *stdio.h* и заголовочного файла описания внутренних регистров ARM-микроконтроллера серии LCP21xx. Далее следует главный модуль программы *main*, который включает в себя настройку порта

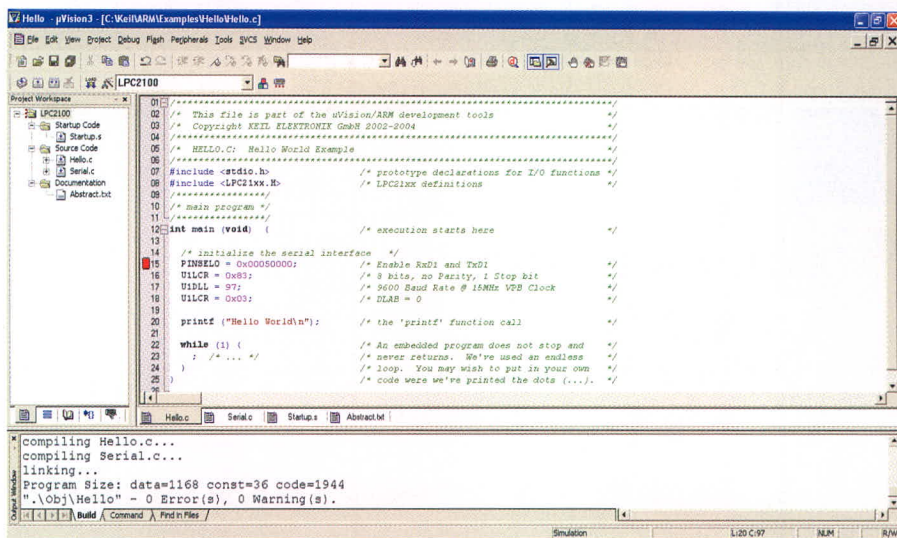




Рис. 2. Окно среды разработки с кодом программы

ввода-вывода Port0 и инициализацию встроенного приёмопередатчика UART1 с установкой его скорости и формата данных.


Команда вывода строки *printf* обеспечивает вывод информации в порт UART1 благодаря наличию программного модуля *Serial.c*. Содержимое этого модуля можно просмотреть в среде разработки, щёлкнув дважды левой кнопкой мыши по названию модуля в левом окне среды. Данный модуль содержит функции стандартного ввода-вывода *getchar* и *putchar*, используемые поточными функциями ввода-вывода *scanf* и *printf* для переназначения файлового ввода-вывода на устройство UART1. Кроме этих файлов проект программы содержит файл *Startup.s*, предназначенный для инициализации МК, который присутствует в среде разработки в готовом виде и не требует редактирования.


Компиляция программы выполняется любым из трёх способов: через главное меню *Project → Build Target*, с помощью кнопки  на панели инструментов или нажатием клавиши F7.

Запуск программы в отладочном режиме выполняется также любым из трёх способов: через главное меню *Debug-Start/Stop Debug Session → Build Target*, с помощью кнопки  на панели инструментов или нажатием клавиш Ctrl+F5.

В этом режиме можно выполнять программу полностью или по шагам, а также просматривать содержимое переменных программы, памяти и регистров МК. Кроме того, в отладочном режиме можно контро-

лировать состояние всех портов ввода-вывода, таймеров, АЦП и ЦАП и пр. через закладку *Peripherals* в главном меню.

Среда отладки позволяет эмулировать последовательный порт компьютера. Открыть окно с эмулятором можно через главное меню *View → Serial Window #1* или с помощью программной кнопки  на панели инструментов. В окне эмулятора последовательного порта компьютера будет отображаться информация, выводимая в программе через порт с номером, меньшим на единицу, т.е. через UART0. Поскольку в рассматриваемой программе функции ввода-вывода *getchar* и *putchar* перенаправлены в программном модуле *Serial.c* на порт UART1 микроконтроллера, необходимо открыть окно для симулятора этого порта с помощью главного меню *View → Serial Window #2*. В этом окне будет выводиться информация с помощью оператора *printf*, а вводимые с клавиатуры символы будут передаваться в программу через порт UART1. В частности, сообщение программы «Hello world» будет отображено именно в этом окне. Таким образом, можно отлаживать программу для МК без наличия самого устройства.

Ещё одним полезным инструментом среды разработки *Keil* является логический анализатор сигналов. Его окно открывается в отладочном режиме через главное меню *View → Logic Analyzer Window* или с помощью кнопки  на панели инструментов. Анализатор позволяет наблюдать состояния любых вы-

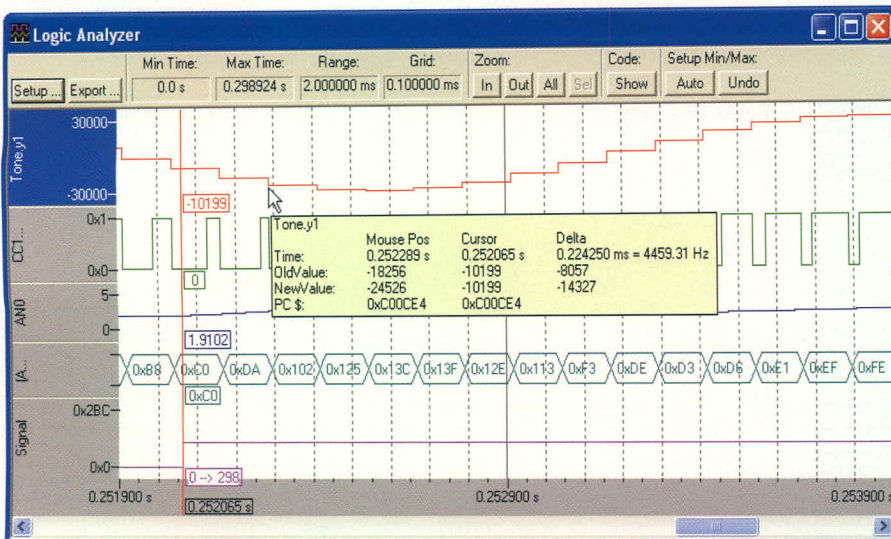


Рис. 3. Окно программы логического анализатора

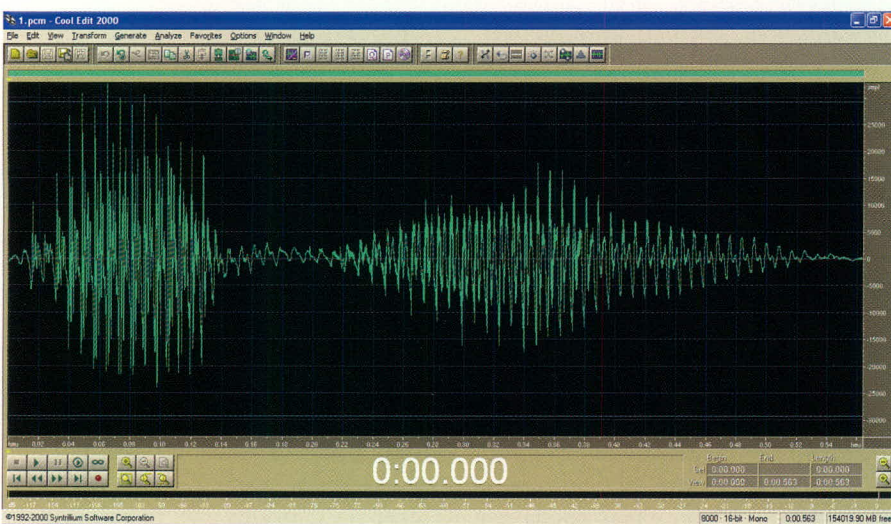


Рис. 4. Осциллограмма сигнала звуковой фразы в окне звукового редактора

водов МК в процессе выполнения программы. При этом сигналы будут отображаться в графическом виде, как на дисплее запоминающего осциллографа (см. рис. 3).

В программе можно устанавливать и убирать точки останова с помощью кнопки F9. Пошаговое выполнение программы можно осуществлять с помощью кнопок F10 и F11.

Среда разработки Keil предоставляет и другие возможности для отладки программного обеспечения, в числе которых – программная эмуляция внешних устройств и воздействий на входы микроконтроллера. Среда разработки имеет развитую справочную систему, которая содержит описания самой среды и примеров программ.

### ПРОГРАММА

Проект программы состоит из нескольких файлов, которые со-

держат главный модуль, функции для последовательного порта UART0 и ЦАП, а также обработчик прерывания для таймера. Файлы проекта можно скачать с интернет-страницы журнала «Современная электроника» ([www.soel.ru](http://www.soel.ru)). Алгоритм программы представляет собой программный автомат, который циклически опрашивает последовательный порт UART0 и, в зависимости от полученного кода символа, выполняет процедуру его озвучивания.

В программе предусмотрена функция генерации звука произвольной высоты, с заданной длительностью и числом повторов. Эта функция вызывается при получении из порта UART1 кода символа «s». С её помощью можно формировать звуки различных музыкальных нот и создать устройство, выполняющее функции программного генератора низкой частоты. Текст кода

главного модуля *main.c* программы приведён в листинге 1 в дополнительных материалах к статье на интернет-странице журнала «Современная электроника».

При формировании звуковых сообщений используются данные из программного модуля *sound.c*, который содержит массивы слов с цифровыми выборками заранее подготовленных звуковых фраз. Для создания таких массивов данных необходимо воспользоваться любой подходящей программой для записи звука через микрофон и последующего его редактирования, например звуковым редактором Cool Edit 2000 (Adobe Audition). Окно этой программы с осциллограммой звуковой фразы показано на рисунке 4.


Звуковой редактор позволяет открыть любой звуковой файл в формате wav, mp3 или др. и преобразовать его в необходимый формат. Каждая из фраз нормируется по амплитуде и сохраняется в отдельном файле в формате PCM 16 бит/8 кГц. После этого файлы объединяются в один программный модуль *sound.c*. Во время компиляции этот файл вместе с другими программными модулями будет обработан, и данные, находящиеся в нём, будут перенесены в HEX-файл для занесения в память программ микроконтроллера.

Обработка файлов с массивом звуковых данных заключается в приведении значений этих данных к формату 10-разрядного ЦАП микроконтроллера, который преобразует входной код в диапазоне от 0 до 0x3FF в выходной аналоговый сигнал 0...3,3 В. Для автоматизации этой операции автором была написана специальная программа *pcmtoc.c*, которая преобразует 16-разрядные слова, имеющие положительные и отрицательные значения, в 10-разрядные однополярные. Эта программа представляет собой консольное приложение и выполняется из командной строки с одним входным параметром, в качестве которого используется имя файла со звуковыми данными.

В результате работы программа *pcmtoc.c* формирует выходной файл *sound.c*. В этом файле все данные, подготовленные для ЦАП, записаны в виде массива, представленного в формате языка Си. Если для работы

устройства требуется несколько отдельных фраз, то для каждой фразы выполняется процедура, описанная выше, после чего все записи из файлов *sound.c* переносятся в один файл *sound.c* и упорядочиваются индексы массивов данных для каждой фразы. Затем отредактированный файл *sound.c* подключается к проекту программы.

### ПРОГРАММИРОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

После сборки всего проекта, его компиляции и отладки, можно осуществить программирование микроконтроллера. Загрузка флэш-памяти программ АРМ-микроконтроллера также осуществляется из среды разработки *Keil* с помощью свободно распространяемой программы *LPC210x\_ISP.exe* от компании NXP. Для запуска этой программы необходимо нажать программную кнопку . Внешний вид окна программы для прошивки HEX-файла во флэш-память программ МК показан на рисунке 5.

После прошивки микроконтроллера устройство может быть подключено непосредственно к СОМ-порту компьютера, и можно проконтролировать его работу в режиме реального времени. В качестве отладочной или управляющей программы компьютера, которая будет передавать коды символов клавиатуры через СОМ-порт, можно использовать любую подходящую терминальную программу, например *terminal* [2]. Внешний вид её рабочего окна показан на рисунке 6.

Данная программа позволяет выбрать для работы любой свободный СОМ-порт компьютера и установить скорость и формат данных для этого порта. Для контроля передаваемых и принимаемых данных программа имеет два окна. Формат представления отображаемых данных может задаваться пользователем. Программа *terminal* имеет множество других дополнительных возможностей, которые могут пригодиться в дальнейшем.

При выполнении компиляции проекта среда разработки *Keil* генерирует вспомогательные файлы, которые используются во время отладки программы. После завершения отладки необходимость в

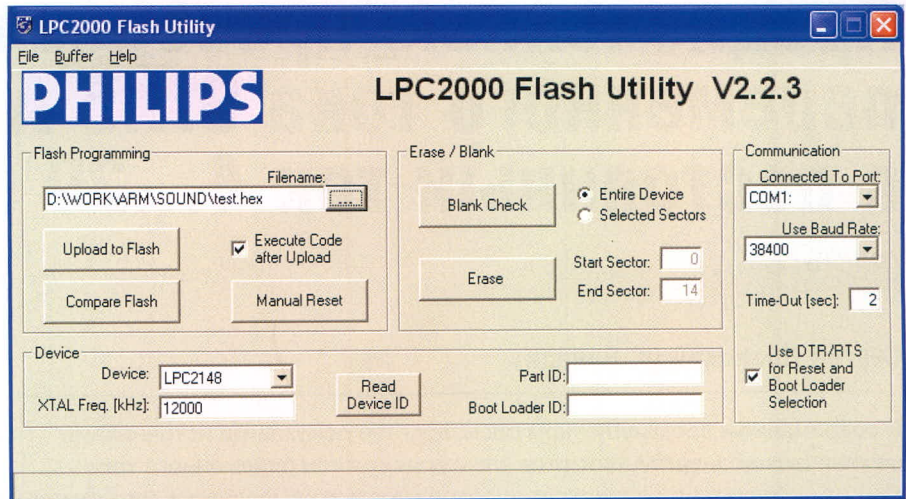


Рис. 5. Окно программы для прошивки HEX-файла во флэш-память программ МК

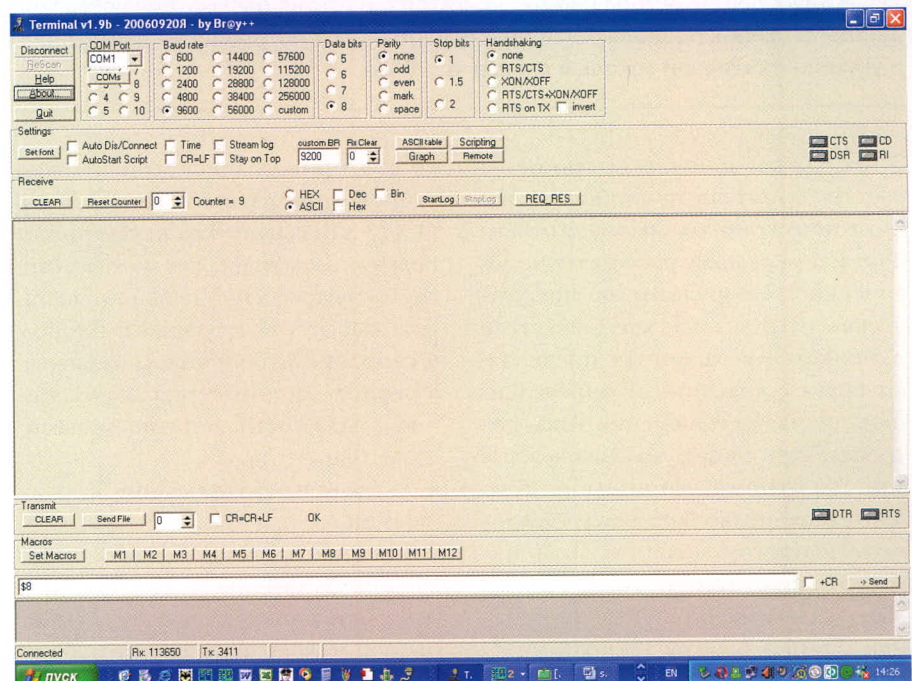


Рис. 6. Окно программы связи через последовательный порт

этих файлах отпадает, и они могут быть удалены из проекта. Для корректного удаления вспомогательных файлов автором был создан специальный командный файл с названием *clear.bat*, который удаляет все файлы с определёнными расширениями.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный в статье проект программы и устройство можно развить и дополнить компонентами, необходимыми для выполнения конкретной задачи.

Следует помнить, что для хранения звуковых фраз требуется довольно большой объём памяти, составляющий 16 Кб для 1 с звучания фразы (при 10-разрядном представлении, при 8-разрядном потребует-

ся вдвое меньше памяти). Поэтому при подготовке звуковых сообщений необходимо, зная объём памяти микроконтроллера, подсчитать их общую длительность. Кроме того, следует зарезервировать место в памяти МК и для управляющей программы.

Для создания программ можно воспользоваться любой другой средой разработки для АРМ-микроконтроллеров, например IAR [3], которая обладает не менее развитыми средствами редактирования и отладки.

### ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.keil.com>.
2. <http://eldigi.ru/site/programmms/?download=terminal.rar>.
3. <http://www.iar.com>.



# Прецизионные преобразователи переменного тока 0...5 А в постоянный ток 4...20 мА

(часть 1)

Сергей Лозицкий (г. Брянск)

В современном промышленном производстве основными источниками механической энергии являются электродвигатели переменного тока. При их эксплуатации возникает необходимость в измерении и регистрации различных электрических, энергетических и механических величин, характеризующих режим работы двигателя. В статье рассматриваются три варианта схемы, позволяющей преобразовать ток потребления двигателя в унифицированный токовый сигнал 4...20 мА.

Ток потребления асинхронного электродвигателя пропорционален механической нагрузке на его валу. В штатном режиме работы технологического оборудования механическая нагрузка на валу двигателя изменяется в заданных пределах, которым соответствует определённый диапазон изменения тока, потребляемого двигателем. Таким образом, постоянный мониторинг тока двигателя позволяет контролировать величину механической нагрузки на его валу и своевременно выявлять нежелательные изменения режима работы технологического оборудования. Во многих случаях информация об отклонении тока потребления двигателя от желаемой (заданной) величины позволяет осуществлять целенаправленное изменение режима работы оборудования, в результате которого достигаются следующие цели:

- повышается производительность работы технологической установки;
- уменьшается расход электроэнергии;
- двигатель гарантированно находится в безопасном (регламентированном) режиме работы.

Поясним сказанное конкретным примером. В большинстве моделей круглопильных станков, предназначенных для распиловки древесины, используется два электродвигателя: пильный двигатель и двигатель подачи. Первый, достаточно мощный (20...30 кВт) двигатель использует-

ся для привода дисковой пилы, а второй, сравнительно маломощный (1,5...3 кВт) двигатель осуществляет подачу пиломатериала к дисковой пиле. Ток потребления пильного двигателя зависит от следующих факторов:

- скорости подачи пиломатериала;
- свойств пиломатериала (толщины, влажности, породы древесины и т.п.);
- состояния режущих кромок (зубьев) пилы.

При фиксированной скорости подачи пиломатериала номинальная мощность пильного двигателя выбирается, исходя из режима работы двигателя в самых неблагоприятных условиях (при совпадении неблагоприятных факторов эксплуатации). Очевидно, что в этом случае двигатель большую часть времени работает в недогруженном режиме, следствием чего является завышенный расход электроэнергии и низкая эффективность использования энергетических возможностей двигателя. Указанные недостатки позволяют устранить использование системы автоматического регулирования (САР), осуществляющей стабилизацию тока потребления пильного двигателя на заданном уровне путём соответствующего изменения скорости подачи пиломатериала.

Реализация такой системы связана со следующими проблемами:

- питание двигателя подачи должно осуществляться от частотно-регулируемого преобразователя (ЧРП), позволяющего изменять

скорость вращения вала двигателя в широких пределах;

- в состав станка необходимо включить устройство, преобразующее ток потребления пильного двигателя в унифицированный токовый сигнал 4...20 мА.

Других аппаратурных затрат не требуется, поскольку все современные ЧРП имеют вход управления частотой выходного напряжения унифицированным токовым сигналом и реализуют закон ПИД-регулирования, параметры которого могут варьироваться пользователями в широких пределах. В результате стабилизации тока потребления пильного двигателя на заданном уровне станок приобретает ряд положительных качеств:

- повышается производительность станка, поскольку скорость подачи пиломатериала автоматически подстраивается под свойства древесины;
- уменьшается расход электроэнергии, поскольку пильный двигатель работает в режиме, близком к номинальному;
- механическая нагрузка на валу пильного двигателя является постоянной, и, следовательно, уменьшается вероятность перегрузки двигателя.

Внезапная авария оборудования обычно сопровождается значительным и быстрым увеличением или уменьшением тока потребления двигателя, осуществляющего привод соответствующего механизма. Так, например, при обрыве ленты транспортёра ток двигателя его привода уменьшается в 1,5...4 раза, а в случае заклинивания редуктора бетономешалки ток двигателя её привода возрастает в 2...6 раз. Очевидно, что быстрое обнаружение аварийной ситуации позволяет оперативно принять меры (прекратить подачу груза на ленту транс-

портёра, выключить двигатель бетономешалки), которые минимизируют негативные последствия.

В настоящее время для контроля и управления работой промышленного оборудования широко используются интеллектуальные устройства, в состав которых обычно входят:

- датчики (первичные преобразователи);
- устройства первичной аналоговой обработки сигналов датчиков;
- аналого-цифровые преобразователи (АЦП);
- управляющая цифровая вычислительная машина (УЦВМ);
- устройства индикации и сигнализации;
- устройства сопряжения УЦВМ с исполнительными механизмами технологического оборудования;
- линии связи.

Промышленные установки часто размещаются на значительной площади, а их отдельные компоненты работают в жёстких условиях эксплуатации. В частности, исполнительные электродвигатели оборудования нередко работают в условиях больших перепадов температуры, влажности и давления, а также подвергаются воздействию пыли, вибрации, ударов и агрессивных паров, содержащихся в окружающем воздухе. Уровень помех в силовой питающей сети, к которой периодически подключаются мощные двигатели и другие силовые установки, весьма высокий. Поэтому разработчики промышленной автоматики стараются воплотить в жизнь следующий принцип: в непосредственной близости от силового технологического оборудования должно располагаться только минимально необходимое количество электронных блоков, а их основная часть должна размещаться в удалённом помещении с контролируемыми условиями. Типичную ситуацию иллюстрирует рисунок 1, на котором изображены фрагменты схем силового шкафа и устройства контроля и управления, а также линия связи, выполненная в виде витой пары проводов.

Пусковая аппаратура (автоматический прерыватель QF1 и пускатель KM1), унифицированный трансформатор тока TA1 с отношением величин максимальных токов

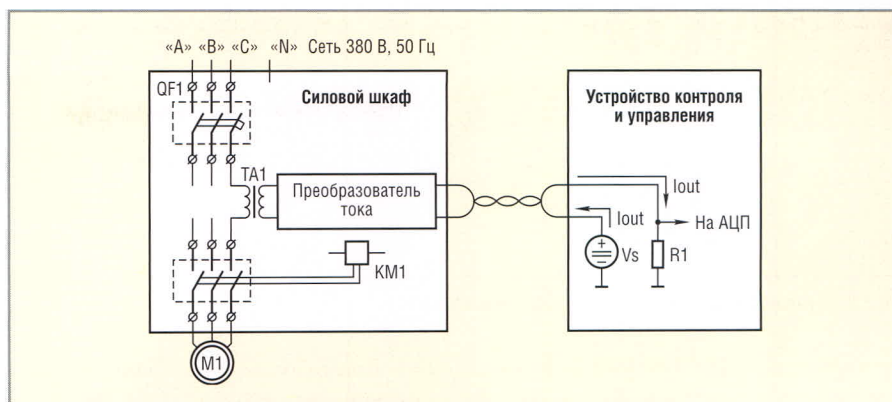


Рис. 1. Фрагменты схем силового шкафа и устройства управления

первичной и вторичной обмоток  $I_{W1\text{ MAX}}/5$  А, а также преобразователь переменного тока 0..5 А в постоянный ток 4..20 мА конструктивно размещены в силовом шкафу, который обычно устанавливается в производственном помещении или на открытом воздухе в непосредственной близости от технологического оборудования (электродвигателя M1). Резистор R1, преобразующий токовый сигнал в уровень напряжения, и источник питания  $V_s$  входят в состав устройства управления, которое может быть удалено от силового шкафа на значительное расстояние (сотни метров).

Следует заметить, что устройства первичной обработки сигналов датчиков с унифицированным выходным токовым сигналом 4..20 мА широко используются в промышленной автоматике. Популярность стандартного интерфейса типа «токовая петля» объясняется следующими факторами:

- питание схемы обработки сигнала датчика и передача выходного информационного токового сигнала устройства осуществляется по двум проводам, которые одновременно выполняют как функцию информационной линии связи, так и функцию обеспечения устройства электропитанием;
- представление информационного выходного сигнала в виде уровня постоянного тока и использование в качестве линии связи витой пары проводов обеспечивает высокую помехоустойчивость передачи информации на значительные расстояния;
- паразитные параметры линии связи (омическое сопротивление, распределённые ёмкость и индуктивность) практически не влияют

на точность передачи информационного сигнала.

Единственным критичным параметром является сопротивление RLEAKAGE утечки (изоляции) между парой проводов линии связи. Составляющая погрешности преобразования переменного тока в постоянный, обусловленная конечной величиной сопротивления утечки линии связи, не превышает 0,1% при выполнении следующего условия:

$$R_{\text{LEAKAGE}} \geq 1000(r + R_1), \quad (1)$$

где:  $r$  – суммарное омическое сопротивление пары проводов линии связи;  $R_1$  – сопротивление датчика тока (резистора R1 на рисунке 1) на приёмном конце линии связи. Обычно величины сопротивлений  $r$  и  $R_1$  находятся внутри диапазонов значений 10..100 и 50..250 Ом соответственно. Подстановка указанных сопротивлений в формулу (1) показывает, что сопротивление утечки линии связи  $R_{\text{LEAKAGE}}$  должно быть не менее 60..350 кОм при любых допустимых условиях эксплуатации.

Важно понимать, что в интерфейсе «токовая петля» непосредственное соединение с «глобальной землёй» имеет только приёмник сигнала (на рисунке 1 с «глобальной землёй» соединены источник питания  $V_s$  и резистор R1). Схема преобразователя является «плавающей»: потенциалы её узлов относительно «глобальной земли» изменяются при вариациях величин выходного тока  $I_{\text{OUT}}$  преобразователя, сопротивления  $r$  двухпроводной линии связи и напряжения  $V_s$  источника питания. Зависимость узловых напряжений преобразователя от текущих величин  $I_{\text{OUT}}$ ,  $r$  и  $V_s$  затрудняет анализ схемы преобразователя. Анализ

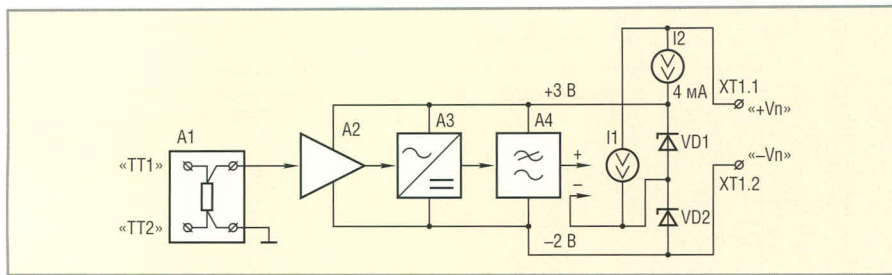


Рис. 2. Функциональная схема преобразователя тока

упрощается, если измерять узловые напряжения относительно некоторого (в общем случае любого) узла схемы преобразователя, который можно условно считать «локальной землей». В приводимых ниже функциональных и принципиальных схемах преобразователя для обозначения «локальной земли» используется общепринятый графический символ общего проводника схемы.

### ПЕРВЫЙ ВАРИАНТ СХЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Функциональная схема первого варианта реализации преобразователя изображена на рисунке 2. В состав преобразователя входят:

- датчик тока A1, преобразующий выходной ток трансформатора в пропорциональный уровень переменного напряжения;
- усилитель A2 выходного сигнала датчика тока;
- прецизионный выпрямитель A3;
- фильтр низкой частоты A4, подавляющий пульсации выпрямленного напряжения;
- источник тока I1, управляемый напряжением (ИТУН);
- источник питания функциональных блоков A2, A3, A4, реализованный на стабилитронах VD1, VD2 и источнике постоянного тока I2.

В идеальном случае функциональные блоки A1 – A4 и ИТУН I1 осуществляют преобразование входного переменного тока  $I_{IN\ RMS}$  в выходной постоянный ток  $I_{1\ DC}$  в соответствии с выражением:

$$I_{1\ DC} [mA] = 3,2I_{IN\ RMS} [A]. \quad (2)$$

Очевидно, что выходной ток  $I_{OUT\ DC}$  преобразователя равен сумме токов источников  $I_1$  и  $I_2$ :

$$I_{OUT\ DC} [mA] = 4 + 3,2I_{IN\ RMS} [A]. \quad (3)$$

Если учесть, что ток двигателя  $I_{M\ RMS}$  отличается от входного тока  $I_{IN\ RMS}$

преобразователя в число раз, равно коэффициенту  $K_{TR} = I_{W1\ MAX}/5$  трансформации трансформатора тока, то формулу (3) можно записать в следующем виде:

$$I_{OUT\ DC} [mA] = 4 + \frac{3,2I_{M\ RMS} [A]}{K_{TR}} = 4 + 16 \frac{I_{M\ RMS} [A]}{I_{W1\ MAX} [A]}. \quad (4)$$

Если, например, используется трансформатор тока с отношением токов первичной и вторичной обмоток 100 А/5 А, то выходной ток преобразователя связан с током потребления двигателя соотношением:

$$I_{OUT\ DC} [mA] = 4 + 0,16I_{M\ RMS} [A]. \quad (5)$$

Часть тока источника I2 используется для питания функциональных блоков A2 – A4, а оставшаяся часть тока этого источника протекает через стабилитроны VD1 и VD2, которые осуществляют стабилизацию питающих напряжений на уровнях +3 В и –2 В. Таким образом, суммарный ток  $I_S$ , потребляемый схемами обработки сигнала преобразователя, не должен превышать величины, определяемой формулой:

$$I_S [mA] \leq 4 - I_{REF\ MIN} [mA]. \quad (6)$$

В формуле (6)  $I_{REF\ MIN}$  является минимальным током стабилитронов VD1 и VD2, при котором они обеспечивают стабилизацию питающих напряжений. Поэтому необходимость выполнения условия (6) накладывает достаточно жесткие ограничения на выбор активных компонентов, используемых в преобразователе.

Долговременная стабильность параметров преобразователя во многом определяется правильностью выбора типа токоизмерительного резистора, который преобразует

ток вторичной обмотки трансформатора тока в пропорциональный уровень напряжения. В настоящее время наибольшее распространение получили трансформаторы тока, которые характеризуются следующими параметрами:

- класс точности 0,5...3,0;
- максимальный ток первичной обмотки 40...4000 А;
- номинальный ток вторичной цепи 5 А;
- максимальная мощность измерительной (вторичной) цепи, при которой гарантируется указанный класс точности трансформатора, 2,5...100 ВА.

Известно [1], что в момент пуска двигателя ток его потребления скачком возрастает до величины, в 3...7 раз превышающей номинальный ток потребления, и далее, по мере разгона двигателя, монотонно уменьшается до некоторой стационарной величины, зависящей от мощности и нагрузки двигателя. Продолжительность пуска (разгона) двигателя определяется его мощностью, а также характером механической нагрузки на валу, и обычно составляет 2...10 с [1]. Мощности, рассеиваемые токоизмерительным резистором в номинальном режиме работы двигателя и на начальной стадии его пуска (разгона), отличаются в число раз, равное квадрату отношения номинального и максимального пускового токов двигателя (в худшем случае 50 раз). Значительные мощности, рассеиваемые датчиком тока в процессе пуска двигателя, не должны вызывать необратимых изменений сопротивления датчика. Очевидно, что при уменьшении сопротивления датчика тока пропорционально снижается рассеиваемая им мощность (см. таблицу 1), но при этом снижается и уровень полезного сигнала (падение напряжения на резисторе).

Компромиссное значение сопротивления датчика, обеспечивающее приемлемые уровни полезного сигнала и рассеиваемой датчиком мощности, находится в диапазоне 0,002...0,02 Ом. В качестве датчика тока могут использоваться любые мощные низкоомные прецизионные резисторы, например, выпускаемые фирмами Vishay и Bourne. Однако анализ доступных источников информации показал, что макси-

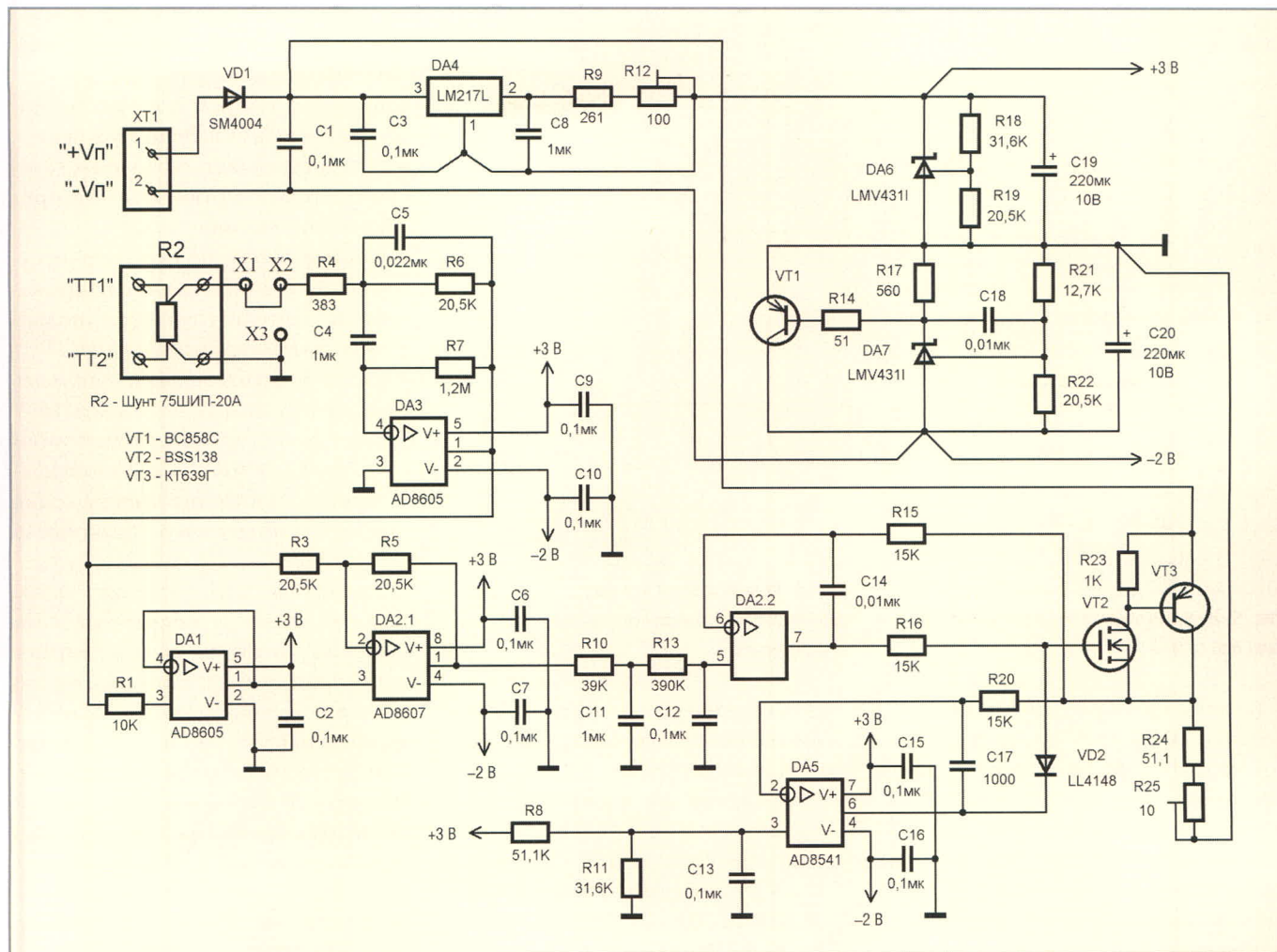


Рис. 3. Принципиальная схема первого варианта преобразователя

мальный технико-экономический эффект достигается при использовании в качестве датчика тока унифицированных измерительных шунтов тока, специально разработанных для преобразования больших токов в пропорциональные уровни напряжений.

В пользу данного утверждения можно привести следующие доводы:

- отечественные производители [www.enmakso.ru, www.elpribor.ru] выпускают и реализуют по разумным ценам большой ассортимент измерительных шунтов тока;
- шунты тока имеют достаточно высокие метрологические характеристики (наибольшее распространение получили шунты тока класса точности 0,5);
- измерительные шунты тока имеют четыре клеммы (две «токовые» и две «потенциальные»), с помощью которых они подключается к трансформатору тока и преобразователю отдельными парами проводов. При четырёхпроводном подключении шунта входное

напряжение усилителя А2 (см. рис. 2) практически не зависит от сопротивления соединительных проводов и в точности равно падению напряжения на калиброванном сопротивлении шунта.

В рассматриваемых ниже схемах преобразователей в качестве датчика тока используется измерительный шунт типа 75ШИП-20А-0,5 [www.enmakso.ru], который характеризуется следующими параметрами:

- номинальный ток 20 А;
- номинальное сопротивление 0,00375 Ом;
- класс точности 0,5;
- шунт выдерживает длительную перегрузку током, равным 120% от номинального тока, в течение 2 ч;

- шунт выдерживает трёхкратную токовую перегрузку в течение 5 с и 10-кратную перегрузку в течение 0,5 с;
- габариты шунта 100 × 20 × 13 мм.

Полным аналогом шунта 75ШИП-20А-0,5 является измерительный шунт 75ШСМ-20А-0,5. Конечной точке шкалы преобразования (т.е. входному току преобразователя 5 А) соответствует падение напряжения на шунте 75ШИП-20А-0,5, равное 18,75 мВ.

Первый вариант принципиальной схемы преобразователя тока изображён на рисунке 3. Компоненты принципиальной схемы, на которых реализованы отдельные блоки функциональной схемы (см. рис. 2), описаны в таблице 2.

Таблица 1. Зависимости уровней полезного сигнала и рассеиваемой датчиком мощности от сопротивления датчика

Сопротивление датчика тока, Ом	0,001	0,002	0,01	0,02	0,1
Падение напряжения на датчике при $I_{IN RMS} = 5$ А, мВ	5	10	50	100	500
Мощность, рассеиваемая датчиком при $I_{IN RMS} = 5$ А, Вт	0,025	0,05	0,25	0,5	2,5
Мощность, рассеиваемая датчиком при $I_{IN RMS} = 30$ А, Вт	0,9	1,8	9	18	90
Мощность, рассеиваемая датчиком при $I_{IN RMS} = 35$ А, Вт	1,225	2,45	12,25	24,5	122,5

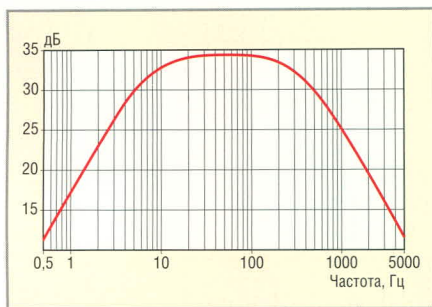


Рис. 4. ЛАЧХ усилителя сигнала датчика тока

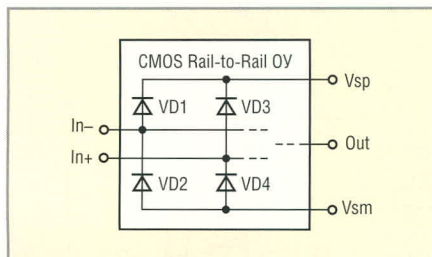


Рис. 5. Диодная защита входов в КМОП ИОУ типа Rail-to-Rail

В схеме преобразователя использованы КМОП ИОУ с малыми токами потребления [www.analog.com]: прецизионные AD8605, AD8607 и общего назначения AD8541. Усилитель сигнала датчика тока по сути является низкочастотным полосовым фильтром второго порядка с центральной частотой 50 Гц и коэффициентом передачи на этой частоте 52,6 В/В (34,4 дБ). Логарифмическая АЧХ усилителя изображена на рисунке 4.

В схеме прецизионного двухполупериодного выпрямителя (DA1, DA2.1, R1, R3, R5) отсутствуют диоды, а выпрямление входного сигнала осуществляется за счёт использования особенностей работы ИОУ, которые требуют пояснений. Так называемые Rail-to-Rail (от питания до питания) ИОУ имеют два основных отличия от традиционных ИОУ:

- границы диапазона допустимого входного синфазного напряжения  $V_{CM}$  (в котором гарантируется заданная величина КОСЦ) Rail-to-Rail

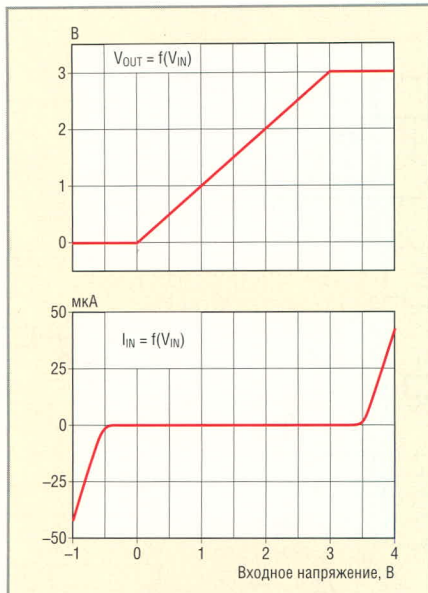


Рис. 6. Амплитудная и входная характеристики однополупериодного выпрямителя

ИОУ практически совпадают с уровнями напряжений  $V_{SM}$ ,  $V_{SP}$  источников питания ИОУ, т.е.  $V_{SM} \leq V_{CM} \leq V_{SP}$ ; напряжения насыщения транзисторов выходного каскада Rail-to-Rail ИОУ, работающего в режиме холостого выхода, близки к нулю (у Rail-to-Rail OY, выполненных по КМОП-технологии, значения этих напряжений обычно не превышают 100 мкВ).

Кроме того, ИОУ такого типа имеют встроенную диодную защиту входов от перенапряжений (см. рис. 5). Очевидно, что соответствующие защитные диоды открываются только в тех случаях, когда уровни напряжений на входах ИОУ выходят за границы питающих напряжений  $V_{SP}$  и/или  $V_{SM}$ . Максимально допустимый ток, протекающий через открытый защитный диод КМОП ИОУ, обычно находится в диапазоне от 5 до 10 мА [2]. На КМОП Rail-to-Rail ИОУ может быть реализован прецизионный однополупериодный выпрямитель, коэффициент передачи

которого не зависит от сопротивления единственного резистора, входящего в его состав [3]. Для реализации такого выпрямителя необходимо выполнить следующие условия:

- ИОУ должен быть включен по схеме неинвертирующего повторителя напряжения;
- питание ИОУ должно осуществляться однополярным напряжением (частный случай двухполярного питания, когда  $V_{SM} = 0$ );
- входной сигнал должен поступать на неинвертирующий вход ИОУ через резистор, ограничивающий его входной ток в те моменты времени, когда входное напряжение имеет отрицательную полярность ( $V_{IN} < 0$ ).

Усилитель DA1 отвечает всем перечисленным требованиям – он включен по схеме неинвертирующего повторителя напряжения, его питание осуществляется однополярным напряжением +3 В, а входной ток ограничен резистором R1. На верхнем и нижнем графиках рисунка 6 изображены соответственно амплитудная  $V_{OUT} = f(V_{IN})$  и входная  $I_{IN} = f(V_{IN})$  характеристики выпрямителя, реализованного на компонентах DA1 и R1.

При входном напряжении  $V_{IN} \leq 0$  усилитель DA1 находится в нелинейном режиме, а именно, в состоянии перегрузки входа и насыщения выхода, при котором  $V_{OUT} = 0$ . При выполнении условия  $0 < V_{IN} < 3$  В усилитель DA1 находится в линейном режиме – его выходное напряжение равно входному напряжению (с точностью до напряжения смещения). Резкое возрастание абсолютной величины входного тока  $I_{IN}$  выпрямителя при  $V_{IN} < -0,5$  В и  $V_{IN} > 3,5$  В объясняется открыванием защитных диодов ИОУ (VD4 и VD3 на рисунке 5). Работу выпрямителя иллюстрируют временные диаграммы, изображённые на рисунке 7.

Фактором, определяющим динамическую составляющую погрешности выпрямителя, является время восстановления ИОУ DA1 после снятия перегрузки входным сигналом [4, 5]. Однако в нашем случае (выпрямление гармонического сигнала частотой 50 Гц) эта составляющая погрешности пренебрежимо мала, а результирующая погрешность однополупериодного выпрямления входного сигнала прак-

Таблица 2. Блоки функциональной схемы и реализующие их компоненты принципиальной схемы преобразователя

Блок функциональной схемы (см. рис. 2)	Соответствующие компоненты принципиальной схемы (см. рис. 3)
A1	R2
A2	C4, C5, DA3, R4, R6, R7
A3	DA1, DA2.1, R1, R3, R5
A4	C11, C12, R10, R13
I1	C14, DA2.2, R15, R16, R23-R25, VT2, VT3
I2	C3, C8, DA4, R9, R12
VD1	C19, DA6, R18, R19
VD2	C18, C20, DA7, R14, R17, R21, R22, VT1

тически полностью определяется напряжением смещения ИОУ DA1. Эффект двухполупериодного выпрямления выходного сигнала усилителя достигается за счёт использования устройства вычитания напряжений, реализованного на компонентах DA2.1, R3, R5.

Выходное напряжение  $V_{OUT DA2.1}$  ИОУ DA2.1 определяется следующим выражением:

$$V_{OUT DA2.1} = 2V_{OUT DA1} - V_{IN}, \quad (7)$$

где:  $V_{IN}$  – входное напряжение выпрямителя;  $V_{OUT DA1}$  – напряжение на выходе ИОУ DA1. Работу двухполупериодного выпрямителя поясняют временные диаграммы, изображённые на рисунке 8.

На компонентах C11, C12, R10, R13 реализован лестничный пассивный двухзвенный ФНЧ второго порядка. Использование в звеньях прогрессивно нарастающих номиналов компонентов (множитель прогрессии равен 10) позволяет уменьшить время установления фильтра при заданном уровне подавления пульсаций [6]. Фильтр ослабляет уровень основной гармонической составляющей (100 Гц) выходного напряжения выпрямителя приблизительно в 602 раза и устанавливается с погрешностью 1 и 0,1% за 286 и 410 мс соответственно.

Источник тока, управляемый напряжением (ИТУН), преобразует выходное напряжение  $V_{LP2}$  фильтра подавления пульсаций в пропорциональный уровень постоянного тока  $I_{1 DC}$ . Очевидно, что DA2.2 находится в линейном режиме, когда ток  $I_{1 DC}$ , протекающий через транзисторы VT1, VT2 и резисторы R24, R25, создаёт на последних падение напряжения, равное выходному напряжению  $V_{LP2}$  фильтра подавления пульсаций:

$$V_{LP2} = I_{1 DC}(R_{24} + R_{25}). \quad (8)$$

В результате преобразования (8) получаем следующее выражение:

$$I_{1 DC} = \frac{V_{LP2}}{R_{24} + R_{25}}, \quad (9)$$

из которого следует, что точная калибровка коэффициента преобразования ИТУН может быть осуществлена подстроечным резистором R25.

В процессе эксплуатации преобразователя возможны ситуации, когда его входной ток значительно превышает 5 А (например, пусковой режим работы двигателя, недопустимо большая механическая нагрузка на валу двигателя). В этих случаях выходной ток преобразователя может возрасти до 40...45 мА. Чрезмерное увеличение выходного тока преобразователя нежелательно по следующим причинам:

- значительно увеличивается мощность, рассеиваемая транзистором VT3;
- возрастает мощность, потребляемая преобразователем от источника питания;
- необходимо принимать меры по защите от перегрузки аппаратуры на приёмной стороне линии связи.

Для устранения негативных последствий чрезмерного увеличения выходного тока преобразователя в его схему введён ограничитель тока ИТУН, реализованный на компонентах C13, C17, DA5, R8, R11, R20, VD2. Напряжение  $V_N$  DA5 на неинвертирующем входе ИОУ DA5 определяется соотношением сопротивлений резисторов R8 и R11:

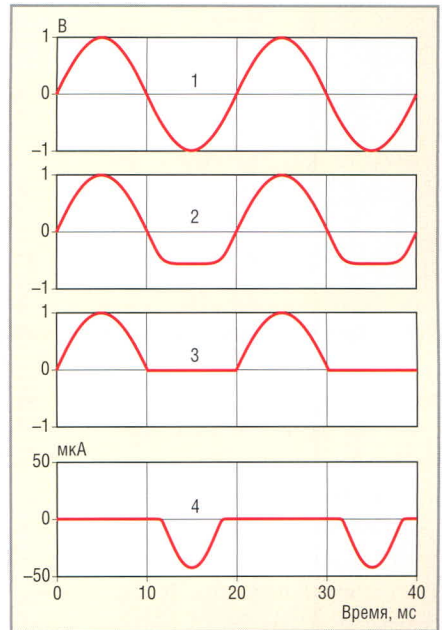
$$V_{N DA5} = \frac{V_{SP} R_{11}}{R_8 + R_{11}}.$$

Напряжение  $V_{1 DA5}$  на инвертирующем входе ИОУ DA5 равно падению напряжения на резисторах R24 и R25:

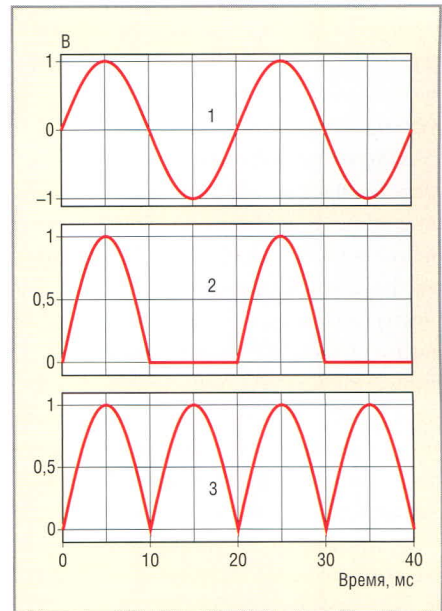
$$V_{1 DA5} = I_{1 DC}(R_{24} + R_{25}).$$

Если выполняется условие  $V_{1 DA5} < V_{N DA5}$ , то выходное напряжение DA5 практически равно напряжению  $V_{SP}$  на шине питания +3В. В этом случае диод VD2 находится в закрытом состоянии и, следовательно, ограничитель тока не оказывает влияния на работу преобразователя. Если в результате увеличения выходного тока  $I_{1 DC}$  ИТУН напряжение  $V_{1 DA5}$  становится равным напряжению  $V_{N DA5}$ , происходит следующая цепь событий:

- уменьшается напряжение на выходе DA5 (ИОУ переходит из состояния насыщения выхода в линейный режим работы);
- диод VD2 смещается в прямом направлении;



**Рис. 7. Временные диаграммы, поясняющие работу однополупериодного выпрямителя**  
 1 – входное напряжение выпрямителя, В;  
 2 – напряжение на неинвертирующем входе DA1, В;  
 3 – напряжение на выходе DA1, В;  
 4 – ток, протекающий через неинвертирующий вход DA1, мкА



**Рис. 8. Временные диаграммы, поясняющие работу двухполупериодного выпрямителя**  
 1 – входное напряжение выпрямителя, В;  
 2 – напряжение на выходе DA1, В;  
 3 – выходное напряжение выпрямителя (напряжение на выходе DA2.1), В

- по цепи выход DA2.2, резистор R16, диод VD2, выход DA5 начинает протекать ток;
- напряжение на затворе VT2 уменьшается на величину падения на резисторе R16;
- уменьшаются токи, протекающие через транзисторы VT2 и VT3;

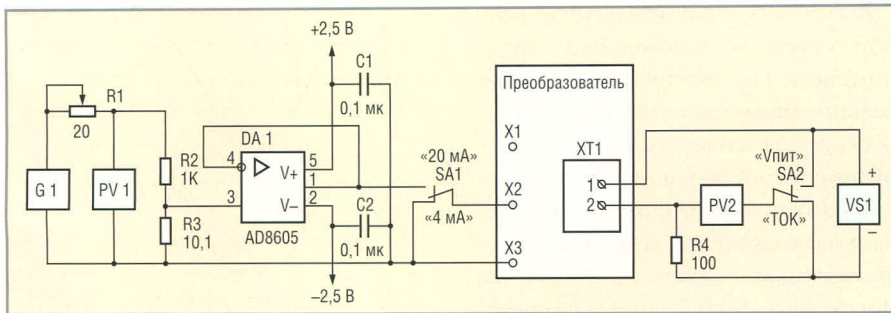


Рис. 9. Схема калибровки и тестирования преобразователя

- уменьшается падение напряжения на резисторах R24, R25;
- уменьшается напряжения  $V_{1DA5}$  на инвертирующем входе ИОУ DA5.

В результате замыкается цепь отрицательной обратной связи ИОУ DA5 и выходной ток ИТУН ограничивается на уровне  $I_{1DC LIM}$ , величина которого определяется следующим выражением:

$$I_{1DC LIM} = \frac{V_{SP} R_{11}}{(R_8 + R_{11})(R_{24} + R_{25})}$$

При указанных на схеме номиналах компонентов ограничение выходного тока ИТУН происходит на уровне 21,7 мА (при этом результирующий выходной ток преобразователя  $I_{OUT DC}$  ограничивается на уровне 21,7 мА + 4,0 мА = 25,7 мА).

Источник постоянного тока 4 мА реализован на интегральном стабилизаторе напряжения (DA4), включенном по типовой схеме [7] источника фиксированного тока. Часть тока этого источника (2,2 мА) расходуется на питание ИОУ, а оставшаяся часть тока (приблизительно 1,8 мА) протекает через интегральные источники опорного напряжения DA6, DA7, которые стабилизируют напряжения питания ИОУ на уровнях +3 В и -2 В.

Источник разнополярных напряжений питания ИОУ реализован на компонентах C18 - C20, DA6, DA7, R14, R17 - R19, R21, R22 и VT1 (см. рис. 3). Микросхемы регулируемых источников опорных напряжений LMV431 [www.national.com] гарантированно находятся в режиме стабилизации напряжений при протекании через них токов, изменяющихся в диапазоне от 80 мкА до 15 мА. Номинальные значения питающих

напряжений ИОУ определяются следующими выражениями:

$$V_{SP} = V_{REF} \left( 1 + \frac{R_{18}}{R_{19}} \right), \quad (10)$$

$$V_{SM} = V_{REF} \left( 1 + \frac{R_{21}}{R_{22}} \right). \quad (11)$$

В формулах (10) и (11)  $V_{REF} = 1,24$  В – номинальное опорное напряжение ИМС LMV431. Чем же вызвана необходимость использования в источнике отрицательного напряжения питания транзистора VT1? Чтобы ответить на этот вопрос, проследим путь протекания тока ИТУН I1 DC: зажим XT1:1, диод VD1, транзисторы VT2, VT3, резисторы R24, R25, источник отрицательного напряжения питания ИОУ, зажим XT1:2. Таким образом, через источник отрицательного напряжения питания ИОУ протекает ток  $I_{SM}$ , равный сумме источников токов  $I_1$  и  $I_2$  (см. рис. 2) за вычетом тока  $I_{SDA}$ , потребляемого операционными усилителями схемы преобразователя:

$$I_{SM} = I_{1DC} + 4 \text{ мА} - I_{SDA}$$

В худшем случае, когда ИТУН находится в режиме ограничения выходного тока, ток  $I_{SM}$  может достигать 30 мА, что в два раза превышает максимально допустимый ток ИМС LMV431. При использовании в схеме транзистора VT1 через DA7 протекает ток

$$I_{DA7} = \frac{V_{BEVT1}}{R_{17}} = \frac{0,6...0,7}{560} \approx (1,0...1,3) \text{ мА},$$

т.е. практически неизменный ток, приблизительно равный 1,2 мА. Основная часть изменяющегося в широких пределах тока  $I_{SM}$  протекает

через транзистор VT1. Резистор R14 и конденсатор C18 обеспечивают устойчивую работу DA7. Диод VD1 предотвращает негативные последствия случайной переплюсовки питающего напряжения на клеммах XT1.1 и XT1.2.

Использованные в преобразователе компоненты имеют следующие особенности. Резисторы R3 - R6, R8, R9, R11, R18, R19, R21, R22, R24 должны иметь мощность рассеивания не менее 0,125 Вт, допуск ±1% и ТКС не хуже  $\pm 50 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ . Остальные постоянные резисторы – общего назначения с допуском ±5%. Конденсаторы C4, C5, C11, C12 плёночные с допуском ±5%. Остальные конденсаторы (за исключением оксидных конденсаторов C19, C20) – керамические, типа K10-17 или аналогичные. Конденсаторы C1 и C3 должны иметь рабочее напряжение не ниже 50 В. Подстроечные резисторы R12, R25 – многооборотные металлокерамические, например, резисторы серий 3269, 3266, 3296 фирмы Bourgn. Подключение к преобразователю внешних цепей осуществляется с помощью двухконтактных винтовых клеммников серии 301.

В худшем случае, когда преобразователь работает в режиме ограничения выходного тока при напряжении питания 30 В, транзистор VT3 рассеивает мощность порядка 0,6 Вт, поэтому его необходимо установить на теплоотвод с эффективной площадью 10...15 см<sup>2</sup>.

Потенциальные метрологические характеристики преобразователя могут быть достигнуты только после его тщательной калибровки. В схеме преобразователя имеется два регулировочных элемента. С помощью подстроечных резисторов R12 и R25 калибруется выходной ток преобразователя соответственно в начальной и конечной точках выходной шкалы 4...20 мА.

Калибровку преобразователя удобно осуществлять с помощью схемы измерений, изображённой на рисунке 9, в которую входят:

- генератор звуковой частоты G1;
- повторитель напряжения, реализованный на ИОУ DA1;
- универсальные цифровые вольтметры PV1, PV2;
- переменный резистор R1;
- R2 - R4 – прецизионные резисторы с допуском ±0,02%;

Таблица 3. Данные для проверки нелинейности преобразования

Входной ток, А	Показания вольтметра PV1, мВ	Выходной ток, мА	Показания вольтметра PV2 READ <sub>PV2 IDEAL</sub> , мВ
0,5	187,5	5,6	560
1	375,0	7,2	720
2	750,0	10,4	1040

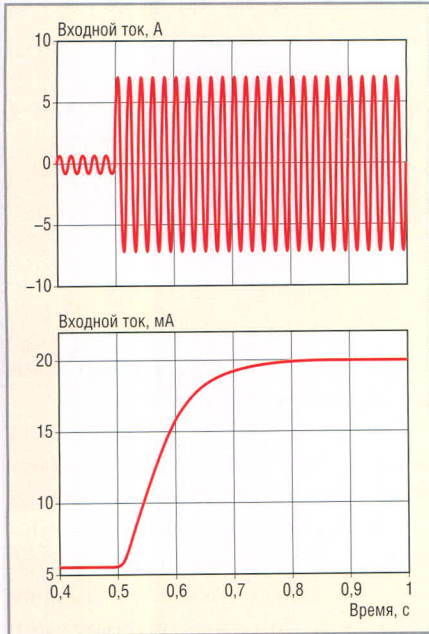


Рис. 10. Переходный процесс установления выходного тока преобразователя (схема рис. 3)

● регулируемый источник питания VS1.

Для выполнения калибровки преобразователя и проверки влияния питающего напряжения на точность преобразования необходимо:

- отпаять перемычку, соединяющую технологические контакты X1 и X2 на печатной плате преобразователя;
- собрать схему в соответствии с рисунком 9;
- установить тумблер SA2 в положение «Впит» и выставить выходное напряжение источника питания  $V_{S1} = 24 \pm 1$  В;
- установить тумблеры SA1 и SA2 в положения «4 мА» и «ТОК» соответственно;
- вращая движок подстроечного резистора R12, установить показания вольтметра PV2  $400,0 \pm 0,1$  мВ. Убедиться в том, что при установке напряжения питания 10 и 30 В показания вольтметра PV2 изменяются не более чем на  $\pm 0,1\%$ ;
- установить тумблер SA1 в положение «20 мА»;
- установить частоту выходного сигнала генератора G1 равной  $50 \pm 0,25$  Гц;
- изменяя уровень выходного сигнала генератора G1 и вращая движок переменного резистора R1, установить показания вольтметра PV1 равными  $1,8750 \pm 0,0005$  В;
- вращая движок подстроечного резистора R25, установить показания вольтметра PV2 равными

$2 \pm 0,0005$  В. Убедиться в том, что при установке напряжения питания 10 и 30 В показания вольтметра PV2 изменяются не более чем на  $\pm 0,1\%$ .

Для проверки погрешности преобразования в промежуточных точках шкалы необходимо, изменяя уровень выходного сигнала генератора G1, поочередно установить показания вольтметра PV1, указанные в таблице 3, и зафиксировать соответствующие показания  $READ_{PV2 ACTUAL}$  вольтметра PV2. Отклонение фактических показаний  $READ_{PV2 ACTUAL}$  от расчётных значений показаний  $READ_{PV2 IDEAL}$  вольтметра PV2, указанных в таблице 3, является следствием нелинейности преобразования. Относительная ошибка нелинейности преобразования рассчитывается по формуле:

$$ERR_N[\%] = \frac{READ_{PV2 ACTUAL} - READ_{PV2 IDEAL}}{READ_{IDEAL}} \times \frac{I_{IN RMS}}{5} \times 100. \quad (12)$$

Преобразователь может эксплуатироваться в следующих условиях:

- диапазон изменения температуры окружающего воздуха от  $-30$  до  $+50^\circ\text{C}$ ;
- диапазон изменения напряжения питания от 10 до 30 В.

При температуре окружающего воздуха  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  и напряжении питания 10...30 В значение основной, приведённой к конечному значению шкалы погрешности преобразования не превышает  $\pm 0,2\%$ . Дополнительная погрешность преобразования, обусловленная отклонением температуры окружающего воздуха от  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , не превышает основную погрешность при изменении температуры на каждые  $10^\circ\text{C}$ .

Следует отметить, что указанные погрешности являются метрологическими характеристиками собственно преобразователя и не учитывают погрешности унифицированных изделий – трансформатора тока и измерительного шунта. На практике наибольшее распространение получили трансформаторы тока и измерительные шунты с классами точности 0,5 и 1,0. Поэтому результирующая погрешность преобразования тока в основном определяется метрологическими характеристиками трансформатора тока и измерительного шунта

и в меньшей степени – параметрами 45 и собственно преобразователя.

Амплитуда пульсаций выходного тока преобразователя не превышает  $0,1\%$  от текущего значения постоянной составляющей этого тока. Переходный процесс установления выходного тока преобразователя при скачкообразном увеличении его входного тока с 0,5 до 5 А иллюстрируют временные диаграммы, показанные на рисунке 10.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мусин А.М. Аварийные режимы асинхронных электродвигателей и способы их защиты. Колос, 1979.
2. Precision Low Noise CMOS Rail-to-Rail Operational Amplifier AD8605/AD8606/AD8608, Datasheet, Analog Devices Inc., 2003.
3. CMOS Rail-to-Rail Input and Output Operational Amplifier LMC6482. Datasheet. National Semiconductor. 1997.
4. Полонников Д.Е. Операционные усилители: Принципы построения, теория, схемотехника. Энергоатомиздат, 1983.
5. Достал И. Операционные усилители. Мир, 1982.
6. Цывинский В.Г., Быков В.Е. Измерение напряжений инфразвуковых частот. Энергоатомиздат, 1985.
7. Low Current Three-Terminal Adjustable Positive Voltage Regulator LM317L. Semiconductor Technical Data. Motorola Inc., 1996.
8. XTR101: Precision, Low Drift 4-20mA Two-Wire Transmitter. Data Sheet SBOS146A, Texas Instruments Inc. October 1986, Revised August 2004.
9. The Monolithic Operational Amplifier: A Tutorial Study. Application Note AN-A. National Semiconductor. December 1974.
10. Precision Micropower Shunt Voltage Reference LM4040/4041. Datasheet. Micrel Inc., August 2004.
11. 4-20mA Current Loop Transmitters XTR115/XTR116. Datasheet SBOS124A. Texas Instruments Inc., January 2000.
12. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Высшая школа, 1973.
13. Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. Энергоатомиздат, 1988.
14. Справочник по нелинейным схемам. Под ред. Д. Шейнгольда. Мир, 1977.
15. LTC6081/LTC6082 Precision Dual/Quad CMOS Rail-to-Rail Input/Output Amplifiers. Datasheet. Linear Technology Corp., 2007.
16. LMV431/LMV431A/LMV431B Low-Voltage (1.24V) Adjustable Precision Shunt Regulators. Datasheet. National Semiconductor Corp., May 2005.



# Применение ЦАП фирм АКМ и Burr-Brown в звуковой и видеоаппаратуре

Юрий Петропавловский (Ростовская обл.)

В статье приведены параметры и особенности применения цифроаналоговых преобразователей серии АК43xx фирмы АКМ и серии РСМ17xx фирмы Burr-Brown в современной звуковоспроизводящей и видеоаппаратуре ведущих мировых производителей.

Цифроаналоговые преобразователи для звуковых трактов бытовой и профессиональной аппаратуры выпускает большое число зарубежных фирм, однако проведенный автором анализ сервисной документации нескольких сотен моделей аппаратуры (CD/DVD-проигрыватели, рекордеры, ресиверы, системы домашнего кинотеатра, мини- и микросистемы, комбинированные устройства) выявил несколько производителей, изделия которых доминируют в бытовой аудио- и видеотехнике.

По функциональному назначению можно выделить двухканальные, многоканальные и «интерфейсные» (USB и др.) ЦАП, причём они могут находиться в составе БИС частного применения или выпускаться в виде отдельных микросхем. Интегральные реше-

ния часто используются в мобильной и недорогой цифровой аппаратуре, качество звучания которой не является определяющим фактором, однако и в значительном числе моделей стационарной аппаратуры самых различных фирм используются варианты с интегрированными ЦАП.

В каталоге фирмы АКМ 2008 г. фигурируют более 30 типов звуковых ЦАП серии АК, в каталоге TI – более 40 ЦАП серии РСМ. В аппаратуре различных фирм, попавшей в данный обзор, использовались следующие двухканальные ЦАП АКМ и TI/Burr-Brown из каталогов 2008 г.: АК4382-АК4385, АК4392, АК4394, РСМ1723, РСМ1742, РСМ1748, РСМ1753, РСМ1755 и РСМ1782.

Коротко рассмотрим некоторые общие понятия и термины, используемые в специальной литературе, а

также в технической документации по ЦАП АКМ и Burr-Brown.

В большинстве схемных решений ЦАП борьбу с заметностью шума квантования ведут путём добавления к преобразованному сигналу специального шума. В английской терминологии такой процесс называют термином dithering (размывание), общий уровень шума при этом незначительно возрастает.

Существенной проблемой при цифроаналоговых преобразованиях является «многолепестковость» спектра сигнала на выходе, поэтому одной из важнейших задач является выделение только центральной части спектра преобразуемого сигнала, для чего необходимы ФНЧ высокого порядка (обычно цифровые).

Для улучшения качества звучания и снижения порядка ФНЧ широко применяется метод, заключающийся в увеличении частоты выборки в несколько раз (Oversampling, повышающая передискретизация). Наиболее совершенные устройства содержат перед ЦАП специальные ИС, которые, наряду с повышающей передискретизацией, осуществляют табличную интерполяцию отсчётов.

Джиттер (jitter) – случайные фазовые или частотные отклонения передаваемого цифрового сигнала, которые возникают из-за недостаточной стабильности задающих генераторов, влияния шума систем фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), пульсаций источников питания и некоторых других причин.

Особое место в цифровой схемотехнике занимают АЦП и ЦАП на основе дельта-сигма (или сигма-дельта) модуляции. Метод заключается в дискретизации аналогового сигнала на очень больших частотах, превышающих частоту Найквиста (Фв) в десятки раз. При этом для квантования достаточно всего одного разряда, в котором будет храниться не амплитуда сигнала, а факт её изменения

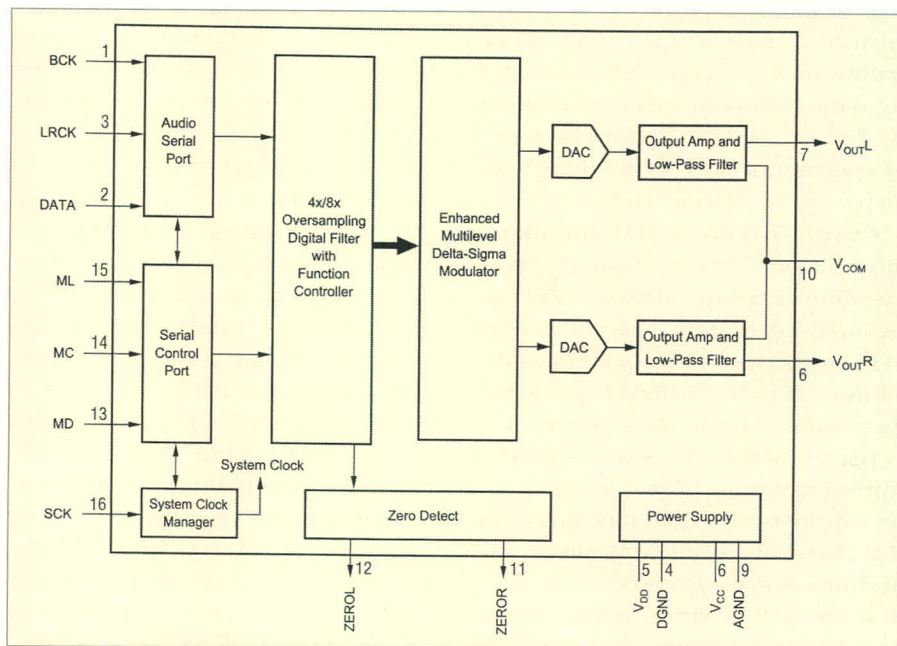


Рис. 1. Структура и нумерация выводов ЦАП РСМ1742

(«дельта»). Возрастание амплитуды кодируется логической единицей, уменьшение – логическим нулём, а отсутствие изменений – чередованием нулей и единиц.

Для уменьшения шума квантования ДС-модулятора в звуковой области применяется преобразование спектра шума, получившее наименование noise shaping (формирование шума). Достоинством метода дельта-сигма-модуляции является относительная простота построения ЦАП и его способность обеспечить более высокую эквивалентную разрядность, линейность и монотонность передаточной характеристики.

В последние годы разработчики фирмы TI/Burr-Brown активно применяют в звуковых ЦАП многоуровневые (Multi-Level Noise Shaping) ДС-модуляторы (5 – 8 уровней вместо двух). В пятиуровневом дельта-сигма-модуляторе, использованном в ИС ЦАП типа PCM1715, весь диапазон входных сигналов разбивается на пять поддиапазонов, в пределах которых производится восьмикратная передискретизация и ДС-модуляция (перед модулятором устанавливается цифровой фильтр, обычно 4-го порядка). ЦАП с многоуровневыми дельта-сигма-модуляторами, по заявлениям разработчиков Burr-Brown, по сравнению с одноразрядными (двухуровневыми), отличаются меньшей чувствительностью к джиттеру и лучшей стабильностью параметров.

Цифроаналоговый преобразователь PCM1742 является восьмиуровневым ДС-преобразователем и предназначен для использования в AV-ресиверах, CD/DVD-проигрывателях и рекордерах, HDTV-ресиверах, автомобильных звуковых системах, звуковых картах для компьютеров и других устройствах, требующих 24-разрядной дискретизации. Структура и номера выводов микросхемы приведены на рисунке 1.

В состав ИС входят: блок звукового интерфейса (Audio Serial Port); блок интерфейса управления режимами ЦАП (Serial Control Port); блок 4/8-кратной передискретизации с цифровым фильтром и узлом управления (4x/8x Oversampling Digital Filter with Function Controller); усовершенствованный восьмиуровневый ДС-модулятор (Enhanced Multilevel Delta-Sigma Modulator); одноразрядные

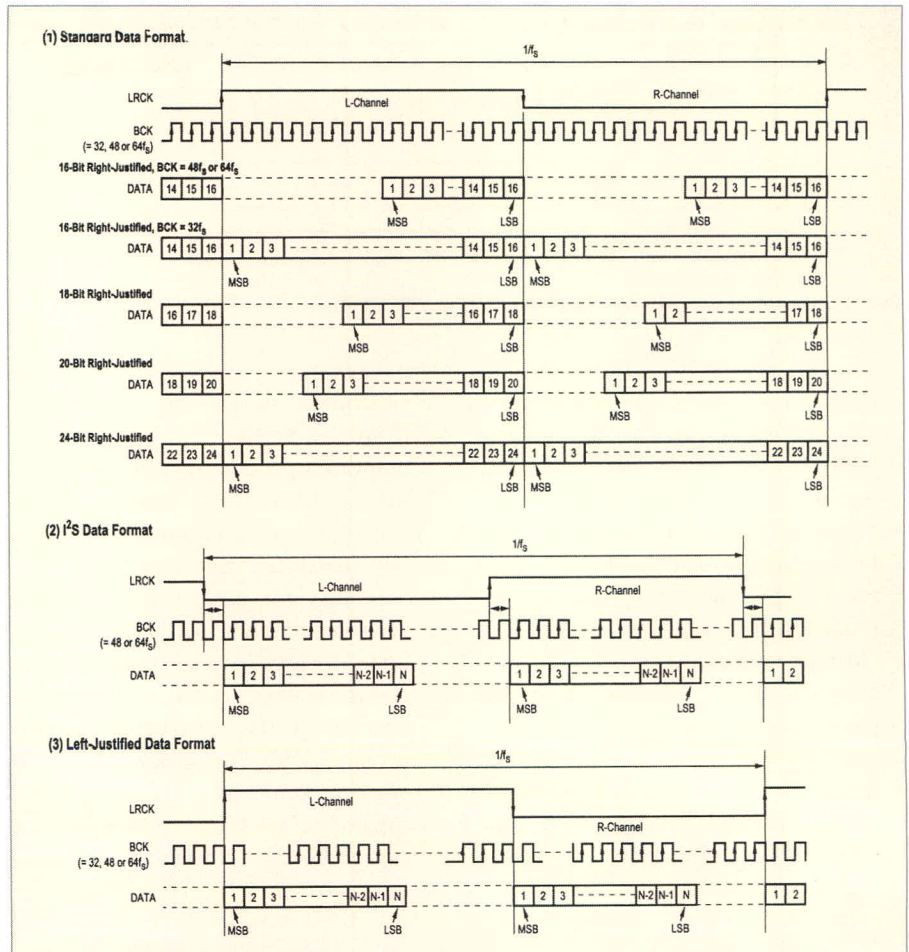


Рис. 2. Диаграммы звукового интерфейса ЦАП PCM1742

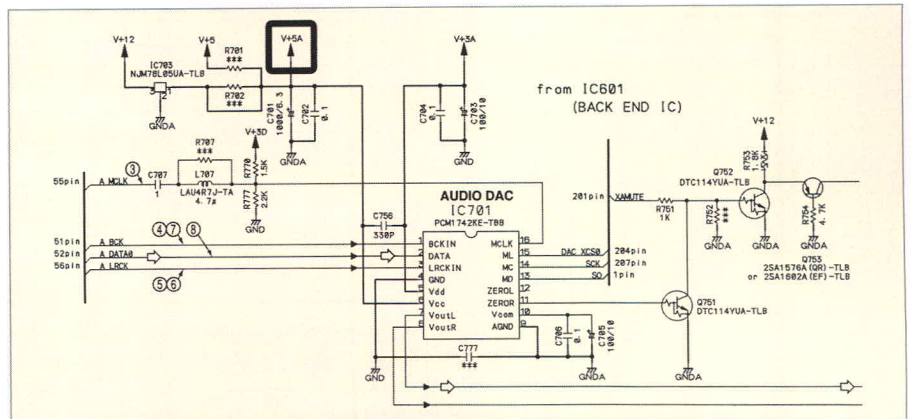


Рис. 3. Схема включения ЦАП типа PCM1742 в DVD-проигрывателях Pioneer-DV360-K/360-S

ЦАП левого и правого каналов (DAC); выходные ФНЧ и усилители левого и правого каналов (Output Amp and Low-Pass Filter); детекторы отсутствия сигналов в левом и правом каналах (Zero Detect); формирователь системных тактовых сигналов (System Clock Manager) и внутренний источник питания (Power Supply).

Основные технические характеристики ЦАП типа PCM1742 (в терминологии Burr-Brown):

- форматы входного (звукового) интерфейса Standard (т.е. Right-Justified), I2S, Left-Justified;

- формат звуковых данных MSB-First, Binary Two's Complement, сигнал подаётся на вывод 2;
- тактовые частоты 32, 48, 64кГц, сигнал подаётся на вывод 1;
- системные тактовые частоты (System Clock Frequency) – 256, 384, 512, 768кГц, сигнал подаётся на вывод 16;
- суммарный уровень нелинейных искажений и шумов (THD+N) 0,003% (PCM1742E), 0,002% (PCM1742KE), типовые значения при частоте  $f_s = 44,1$ кГц и уровне выходного сигнала 0 дБ. При частотах дискретизации 96 и 192 кГц искажения несколько

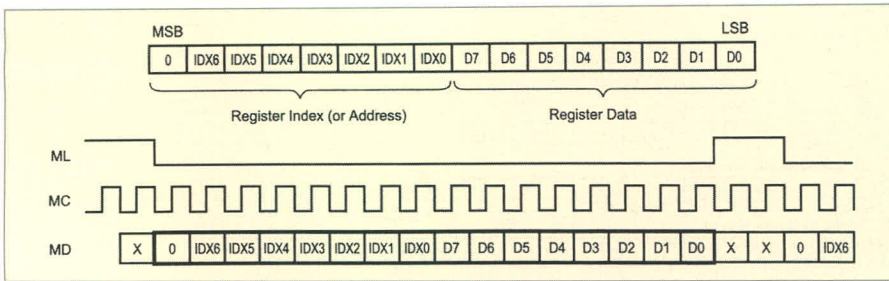


Рис. 4. Диаграммы интерфейса управления ЦАП типа PCM1742

больше (до 0,005%). С уменьшением уровня выходного сигнала искажения увеличиваются и при уровне -60 дБ составляют 1,2% ( $f_s = 44,1$  кГц, группа E), 0,65% (KE);

- динамический диапазон (методика EIAJ, с взвешивающим фильтром типа A) при частоте  $f_s = 44,1$  кГц составляет 100 дБ (E) и 106 дБ (KE). При частотах дискретизации 96 и 192 кГц динамический диапазон уменьшается до 98 и 96 дБ соответственно;
- отношение сигнал/шум (EIAJ, A-Weighted) при частоте  $f_s = 44,1$  кГц - 100 дБ (E) и 106 дБ (KE);

- разделение каналов (Channel Separation) при  $f_s = 44,1$  кГц - 98 дБ (E) и 103 дБ (KE);
- ошибка линейности уровня выходного сигнала (Level Linearity Error) при уровне выходного сигнала -90 дБ равна  $\pm 0,5\%$  (E, KE);
- ошибка установки нулевого уровня выходного сигнала (Bipolar Zero Error) находится в пределах  $\pm 30$  мВ;
- размах выходного сигнала полной шкалы (FSR), соответствующий уровню 0 дБ, составляет 62% от напряжения питания;
- параметры цифрового фильтра (режим Sharp Roll-Off): полоса пропуска-

ния (Passband) при неравномерности  $\pm 0,03$  дБ составляет  $0,454f_s$ , при спаде АЧХ на 3 дБ -  $0,487f_s$ ; полоса задержания (Stopband)  $0,546f_s$  (затухание -50 дБ). В режиме Slow Roll-Off соответствующие значения параметров  $0,198f_s$  (неравномерность  $\pm 0,5$  дБ),  $0,390f_s$  (-3 дБ),  $0,884f_s$  (-40 дБ);

- напряжение питания 3...3,6 В, типовое 3,3 В (цифровая часть,  $V_{DD}$ ), 4,5...5,5 В, типовое 5 В (аналоговая часть,  $V_{CC}$ );
- ток потребления ИС зависит от частоты дискретизации,  $I_{DD}$  (6...16 мА),  $I_{CC}$  (8,5...9,0 мА).

Системные тактовые частоты, подаваемые на вход SCK, определяются выбранной частотой дискретизации и режимом работы, задаваемым сигналами управления на входах ML, MC, MD. Например, для частоты дискретизации 44,1 кГц в режиме  $256f_s$  системная тактовая частота равна 11,2896 МГц, в режиме  $384f_s$  - 16,9344 МГц,  $512f_s$  - 22,5793 МГц,  $768f_s$  - 33,8688 МГц.

В звуковом интерфейсе ЦАП используется три шины: LRCK, сигнал

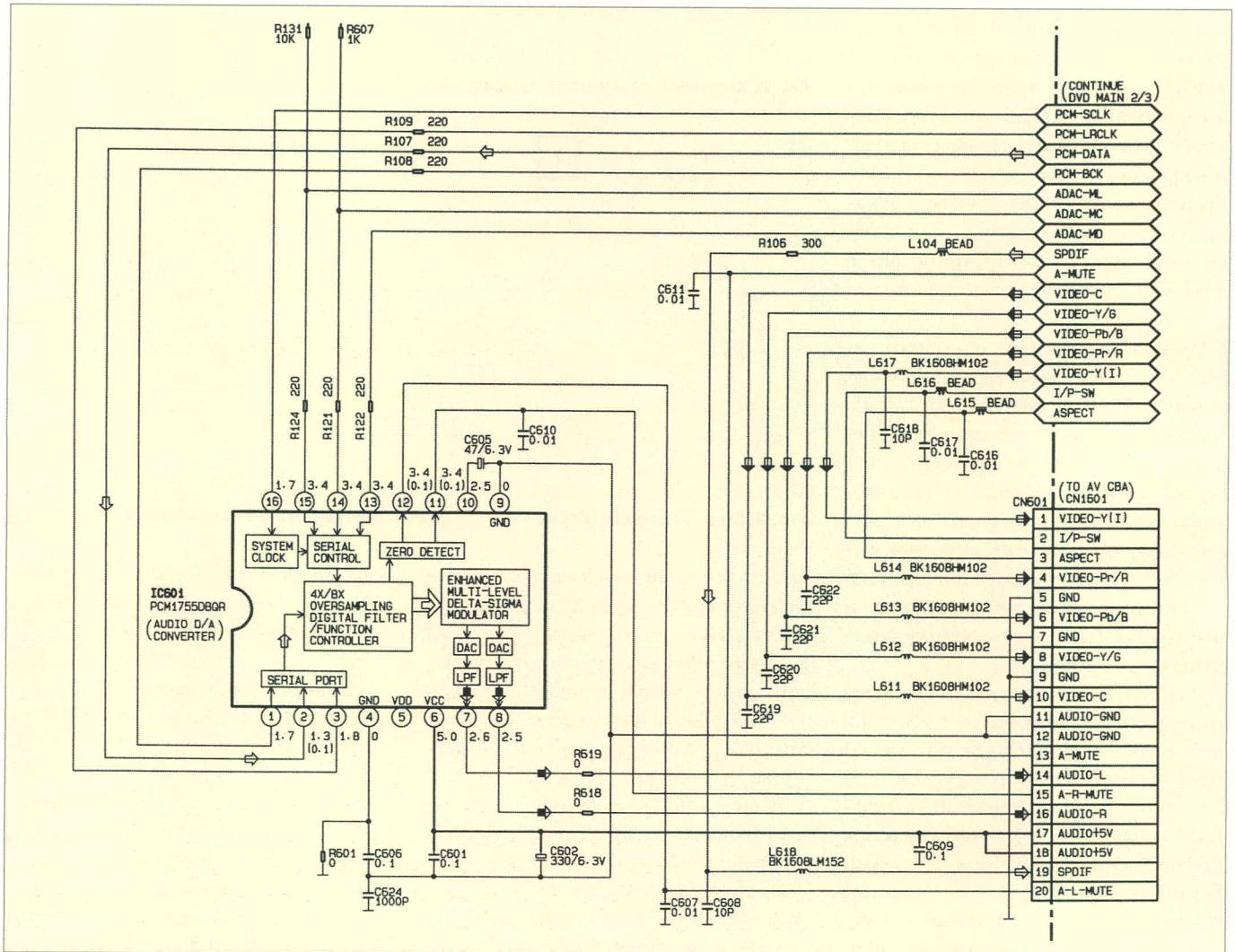


Рис. 5. Схема включения ЦАП типа PCM1755 в DVD-проигрывателе Marantz-DV4500

представляет собой меандр с частотой следования  $f_s$ , в течение положительных интервалов (HIGH) этого сигнала обрабатываются сигналы левого канала (L-Channel), отрицательных (LOW) – правого (R-Channel), в формате данных I2S наоборот; BCK – тактовый сигнал с частотами 32, 48 или  $64f_s$ ; DATA – звуковые данные в коде BTC и первым разрядом MSB. На рисунке 2 показаны временные диаграммы сигналов звукового интерфейса при работе с различными форматами данных.

Диаграмма 1 (см. рис. 2) соответствует стандартному формату Right-Justified (выравнивание по правому краю), спад (задний фронт) последнего, младшего (LSB) разряда данных совпадает со спадом сигнала LRCK. Диаграмма 2 соответствует формату I2S, выравнивание в котором не производится; первый, старший разряд данных (MSB) проходит через некоторый интервал после фронта сигнала LRCK, примерно равный периоду сигнала BCK. Диаграмма 3 соответствует формату Left-Justified (выравнивание по левому краю), фронт первого (MSB) разряда данных совпадает с фронтом сигнала LRCK. Выбор формата осуществляется переключением кода в специальном секторе данных интерфейса управления SPI (шины MC, MD, SCK); по умолчанию установлен формат 24 бит и Left-Justified.

Прибор типа PCM1742 достаточно широко применяется в аппаратуре среднего и высокого классов различных фирм. Схема включения ЦАП в DVD-проигрывателе Pioneer-DV360-K/360-S (модель 2003 г.) приведена на рисунке 3. Заявленные параметры звукового тракта этого аппарата: отношение сигнал/шум 115 дБ, динамический диапазон 101 дБ, КНИ 0,0016% (меньше, чем типовое значение для PCM1742KE по данным TI/Burr-Brown), полоса пропускания при воспроизведении компакт-дисков 4 Гц...20 кГц, DVD – 4 Гц...22 кГц ( $f_s = 48$  кГц, 16, 20, 24 бит), 4 Гц...44 кГц ( $f_s = 96$  кГц, 16, 20, 24 бит).

Системная тактовая частота сигнала A MCLK составляет 24,576 МГц ( $256f_s$ ,  $f_s = 96$  кГц или  $512f_s$ ,  $f_s = 48$  кГц), размах синусоидального сигнала в точке 3 порядка 3,5 В. Сигналы звукового интерфейса по цепям A LRCK, A BCK, A DATA поступают в формате Left-Justified (16, 20, 24 бит). Напряжение питания +5 В для аналоговой части ЦАП обеспечивает стабилизатор на микросхеме IC703, установленный в непосред-

ственной близости от ИС ЦАП. Напряжение питания +3,3 В для цифровой части ЦАП подается от отдельного источника; корпусные цепи аналоговых GND и цифровых GND узлов схемы на печатной плате разделены, что способствует уменьшению цифровых наводок на звуковой тракт. В приборе типа PCM1742 предусмотрены выходы блокировки ZEROL, ZEROR, предназначенные для управления внешними узлами, подавляющими щелчки при сбоях во время воспроизведения. Сигнал лог. 1 на этих выходах устанавливается при поступлении на вход ЦАП лог. 0 в течение 1024 и более тактов дискретизации.

Для управления режимами ЦАП используется трёхпроводной интерфейс SPI: MD – 16-разрядная последовательная шина данных, MC – тактовая шина, ML – шина управления (LATCN). Изменение режимов (перепрограммирование регистра хранения данных) производится при лог. 0 на шине ML. Установленные по умолчанию (Default) режимы могут быть изменены. Сигнал данных MD (16 бит) состоит из двух частей (см. рис. 4) – 8 адресных разрядов (0, IDX6 – IDX0) и 8 разрядов данных (D7 – D0). Предусмотрены следующие программируемые функции: цифровая регулировка уровня выходного сигнала (0...–63 дБ, шаг 0,5 дБ); включение/выключение «мягкого» приглушения (Soft Mute); переключение

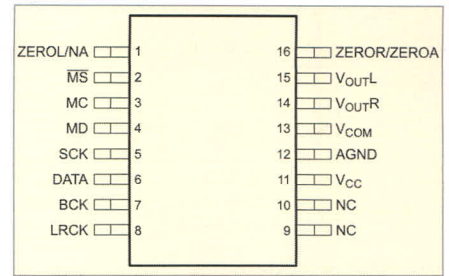


Рис. 6. Расположение выводов ЦАП типа PCM1782

частоты передискретизации ( $64\times$  или  $128\times$ ); переключение параметров коррекции предсказаний (De-Emphasis Function Control); переключение форматов звукового интерфейса; переключение типов АЧХ цифрового фильтра (Digital Filter Roll-Off Control) и некоторые другие.

Заводские предустановки: выходной уровень 0 дБ; «мягкое» приглушение выключено; передискретизация  $64\times$ ; коррекция предсказаний для  $f_s = 44,1$  кГц; формат входных данных Left-Justified (16 – 24 бит); тип АЧХ цифрового фильтра Sharp Roll-Off.

Технические характеристики взаимозаменяемых приборов PCM1748 и PCM1742 весьма близки, однако у PCM1748 меньше диапазон частот дискретизации (5...100 кГц).

Преобразователи PCM1753 и PCM1755 отличаются от PCM1742 использованием одного источника питания +5 В, подключаемого к выводу 6 (вывод 5 не подключен),

интернет-магазин

# Elitan.ru

- электронные компоненты
- приборы и инструмент
- компьютерная техника

**500 000 ТОВАРОВ**  
**ОТ 600 ИЗГОТОВИТЕЛЕЙ**

минимальный заказ **не ограничен**

**12 способов доставки** по России и зарубеж

оплата через **банк, почту, Webmoney, ЯндексДеньги, Visa, MasterCard**

**ежедневное обновление** склада

отслеживание заказа **на сайте**

**Москва**  
Телефон: 8 (495)  
**649-84-45**  
Факс: 646-80-01

**Ижевск**  
Телефон: 8 (3412)  
**50-33-30**  
Факс: 51-84-29

**Санкт-Петербург**  
Телефон: 8 (812)  
**313-28-33**  
Факс: 313-28-44

**ЛИТАН®**  
info@elitan.ru  
www.elitan.ru

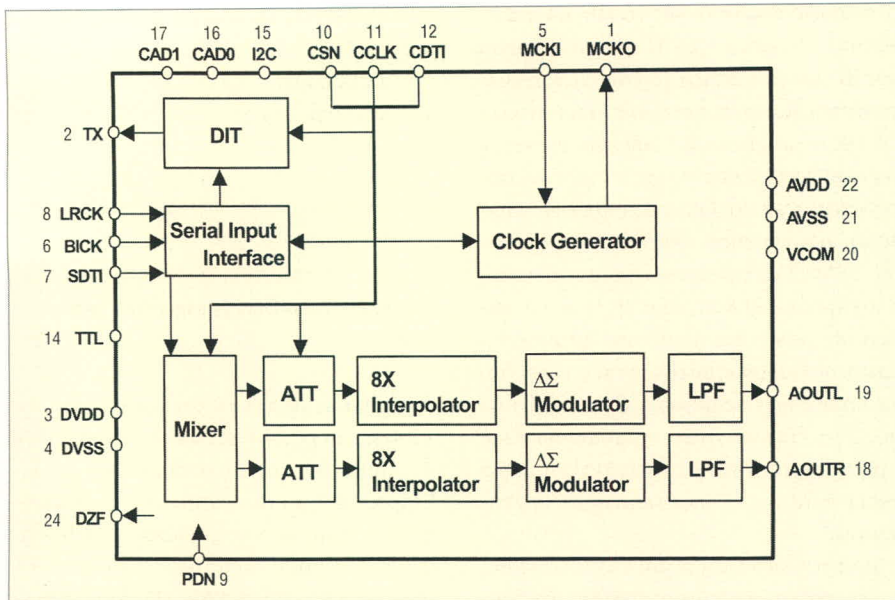


Рис. 7. Структура и номера выводов ЦАП АК4353

Mixer – сумматор, ATT – аттенуатор, Clock Generator – тактовый генератор

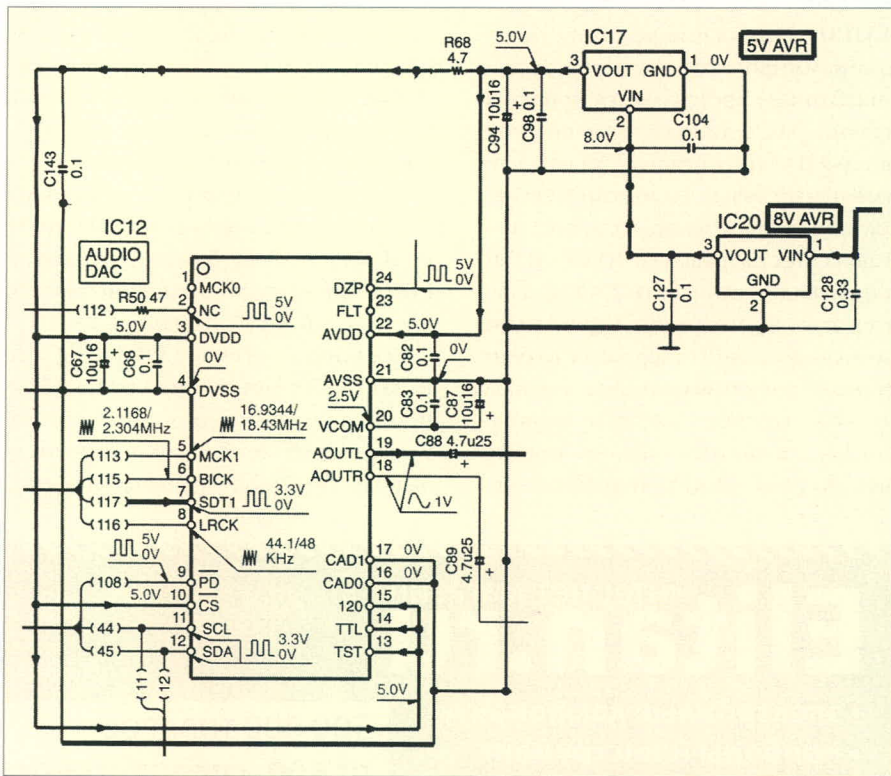


Рис. 8. Схема включения ЦАП типа АК4353 в автомобильных DVD-ресиверах Kenwood-KVT-910/920/930/940/960DVD

ими можно заменить ЦАП типа PCM1741, PCM1742 и PCM1748. Перечислим параметры, отличающиеся от соответствующих параметров ЦАП PCM1742:

- системные тактовые частоты 128, 192, 256, 384, 512, 768, 1152fs;
- (THD+N) 0,002% (fs = 44,1 кГц), 0,003% (96 кГц), 0,004% (192 кГц) при уровне выходного сигнала 0 дБ. При уровне -60 дБ параметр THD+N увеличивается до 0,65% (44,1 кГц), 0,8% (96кГц), 0,95% (192 кГц);
- динамический диапазон 106 дБ (44,1 кГц), 104 дБ (96 кГц), 102 дБ (192 кГц);
- разделение каналов не менее 102 дБ при всех частотах дискретизации;
- размах выходного сигнала, соответствующий уровню 0 дБ, составляет 0,8VCC;
- отношение сигнал/шум 106 дБ (44,1 кГц), 104 дБ (96 кГц), 102 дБ (192 кГц);
- параметры цифрового фильтра в режиме Sharp Roll-Off: полоса пропус-

кания при неравномерности ±0,04 дБ равна 0,454fs; полоса задержания 0,546fs (при ослаблении -50 дБ). В режиме Slow Roll-Off соответствующие параметры равны 0,198fs при неравномерности ±0,5 дБ и 0,884fs (при ослаблении -35 дБ);

- напряжение питания составляет 4,5...5,5 В, потребляемый ток зависит от частоты дискретизации: 16 мА (44,1 кГц), 25 мА (96 кГц), 30 мА (192 кГц) при напряжении +5 В.

Микросхемы PCM1753 и PCM1755 широко применяются в современной звуковой и видеоаппаратуре ведущих мировых фирм. Схема включения ЦАП типа PCM1755 в DVD-проигрывателе MARANTZ-DV4500 (модель 2004 г.) приведена на рисунке 5. Схема достаточно проста и не требует комментариев. Заявленные параметры звукового тракта проигрывателя: отношение сигнал/шум 115 дБ, динамический диапазон 96 дБ (CD), 100 дБ (DVD), (THD+N) нормирован только для CD 0,0045%.

Приборы PCM 1780 и PCM1782 также является усовершенствованными 24-разрядными многоуровневыми преобразователями, однако по расположению выводов они несовместимы с рассмотренными выше ЦАП. Такое решение направлено на обеспечение их совместимости по интерфейсу управления с восьмиканальными ЦАП типа PCM1680. Расположение выводов микросхем показано на рисунке 6 (структура микросхемы такая же, как и на рисунке 1). Параметры ЦАП типа PCM 1780 и PCM1782 практически не отличаются от соответствующих параметров PCM1742. В интерфейсе управления SPI микросхем аббревиатура ML (PCM1742) заменена на MS, других отличий нет.

Перейдём к рассмотрению параметров и схем включения ЦАП фирмы АКМ из каталога 2008 г. Приведённые ниже термины и аббревиатуры используются разработчиками АКМ в технической документации и каталогах.

Прибор АК4353 является стерео-ЦАП с цифровым интерфейсом DIT (96 kHz 24-Bit DAC with DIT), число разрядов 16, 18, 20, 24, частота дискретизации 16...96 кГц, напряжение питания 2,7...5,5 В. Цифровые звуковые интерфейсы: LSB Justified (соответствует R-Justified фирмы Burr-Brown), MSB Justified (соответствует L-Justified), I2S. Интерфейсы управления: последовательный трёхпроводной (3-wire Serial),

I<sup>2</sup>C; корпус 24-выводной VSOP. В составе микросхемы имеется цифровой «передатчик» DIT (Digital Audio Interface Transmitter), совместимый с интерфейсами S/PDIF, IEC958, AES/EBU и EIAJ CP1201 (разработка 2000 г.); блок звукового интерфейса (Serial Input interface); сумматор сигналов управления (Mixer); управляемые цифровые аттенуаторы (ATT); блоки восьмикратной передискретизации (8× Interpolator); ДС-модуляторы ( $\Delta\Sigma$  Modulator); ФНЧ левого и правого каналов (LPF); цифровой «передатчик» (DIT); формирователь системных тактовых сигналов (Clock Generator). Структура и номера выводов микросхемы приведены на рисунке 7 (не отмечены выводы 13 TEST и 23 – не подключен).

Основные технические характеристики ЦАП типа AK4353:

- формат звуковых данных соответствует MSB-First, BTC Burr-Brown (шина SDTI);
- тактовые частоты 32, 36, 40, 48,  $64f_s$  (шина BICK);
- системные тактовые частоты 128, 256, 384, 512, 768, 1024,  $1536f_s$  (шина MCKI);
- отношение сигнал/суммарный уровень нелинейных искажений и шума (S/N+D) равно 90 дБ при напряжении питания +5 В и 86 дБ при +3 В (типичные значения при частоте дискретизации 44,1 кГц), при частоте дискретизации 96 кГц – 86 и 84 дБ соответственно;
- динамический диапазон (DR) 102 дБ ( $U_{пит} = +5$  В), 90 дБ (+3 В) при частоте дискретизации 44,1 кГц; при частоте дискретизации 96 кГц – 96 и 92 дБ соответственно;
- отношение сигнал/шум (со взвешивающим фильтром типа А при частоте дискретизации 44,1 кГц) – 102 дБ (+5 В), 97 дБ (+3 В), при частоте дискретизации 96 кГц – 96 и 92 дБ соответственно;
- разделение каналов 110 дБ;
- размах выходных сигналов (Output Voltage) 3 В (+5 В) и 1,8 В (+3 В);
- параметры цифрового фильтра: полоса пропускания (Passband) при неравномерности АЧХ 0,02 дБ – 20 кГц ( $f_s = 44,1$  кГц), 43,5 кГц ( $f_s = 96$  кГц); при спаде АЧХ –6 дБ – 22,05 и 48 кГц соответственно; полоса задержания (Stopband) – 24,1 кГц/52,5 кГц (затухание –54 дБ);
- ток потребления по цепи  $AV_{DD}$  – 8...12 мА, DVDD – 8...16 мА (44,1 кГц), 13...26 мА (96 кГц).

Системные тактовые частоты, подаваемые на вход MCKI, определяются выбранной частотой дискретизации и режимом работы, задаваемым сигналами последовательного кода управления. Например, для частоты дискретизации 44,1 кГц в режиме  $256f_s$  системная тактовая частота равна 11,2896 МГц, для частоты дискретизации 96 кГц в режиме  $256f_s$  – 24,5760 МГц. Интерфейс сигналов управления определяется логическим уровнем напряжения на выводе 15 (I<sup>2</sup>C) микросхемы, при лог. 0 обеспечивается управление по трёхпроводному интерфейсу (3-wire Serial Control Mode). При этом задействованы выводы 10, 11 и 12 (CSN – шина управления, CCLK – тактовая шина, CDTI – шина данных), при лог. 1 – выводы 11 и 12 (названия шин изменяются на SCL и SDA, т.е. сигналы стандартной шины I<sup>2</sup>C).

Структура сигналов трёхпроводной шины близка к структуре интерфейса SPI, показанной на рисунке 7 (адресные разряды обозначены другими буквами). Изменение режимов (перепрограммирование регистра хранения данных) производится при уровне лог. 0 на шине CSN. Установленные по умолчанию режимы могут быть изменены. Для программирования регистра управления ЦАП следует ориентироваться на справочные данные, приведённые на интернет-странице изготовителя [2].

Структура сигналов звукового интерфейса (LRCK, BICK, SDTI) в основном соответствует структуре, показанной на рисунке 2. Предусмотрена возможность работы с пятью форматами данных: в режиме Mode 0 – 16bit LSB Justified; Mode 1 – 18bit LSB Justified; Mode 2 – 20bit LSB Justified; Mode 3 – 24bit LSB Justified (см. диаграмму 1 на рис. 2); Mode 4 – 24bit MSB Justified (см. диаграмму 3 на рис. 2); Mode 5 – I2S (см. диаграмму 2 на рис. 2); по умолчанию установлен режим I2S.

Схема включения ЦАП типа AK4353 в автомобильных DVD-ресиверах с ЖК-телевизорами KENWOOD-KVT-910/920/930/940/960DVD (модели 2002 г.) приведена на рисунке 8 (шины на выводах 2, 5, 7, 10 – 12 и 15 ИС имеют обозначения, отличающиеся от соответствующих обозначений на рисунке 7). Заявленные параметры звукового тракта этого аппарата: отношение сигнал/шум 115 дБ (DVD, частота дискретизации 96 кГц); динамический диапазон 95 дБ; КНИ=0,003% (соответствует вышеприведённому параметру

S/N + D = 90 дБ); частотный диапазон 20 Гц...44 кГц ( $f_s = 96$  кГц), 20 Гц...22 кГц (48 кГц), 20 Гц...20 кГц (44,1 кГц); передискретизация  $8f_s$  (44,1 кГц, 48 кГц),  $4f_s$  (96 кГц); число разрядов 16, 20, 24.

Системные тактовые частоты в цепи 113 (вывод 5 IC12) 16,9344 МГц (CD), 18,43 МГц (DVD). Сигналы звукового интерфейса по цепям 115 (вывод 6), 116 (вывод 8), 117 (вывод 7) поступают в формате LSB-Justified (16, 20, 24 разряда). Напряжение +5 В для питания ИС обеспечивает двухступенчатый линейный стабилизатор



**KERAFOL®**  
Качество из Германии







- Керамические мягкие пленки для отвода тепла
- Теплопроводные пасты для заполнения зазоров
- Клеи, компаунды
- Графитовые, ферритовые пленки



**KERATHERM®**  
Материалы для отвода тепла

Официальный дистрибьютор в России:  
**ЗАО «РЕОМ СПб»**

Тел./Факс: (812) 327-96-60,  
387-55-06, 387-65-64,  
387-86-94

E-mail: reom@reom.ru  
Web: www.reomspb.ru

Россия, 196105, Санкт-Петербург,  
просп. Ю. Гагарина, д. 1

РЕКЛАМА

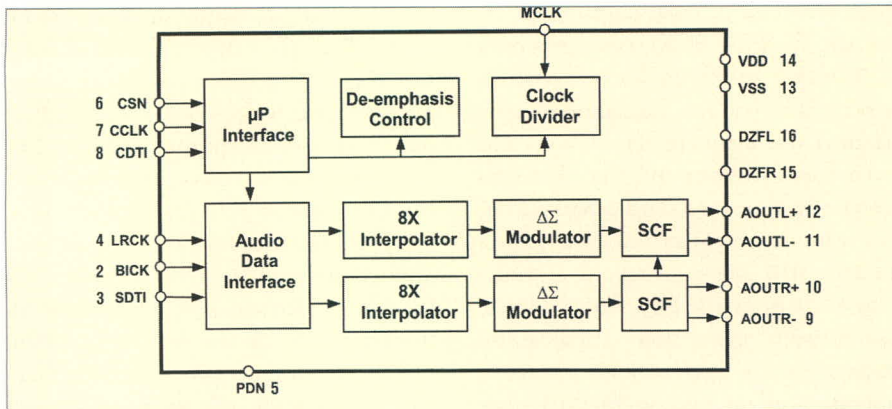


Рис. 9. Структура и номера выводов ЦАП типа АК4381, АК4382, АК4384 и АК4385

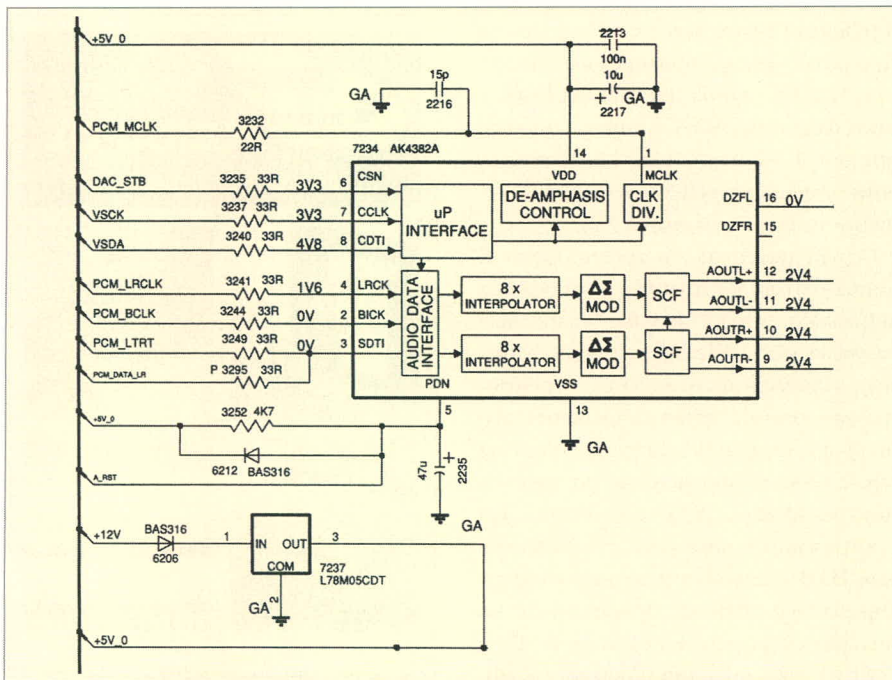


Рис. 10. Схема включения ЦАП типа АК4382 в DVD-проигрывателе Philips-DVP720SA

на микросхемах IC20 AN7708SP фирмы MATSUSHITA и IC17 NJU7222U50 фирмы JRC. Выходные звуковые сигналы левого и правого (выводы 19 и 18) каналов подаются на буферные двоянные ИОУ типа NJM4565V. Узел DIT (вывод 2) не задействован.

Преобразователи АК4382 (2000 г.), АК4384 и АК4385 (2006 г.) – 24-разрядные, с большим динамическим диапазоном; число разрядов 16, 20, 24; динамический диапазон 112, 106 и 108 дБ соответственно; частоты дискретизации 8...192 кГц; напряжение питания 5 В; цифровые звуковые интерфейсы LSB/MSB-Justified, I2S; интерфейс управления 3-wire Serial; корпус 16-выводной TSSOP. Структура и номера выводов микросхем АК4381, АК4382, АК4384 и АК4385 приведены на рисунке 9; микросхемы функционально идентичны, что в ряде случаев обеспечивает их взаимозаменяемость. В со-

став ИС входят: последовательный интерфейс управления (uP Interface); входной последовательный интерфейс данных (Audio Data Interface); интерполирующие цифровые фильтры (8x Interpolator); одноразрядные ДС-модуляторы с преобразователями спектра шума (ΔΣ Modulator); выходные фильтры на переключаемых конденсаторах (SCF); узел коррекции предискажений (De-emphasis Control); делитель частоты (Clock Divider).

Приведём основные технические характеристики ЦАП типа АК4382 при 24-разрядном входном сигнале и тактовой частоте BICK = 64f<sub>s</sub>:

- (THD+N): при f<sub>s</sub> = 44,1 кГц, U<sub>ВЫХ</sub> = 0 дБ, -94 дБ (тип., макс. -86 дБ), при U<sub>ВЫХ</sub> = -60 дБ, -48 дБ; при f<sub>s</sub> = 96/192 кГц, U<sub>ВЫХ</sub> = 0 дБ, -92 дБ, при U<sub>ВЫХ</sub> = -60 дБ, -45 дБ;
- отношение сигнал/шум 112 дБ (мин. 102 дБ);

- разделение каналов 110 дБ (мин. 90 дБ);
- полный размах выходного напряжения (F<sub>s</sub>) ±2,75 В на нагрузке 2 кОм. Указанный выше динамический диапазон действителен для 24-разрядного входного сигнала, при 16 разрядах он снижается до 100 дБ для всех ИС;
- ток потребления 20...40 мА.

Отличающиеся от приведённых параметры ЦАП типа АК4381/АК4385 (кроме динамического диапазона): (THD + N) при частоте f<sub>s</sub> = 44,1 кГц и U<sub>ВЫХ</sub> = -60 дБ составляет -44 дБ, при f<sub>s</sub> = 96/192 кГц и U<sub>ВЫХ</sub> = -60 дБ равен -41 дБ. Для микросхемы АК4384: (THD + N) при f<sub>s</sub> = 44,1 кГц и U<sub>ВЫХ</sub> = -60 дБ равен -42 дБ, при f<sub>s</sub> = 96/192 кГц и U<sub>ВЫХ</sub> = -60 дБ равен -39 дБ. Параметры цифровых фильтров для режима Sharp Roll-off при частоте дискретизации 44,1 кГц: полоса пропускания (Passband) 22,5 кГц (по уровню -6 дБ); затухание в полосе задержания (Stopband Attenuation) -54 дБ. Для режима Slow Roll-off полоса пропускания составляет 18,2 кГц (по уровню -3 дБ); затухание в полосе задержания -72 дБ (для АК4382). Допустимый диапазон тактовых частот MCLK на выводе 1 микросхем 2,048...36,864 МГц.

Преобразователь АК4382 применён в звуковом тракте DVD-проигрывателя Philips DVP720SA (модель 2004 г.). Заявленные параметры проигрывателя в стереорежиме: неравномерность АЧХ в диапазоне 20 Гц...20 кГц ±0,2 дБ; отношение сигнал/шум не менее 90 дБ (с взвешивающим фильтром типа А); КНИ + шум не более -85 дБ; разделение каналов не менее 100 дБ; максимальный размах выходного сигнала 2 В ±1,5 дБ. Форматы данных и компрессии: MPEG-1, MPEG-2, AC-3, PCM (16, 20, 24 разряда, f<sub>s</sub> = 44,1, 48, 96 кГц); MP3 (ISO9660), 96, 112, 128, 256 Кбит/с (f<sub>s</sub> = 32, 44,1, 48 кГц).

Схема включения ЦАП типа АК4382А в двухканальном звуковом тракте этого проигрывателя приведена на рисунке 10. Сигналы входного звукового интерфейса на микросхеме 7234 поступают по цепям PCM\_LRCLK, PCM\_BCLK, PCM\_LTRT, PCM\_DATA\_LR, сигнал системных тактовых частот – по цепи PCM\_MCLK. Дифференциальные выходные аналоговые сигналы с выводов 9 – 12 подаются на ФНЧ, выполненный на двоянном ИОУ 7233 типа LM8833В. Напряжение питания +5 В поступает на ЦАП по цепи +5V\_0 от

отдельного стабилизатора 7237 (L78M05CDT).

В заключение следует отметить, что в настоящее время благодаря усилиям инженеров и сотрудников фирм AKM и Texas Instruments, разработчикам звуковых компьютерных карт, звуковой и видеоаппаратуры стали доступны недорогие ЦАП, обеспечивающие качество звучания на уровне Hi-Fi.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. <http://www.ti.com>.
2. <http://www.asahi-kasei.co.jp>.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

Использованные сокращения и обозначения:

*BTC* (Binary Two's Complement) – двоичный дополнительный код, в приложении к ЦАП используется для кодирования отрицательных значений входного сигнала. Отрицательные значения сигнала (ниже уровня Bipolar Zero – биполярного нуля) всегда кодируются лог. 1 в старшем (первом) разряде, положительные – лог. 0;  
*FSR* (Full Scale Range) – размах выходного сигнала на выходе ЦАП, соответствующий максимальному значению входного кода;

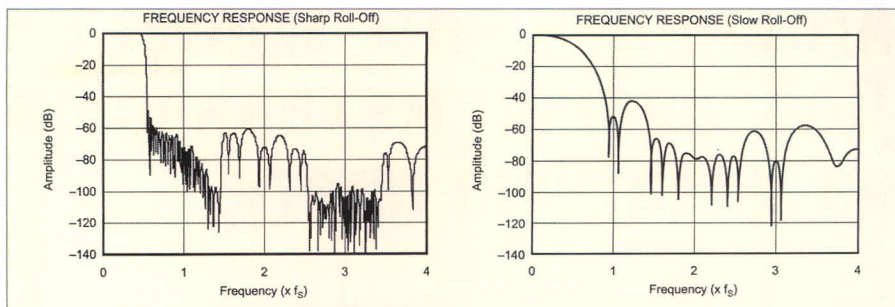


Рис. 11. АЧХ цифровых фильтров ЦАП типа PCM1742

*EIAJ* (Electronic Industries Association of Japan) – ассоциация электронной промышленности Японии;  
*I2S* (Inter Integrated Circuits Sound) – двунаправленная асинхронная шина с последовательной передачей данных внутри одного устройства, см. диаграмму 2 на рисунке 2;  
*LSB* (Least Significant Bit) – наименее значимый (младший) разряд двоичного числа;  
*MSB* (Most Significant Bit) – наиболее значимый (старший) разряд;  
*SPI* (Serial Peripheral Interface Bus) – полудуплексный скоростной синхронный трёхпроводной интер-

фейс, предложенный фирмой Motorola; в стандарте на интерфейс фигурируют четыре шины: SCK (MC), SDI (MD), CS (ML), в скобках приведены эквиваленты обозначений Burr-Brown (см. рис. 4), четвёртая шина SDO – выход данных (предназначена для каскадирования устройств);  
*Sharp Roll-Off* – АЧХ цифрового фильтра с крутым спадом;  
*Slow Roll-Off* – АЧХ цифрового фильтра с пологим спадом. АЧХ цифрового фильтра ЦАП PCM1742 приведены на рисунке 11, по горизонтальной оси отложены значения частоты в долях частоты дискретизации  $f_s$ .

**Компания ПРОСОФТ предлагает широкий ассортимент электронных компонентов от российских и зарубежных производителей**

Опираясь на многолетний опыт применения компонентов, ПРОСОФТ гарантирует:

- Оптимальные ценовые решения по подбору элементной базы
- Осуществление поставок комплектующих для серийного производства и новых разработок
- Оптимизация схемотехнических решений
- Оказание технической и информационной поддержки

**Электронные компоненты**

мир электронных компонентов

Allegro, anadigm, CREE, B BULGIN, SHARP, HARTING, austriamicrosystems, Semikron, Switchcraft, MICROMETALS, OMRON, mps, PROSOFT®

тел.: (495) 232-25-22  
 e-mail: info@prochip.ru  
 web: www.prochip.ru

# Altium Designer Win er 09 – Добавление механических деталей на печатную плату

Алексей Сабунин (Москва)

Мечта разработчиков печатных плат – избавиться от операций передачи данных из разного рода САПР. Средствами Altium Designer можно не только добавлять детали, созданные в «механических» САПР (MCAD), но и создавать ссылки на такие модели, что позволяет вести параллельную работу в двух системах проектирования и постоянно синхронизировать проект. В данной статье рассматриваются инструменты добавления и сопряжения деталей с конструктивом платы.

Начиная с версии *Summer 08*, в программе Altium Designer осуществляется взаимодействие с данными MCAD-систем на высоком уровне. Это позволяет импортировать, редактировать и проверять сопряжённость с механическими деталями в проекте платы. Файлы данных MCAD могут иметь связь с реальными файлами для обновления информации о деталях в Altium Designer.

Ранее установка механических деталей в проекты печатных плат средствами «электронных» САПР (ECAD) и их последующий импорт в MCAD являлись сложным, многоэтапным процессом. В пакете Altium Designer имеется целая группа команд, позволяющая добавлять детали на плату и размещать их согласно техническим требованиям. Это даёт возможность не только установить на плату такие детали, как радиаторы, втулки, подставки и т.д., но также закрепить плату в корпусе и добавить другую плату с компонентами.

В качестве формата взаимодействия MCAD и Altium Designer используется формат STEP, являющийся стандартом обмена механическими моделями. Деталь с геометрией любой сложности в формате STEP может быть сформирована в любой из программ твердотельного моделирования (SolidWorks, ProE, Компас и т.д.). Формат STEP применяется большим количеством разработчиков электронных компонентов, которые предоставляют в нём модели корпусов полупроводниковых приборов. Пакет Altium

Designer поддерживает оба формата STEP (AP203 и AP214), однако следует помнить, что в формате STEP AP203 не сохраняется информация о цвете модели.

Пакет Altium Designer позволяет вести работу с моделями в формате STEP двумя способами. Во-первых, можно просто добавить деталь на плату; во-вторых, можно создать ссылку на файл модели. Ссылка на файл предполагает наличие «горячей» связи между приложением и исходным файлом модели. При создании такой ссылки и последующим изменением исходной модели STEP в основной программе, Altium Designer автоматически определяет изменения и предлагает внести их в модель на плате. Для использования ссылок на файлы моделей должны быть указаны некоторые папки, которые Altium Designer будет постоянно проверять на наличие обновлений. Рассмотрим инструментарий для работы с механическими деталями в редакторе плат Altium Designer на конкретных примерах.

Создадим ссылки на две готовые модели STEP, составляющие сборку корпуса устройства, в котором будет использоваться плата. Сопоставив детали корпуса с платой, выполним проверку сопряжённости деталей и отредактируем размещение компонентов с учётом механических частей. В примере будет использован проект *multivibrator\_step.pcbdoc*, который находится в папке *Altium Designer/Examples/Tutorials/multivibra-*

*tor\_step*; там же находятся необходимые для работы модели в формате STEP.

Перед использованием моделей в формате STEP необходимо указать ссылку на папку, в которой хранятся необходимые модели. Для этого выполним следующие действия:

- откроем окно настроек *DXP > Preferences > PCB Editor > Models*;
- нажмём кнопку в области *Model Search Path*, укажем папку, содержащую модели (*Altium Designer/Examples/Tutorials/multivibrator\_step*), и нажмём *OK*. Если папка с моделями находится в папке текущего проекта, то достаточно указать относительное расположение;
- после выбора папки с моделями нажмём кнопку *Add*, и папка добавится в текущий список;
- нажмём кнопку *OK* в диалоговом окне *Preferences*.

После указания местонахождения моделей можно приступить к размещению моделей STEP или ссылок на них в документе платы. Для дальнейшей работы откроем документ платы, к которой будут добавлены детали корпуса:

- откроем плату *multivibrator\_step.pcbdoc* (*File > Open*), расположенную в папке *Altium Designer/Examples/Tutorials/multivibrator\_step*;
- выполним команду *Place > 3D Body*, при этом откроется диалог *3D Body*. Для создания ссылки на 3D-модель, необходимо выбрать *Generic STEP Model* в области *3D Model Type* и нажать кнопку *Link to Step Model*. Появится окно, в котором представлен список всех моделей, находящихся в подключённых папках. *Примечание:* 3D-модели можно размещать как в двумерном, так и в трёхмерном режиме (переключение режимов осуществляется клавишами 2 (2D) и 3 (3D));
- выберем файл *multivibrator\_base.step* и нажмём *OK* в обоих окнах. Модель «привязывается» к курсору; для её

размещения необходимо нажать ЛКМ в любом месте рабочей области. Теперь на плате имеется обновляемая модель со ссылкой на исходный файл;

- после размещения первой модели на экране снова появляется диалог *3D Body*, где предлагается установить следующую модель. Нажмём кнопку *Link to Step Model*, в списке выберем модель *multivibrator\_cover.step* и разместим её аналогичным образом;

- после размещения обеих моделей нажимаем кнопку *Cancel* в диалоге *3D Body* для выхода из режима размещения.

Если размещение происходило в обычном (двумерном) режиме, то на экране показаны прямоугольники, нарисованные на слое *Mechanical1*. Чтобы просмотреть результат размещения деталей, переключимся в трёхмерный режим нажатием клавиши 3. Если на экране не отображаются трёхмерные детали, значит, их просмотр отключен. Для включения отображения STEP-деталей и других трёхмерных объектов необходимо (находясь в режиме 3D!) включить оба параметра в разделе *3D Bodies* (см. рис. 1) в настройках *Design > Board Layers and Colors* (клавиша L).

В результате на экране, кроме платы, будут показаны две модели деталей корпуса. Теперь необходимо разместить эти детали относительно платы так, как они будут выглядеть в сборке. Для выравнивания импортированных деталей в пакете *Altium Designer* используются грани модели или контрольные точки (заданные пользователем). Кроме этого, имеется возможность вращать модель в любой плоскости и указывать высоту расположения детали относительно платы. В рассматриваемом примере модели расположены в рабочей области случайным образом и далеко разнесены относительно платы, поэтому необходимо выполнить выравнивание. С этой целью могут быть использованы следующие операции:

- установка вертикального положения модели относительно плоскости платы;
- использование одиночной контрольной точки для перемещения всей модели;

- использование трёх контрольных точек для перемещения, выравнивания и вращения модели;
- использование поверхности платы для выравнивания модели относительно платы;
- использование элементов управления моделью через диалоговое окно свойств 3D-модели.

В рассматриваемом примере будут продемонстрированы все перечисленные методы позиционирования модели относительно платы.

В тех случаях, когда модель детали имеет такую же ориентацию, как плата (т.е. совпадают направления базовых осей модели и платы), для позиционирования может быть использована одна точка на модели. В рассматриваемом примере модель имеет ту же ориентацию, что и плата. Если посмотреть на плату и базовые детали корпуса, можно заметить на корпусе прямоугольный выступ, который должен проникать сквозь плату. Однако на плате пока отсутствует паз для этого прямоугольного выступа – его место необходимо определить.

Можно измерить в MCAD положение выступа и по нему определить положение паза в плате. Перед этим следует измерить внутренний размер корпуса, чтобы определить, поместится ли в него плата:

- переключаемся в 3D-режим нажатием клавиши 3;
- выполняем команду *Tools > 3D Body Placement > Measure Distances*;
- нажатием ЛКМ выделяем нижнюю часть корпуса, после чего курсор принимает вид трёхмерного голубого прицела, который перемещается по привязкам на вершинах модели;

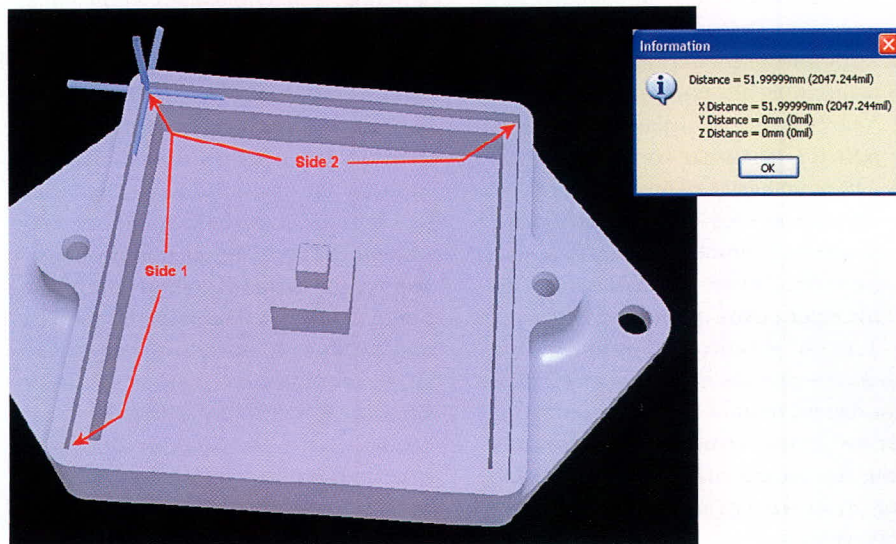


Рис. 2. Измерение внутренних размеров базовой части корпуса

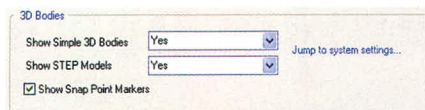


Рис. 1. Включение отображения 3D-моделей

- чтобы измерить размер внутренней части корпуса, необходимо выбрать две точки, как показано на рисунке 2, и затем измерить ширину и длину. *Примечание:* из-за базовой дюймовой системы координат размеры могут быть отображены с погрешностью 0,00001 мм;

- аналогично можно измерить диагональ внутренней части, при этом будут показаны и внутренние размеры; после завершения измерения следует нажать ПКМ.

Теперь, чтобы определить, поместится ли плата в данный корпус, измерим параметры самой платы, в том числе её линейные размеры, для чего выполним *Reports > Board Information*.

Следующим шагом необходимо определить базовую точку в центре прямоугольного выступа в корпусе для его сопряжения с платой. Расположение паза требует наличия отверстия в плате и некоторой зоны запрета вокруг этого отверстия:

- выполним команду *Tools > 3D Body Placement > Add Snap Points from Vertices* (в терминологии *Altium Designer* *Vertices* – это точки привязки на вершинах детали, *Snap Points* – точки привязки, заданные пользователем);
- выберем нажатием ЛКМ нижнюю деталь корпуса, после чего к ней будет привязан курсор прицела;

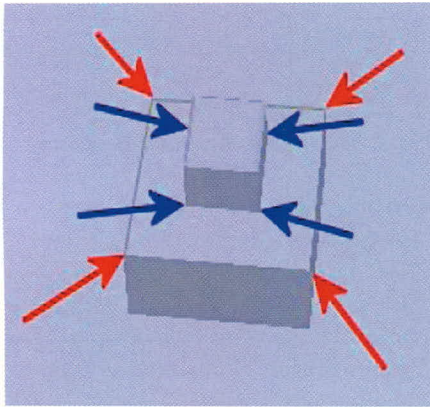


Рис. 3. Установка базовых точек

- переместим курсор по модели и выберем точки привязки на каждом из углов двух прямоугольных выступов (т.е. создадим пользовательские привязки). Красными стрелками на рисунке 3 показаны вершины большого паза, а синими стрелками – вершины малого паза. После выбора точек нажмём ПКМ или Esc для завершения;

- кроме уже выбранных точек, для работы понадобится ещё одна – центр паза. Для установки этой точки снова вызовем режим установки точек и выберем деталь;

- далее клавишей Spase выберем режим *Mid-point*, который создаёт точку привязки между двумя указанными точками. Выберем две точки по диагонали паза и клавишей Esc завершим операцию.

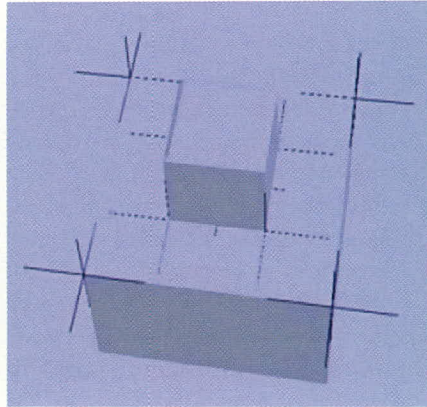
На следующем этапе поместим точку привязки в центре платы в виде контактной площадки:

- переключимся в двумерный режим и проверим, что начало координат находится в левом нижнем углу платы. Если это не так, отредактируем положение этой точки командой *Edit > Origin*;

- выполним команду *Place > Pad*;
- выполним команду *Edit > Jump > New Location*, которая позволит перейти в заданные координаты;

- в появившемся окне введём обе координаты 25,4 и два раза нажмём клавишу Enter. В результате в центре платы будет размещено металлизированное отверстие.

Теперь можно позиционировать нижнюю деталь корпуса относительно платы, используя одну точку привязки. Для этого не обязательно наличие пользовательских точек привязки; здесь могут быть автоматические точки привязки, которые формируются на вершинах модели:



- перейдём в трёхмерный режим (клавиша 3);

- выполним команду *Tools > 3D Body Placement > Position 3D Body*;

- нажатием ЛКМ выберем модель нижней детали корпуса, после чего на ней появится курсор прицела;

- нажмём клавишу Tab для выбора режима точек. Здесь можно использовать для сопоставления точки привязки (*Vertices*) и пользовательские точки привязки (*Snap Point*). В данном случае следует выключить параметр *Include Vertices*;

- переместим курсор в центр модели, и ЛКМ зафиксируем эту точку;

- переместим курсор в центр платы и ЛКМ зафиксируем положение, когда курсор совпадёт с центром контактной площадки. В результате деталь корпуса будет совмещена с платой.

*Примечание:* При выборе центра платы курсор должен принять зелёный цвет. Это означает, что его положение попадает в электрическую сетку вокруг контактной площадки.

При описанном позиционировании платы она получается подвешенной над корпусом, поэтому необходимо совместить плоскость нижнего слоя платы с верхней гранью широкого паза. Для этого, находясь в трёхмерном режиме, двойным щелчком ЛКМ заходим в свойства модели нижней детали корпуса и в списке *Body Side* выбираем *Bottom Side*. При этом корпус расположен обратной стороной к плате. Чтобы повернуть его в нормальное положение, следует зайти в свойства модели и в строке *Rotation X* указать 180 градусов.

Совместим плоскость платы с гранью паза, для чего выполним следующие действия:

- *Tools > 3D Body Placement > Set Body Height*;

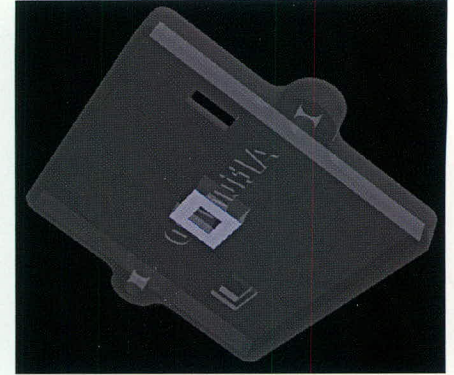


Рис. 4. Выравнивание детали по плоскости платы

- ЛКМ выберем модель нижней детали платы, после чего появится курсор прицела;

- переместим курсор на один из углов широкого паза, чтобы задать грань для выравнивания;

- в появившемся окне предлагается задать расстояние, на которое будет отодвинута плата от выбранной грани паза. В нашем случае выберем вариант *Board Surface* – тогда выравнивание будет происходить по плоскости платы.

Итак, позиционирование нижней детали корпуса завершено, и в целом оно было несложным, поскольку ориентация детали совпадала с ориентацией платы. Теперь разместим вторую деталь, ориентация которой не совпадает с платой.

Сначала выполним выравнивание детали по плоскости платы:

- *Tools > 3D Body Placement > Align Face with Board*;

- выберем нижнюю деталь корпуса нажатием ЛКМ;

- курсор мыши «привязывается» к детали; при перемещении разные грани ставшей прозрачной детали подсвечиваются. Необходимо выбрать ту грань, которая будет выровнена с плоскостью платы (см. рис. 4).

Результатом описанного действия будет совпадение плоскости платы и нижней грани детали. При этом направления детали и платы могут не совпадать, поэтому совместим деталь с платой, используя три точки (в отличие от предыдущей детали, которая сопоставлялась по одной точке). Для этого выбираем три точки на плоскости детали и затем три точки на плоскости платы, направление которых должно совпадать:

- *Tools > 3D Body Placement > Orient and Position 3D Body*;

- выберем нижнюю деталь корпуса нажатием ЛКМ, после чего курсор примет вид прицела в виде большого перекрестия голубого цвета, и укажем три точки на детали;
- курсором синего цвета укажем углы платы, соответствующие направлению ранее выбранных точек детали (при наведении на угол платы прицел становится зелёным, что говорит о попадании в зону вершины платы; если этого не происходит, рекомендуется увеличить шаг сетки *Electrical Grid*);
- после выбора трёх вершин платы происходит сопоставление направления выбранных точек, что обеспечивает необходимое положение детали.

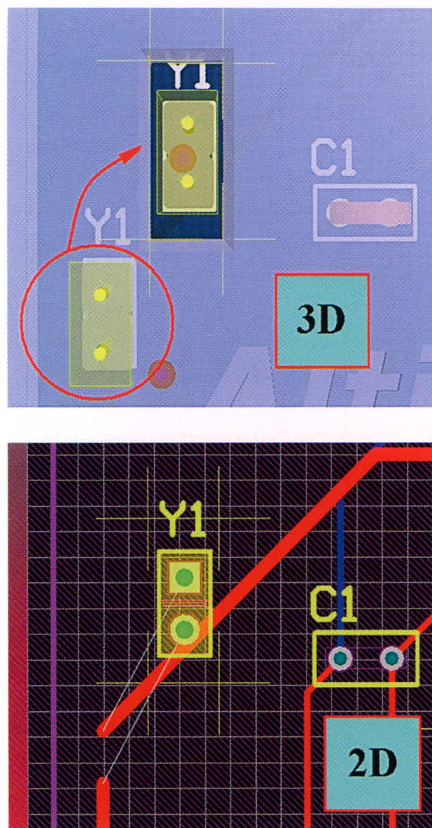


Рис. 5. Сопряжённость компонентов с деталями сборки

После размещения всех деталей видно, что разъём Y1 не попадает в расположение окна, и необходимо либо поменять расположение окна в детали, либо переместить разъём на плате. В данном случае необходимо переместить разъём непосредственно в режиме 3D, захватив его ЛКМ. Однако более точно позиционировать разъём можно в 2D-режиме, но для этого необходимо в режиме 3D установить пользовательские точки привязки, которые будут отображаться в режиме 2D (см. рис. 5)

Для управления отображением деталей в трёхмерном режиме удобно воспользоваться панелью *PCB*, которая является аналогом панели *Design Manager* в P-CAD, но, в отличие от последней, позволяет вести работу не только с цепями и компонентами, но и с остальными объектами, присутствующими на плате. После запуска панели *PCB* выбираем работу с 3D-моделями (см. 1 на рис. 6). Теперь в панели перечислены все модели, которые добавлены на плате (см. 3 на рис. 6), и здесь же можно управлять прозрачностью той или иной модели.

К моделям можно применить стандартные команды: выделение, маскировку и масштабирование (см. 2 на рис. 6). Ниже дублируются параметры отображения моделей на плате (см. 4 на рис. 6 и рис. 1). Если в панели *PCB* выполнить двойной щелчок ЛКМ на названии модели, то откроется окно свойств этой модели, где можно управлять базовыми параметрами расположения модели в пространстве относительно платы (пово-

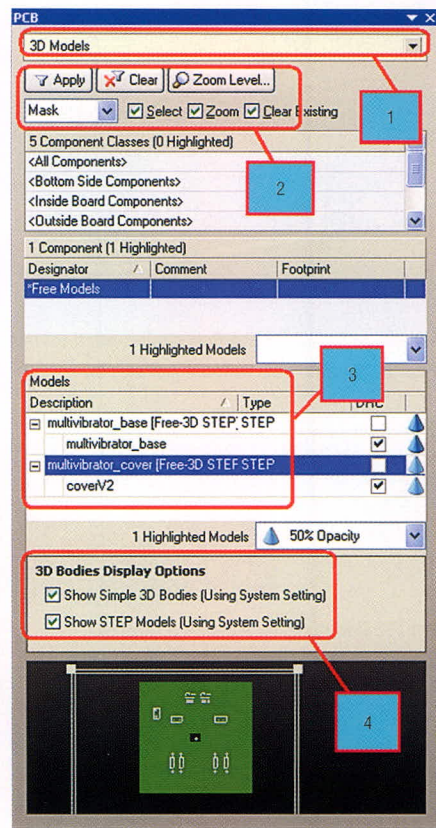


Рис. 6. Панель PCB в режиме работы с 3D-моделями

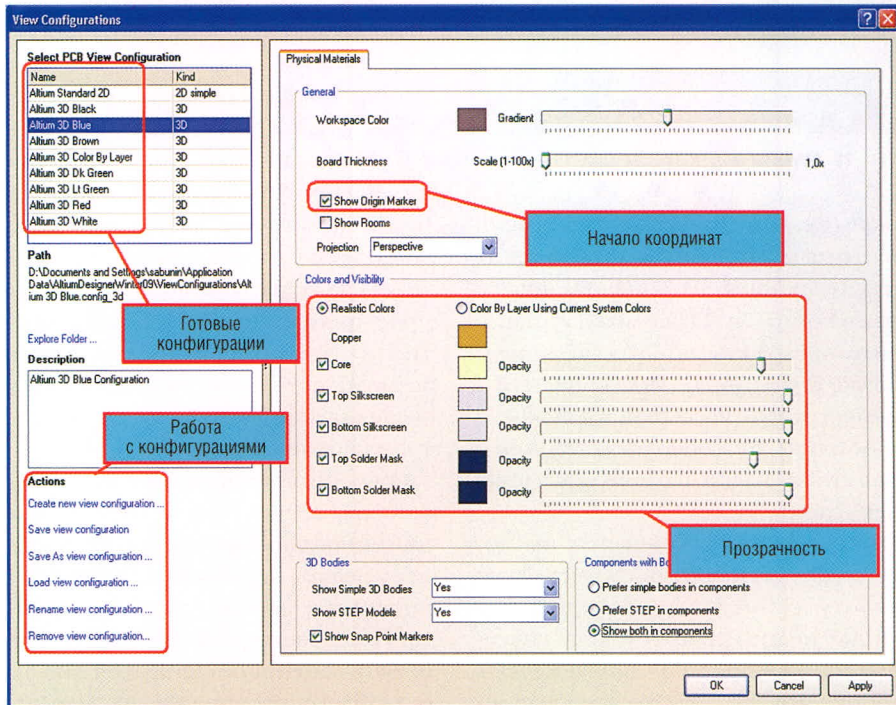


Рис. 7. Настройки отображения примитивов в режиме 3D

роты по трём направлениям и высота над платой).

Команды управления изображением в режиме 3D были рассмотрены в одной из предыдущих статей (СЭ № 8, 2008). Помимо команд, связанных с ПКМ и кнопкой Shift, используются ещё несколько команд. Так, например, нажатие клавиши 0 выравнивает

плату относительно фронтальной плоскости по осям X и Y.

Последнее, что необходимо знать при работе с трёхмерными деталями, это настройки отображения и цвет примитивов в режиме 3D. Эти настройки устанавливаются в окне *View Configuration*, которое вызывается нажатием клавиши L. В появившемся

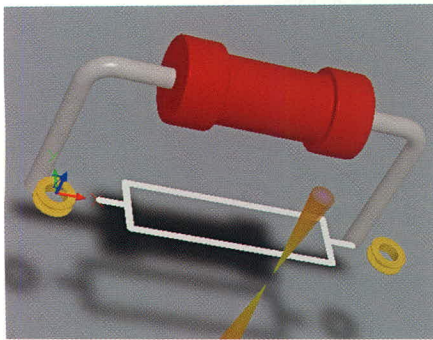


Рис. 8. Модель резистора в режиме 3D

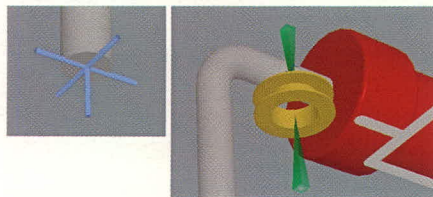


Рис. 9. Совмещение модели резистора и посадочного места

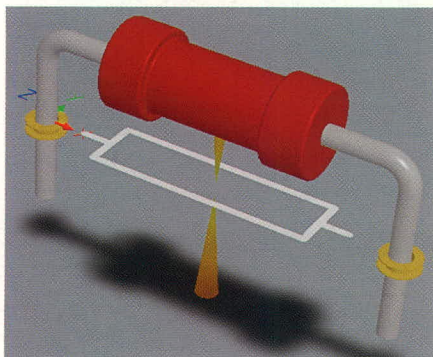


Рис. 10. Готовая модель резистора

окне (см. рис. 7) можно выбрать один из готовых вариантов отображения платы в режиме 3D, приближенный к реальному виду. Также можно установить прозрачность для *Core* – подложки платы, *Top (Bottom) Silkscreen* – шелкографии на верхнем (нижнем) слое платы, *Top (Bottom) Solder Mask* – защитной маски на верхнем (нижнем) слое.

После установки ссылки на модель STEP, разработчик может вести работу с платой и с моделью в MCAD по отдельности. Для внесения изменений из *Altium Designer* в сборку модели, необходимо выполнять сохранение платы в формате STEP 214 (стандартной командой *File Save As*). Если изменения были сделаны в исходной модели STEP, то при запуске *Altium Designer* будет предложено выполнить обновление модели и в редакторе плат. Однако стоит помнить, что *Altium Designer* проверяет обновление только тех моделей, которые находятся в папке, на которую имеется

ссылка в настройках *DXP > Preferences > PCB Editor > Models*.

Использование трёхмерных моделей для отображения корпусов компонентов является более востребованным. На примере резистора рассмотрим подход к формированию библиотечного элемента, содержащего трёхмерную модель.

В программе *Altium Designer* имеется возможность создания библиотеки трёхмерных моделей *\*.PCB3Dlib*, однако следует отметить, что такие библиотеки унаследованы из ранних версий программы. Сейчас модель компонента, ранее созданную в любой из САПР твердотельного моделирования и сохранённую в формате STEP, можно добавить к посадочному месту напрямую. Рассмотрим данную возможность на примере резистора.

После создания посадочного места для резистора к нему можно добавить трёхмерную модель, которая на плате будет закреплена за посадочным местом. Для этого в библиотеке посадочных мест выполним команду *Place > 3D Body*. В появившемся окне выберем тип модели *Generic STEP Model* и нажмём появившуюся кнопку *Embed STEP Model*. Нам предложат указать файл модели резистора в формате STEP. После нажатия кнопки *OK* к курсору будет привязан розовый контур с заливкой в виде сетки (если работа ведётся в 2D-режиме), который представляет собой проекцию модели на плату. Разместим этот контур в произвольном месте, после чего откажемся от размещения следующей модели нажатием кнопки *Cancel*.

Совместим установленную модель (отображаемую пока в виде проекции) с посадочным местом, что удобнее сделать в режиме трёхмерного просмотра (нажимаем клавишу 3). При включении режима 3D на экране появится модель резистора (см. рис. 8); если этого не произошло, значит, либо отключен просмотр моделей, либо компонент расположен за пределами видимой области. Нажимаем последовательно клавиши *V > F* (масштабировать объекты во весь экран) и клавишу *L* для отображения настроек просмотра. Включаем отображение моделей в группе *3D Bodies* (см. рис. 1).

Теперь необходимо выполнить несколько операций по привязке мо-

дели и посадочного места. В нашем случае достаточно совместить вывод резистора с контактными площадками. В общем случае может потребоваться сложный набор действий по привязке модели; это зависит от того, как была создана модель в MCAD. Рекомендуется при формировании модели в исходной САПР базировать первый вывод модели в начале координат и ориентировать модель относительно плоскости XY (предполагая, что эта плоскость соответствует плате).

Для выравнивания модели относительно платы или заданной графики используется группа команд *Tools > 3D Body Placement* (доступны только в трёхмерном режиме). Вращение изображения осуществляется ПКМ с нажатой кнопкой *Shift*. Развернём компонент обратной стороной и выполним команду *Tools > 3D Body Placement > Position 3D Body*, позволяющую совместить модель и графику по одной точке. После запуска команды курсор принимает вид маленького крестика, которым необходимо выбрать модель резистора. После этого курсор принимает вид большого креста (голубого цвета), который двигается по невидимым узлам модели. Выберем этим курсором центр первого вывода резистора (слева на рисунке 9), после чего курсор становится синим прицелом. Перемещаем курсор в центр первой контактной площадки; изменение его цвета на зелёный (справа на рисунке 9) говорит о попадании в привязку (*Electrical Grid*). Фиксируем положение резистора. Теперь резистор совмещён с посадочным местом (см. рис. 10).

Особенности работы с механическими деталями подробно рассмотрены в документе *TU0132 Integrating MCAD Objects and PCB Designs.pdf*, поставляемом в пакете *Altium Designer*.

На момент написания статьи, описывающей версию программы Winter 09 (Build8.0.0.15895), фирма Altium объявила о выходе пакета обновлений Service Pack 1 для данной версии программы, содержащем более 200 исправлений программного кода.

В следующей статье будут рассмотрены средства глобального редактирования в *Altium Designer* с помощью панелей *Inspector*, *List*, *Filter*, *Find Similar Objects* на конкретных примерах для различных редакторов (библиотек, схем, плат).





## МОЩНЫЕ СВЕТОДИОДЫ CREE® XLAMP®

### ОСОБЕННОСТИ

- Все оттенки белого цвета свечения
- Все цвета видимого спектра
- Гарантия стабильности цветовых характеристик
- Снижение светового потока не более 30% за 50000 часов
- Соответствие самым высоким стандартам светодиодной индустрии

### ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

- Наружное и уличное освещение
- Системы общего освещения для ЖКХ
- Архитектурно-художественное освещение и ландшафтная подсветка
- Светосигнальная аппаратура, переносные прожекторы и фонари
- Подсветка витрин и рекламных щитов



Семейство	Размер, мм	Цвет	Угол, °	Цветовая температура, К		Длина волны, нм	Напряжение, В @350 мА	Ток, мА	Световой поток, лм
XR-E	7,0 × 9,0	Холодный белый	90	5000	10 000	—	3,3	350–1000	80,6–114
		Естеств. белый	90	3700	5000	—	3,3	350–700	62,0–93,9
		Теплый белый	90	2600	3700	—	3,3	350–700	56,8–87,4
		Синий	100	—	—	450–465	3,3	350–1000	300–425 мВт
		Голубой	100	—	—	465–485	3,3	350–1000	23,5–30,6
		Зеленый	100	—	—	520–535	3,3	350–700	67,2–73,9
XR-C	7,0 × 9,0	Холодный белый	90	5000	10 000	—	3,5	125–500	56,8–87,4
		Естеств. белый	90	3700	5000	—	3,5	125–500	51,7–80,6
		Теплый белый	90	2600	3700	—	3,5	125–500	39,8–67,2
		Синий	100	—	—	450–465	3,5	125–500	250–300 мВт
		Голубой	100	—	—	465–475	3,5	125–500	13,9–18,1
		Зеленый	100	—	—	520–535	3,5	125–500	39,8–51,7
		Оранжевый	90	—	—	585–595	2,2	125–350	23,5–39,8
		Красно-оранжевый	90	—	—	610–620	2,2	125–700	30,6–39,8
MC-E	7,0 × 9,0	Холодный белый	110	5000	10 000	—	3,2	350–700	370–430
		Естеств. белый	110	3700	5000	—	3,2	350–700	280–370
		Теплый белый	110	2600	3700	—	3,2	350–700	280–320
XP-E	3,45 × 3,45	Холодный белый	115	5000	10 000	—	3,2	350–700	87,4–107
		Естеств. белый	115	3700	5000	—	3,2	350–700	73,9–100
		Теплый белый	115	2600	3700	—	3,2	350–700	62,0–93,9
XP-C	3,45 × 3,45	Холодный белый	110	5000	10 000	—	3,4	125–500	73,9–93,9
		Естеств. белый	110	3700	5000	—	3,4	125–500	62,0–80,6
		Теплый белый	110	2600	3700	—	3,4	125–500	51,7–73,9

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР CREE В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ

**PROSOFT®** АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

Телефон: (495) 232-2522 • info@prochip.ru • www.prochip.ru • www.cree.ru

# Практический курс сквозного проектирования цифровых устройств на основе ПЛИС фирмы Xilinx

(часть 21)

Валерий Зотов (Москва)

В двадцать первой части курса представлена подробная информация о процедуре генерации файлов программирования для конфигурационных ПЗУ и ППЗУ, выпускаемых фирмой Xilinx. Приводятся необходимые сведения о выполнении операций программирования конфигурационной памяти и обратного чтения информации из ПЗУ и ППЗУ.

## ГЕНЕРАЦИЯ ФАЙЛОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ КОНФИГУРАЦИОННЫХ ПЗУ/ППЗУ С ПОМОЩЬЮ МОДУЛЯ iMPACT

Конфигурационные данные, загружаемые в ПЛИС с архитектурой FPGA, не сохраняются при выключении питания разрабатываемого устройства. Поэтому при каждом включении питания эти данные должны быть загружены в кристалл из внешнего источника. В большинстве случаев для хранения конфигурационной информации ПЛИС с архитектурой FPGA применяются элементы энергонезависимой памяти: ПЗУ или ППЗУ. Для преобразования конфигурационной последовательности в файл программирования ПЗУ или ППЗУ следует использовать соответствующий режим работы модуля iMPACT. Эта программа позволяет также формировать файлы «прошивки» ПЗУ/ППЗУ в стандартных промышленных форматах, поддерживаемых различными аппаратными программаторами. Для активации программы в этом режиме необходимо дважды щёлкнуть ЛКМ на строке *Generate Target PROM/ACE File*, расположенной в окне *Processes Window* управляющей оболочки Навигатора проекта. После этого открывается диалоговая панель с заголовком *Welcome to iMPACT*, в которой доступны только две кнопки: *Prepare a PROM File* и *Prepare a System ACE File*.

Чтобы сформировать файл программирования для конфигурационного ПЗУ/ППЗУ, в диалоговой панели

выбора режима работы модуля iMPACT следует нажать кнопку *Prepare a PROM File*, которая соответствует режиму генерации файлов «прошивки». После нажатия клавиши *Далее (Next)*, которая находится в нижней части диалоговой панели с заголовком *Welcome to iMPACT*, открывается диалоговая панель выбора типа файла программирования, которая имеет заголовок *Prepare PROM Files*. В этой диалоговой панели необходимо указать вид используемого элемента ПЗУ/ППЗУ, а также формат и параметры создаваемого файла программирования.

Вид применяемого элемента конфигурационной памяти определяется с помощью четырёх кнопок с зависимой фиксацией: *Xilinx PROM*, *Generic Parallel PROM*, *3rd-Party SPI PROM* и *PROM Supporting Multiple Design Version*. Чтобы сгенерировать файл программирования для конфигурационного ПЗУ/ППЗУ фирмы Xilinx, следует зафиксировать в нажатом состоянии кнопку Xilinx PROM. Для формирования файла «прошивки» элементов конфигурационной памяти параллельного типа, выпускаемых различными производителями, необходимо нажать кнопку *Generic Parallel PROM*. Если необходимо подготовить файл программирования для ПЗУ/ППЗУ с интерфейсом SPI (Serial Peripheral Interface), производимых третьими фирмами, то необходимо нажать кнопку *3rd-Party SPI PROM*.

Для генерации файла программирования конфигурационной памяти,

поддерживающей возможность использования мультизагрузочного режима конфигурирования ПЛИС с архитектурой FPGA, следует зафиксировать в нажатом положении кнопку *PROM Supporting Multiple Design Version*. При этом в поле выбора, которое расположено справа от кнопки *PROM Supporting Multiple Design Version*, следует указать используемое семейство ПЛИС, поддерживающее мультизагрузочный режим конфигурирования кристаллов. Далее в настоящем разделе рассматривается процесс подготовки файлов программирования для последовательных элементов ПЗУ/ППЗУ, выпускаемых фирмой Xilinx.

Группа кнопок *PROM File Format* предназначена для выбора формата создаваемого файла. В эту группу входят следующие кнопки: *MCS*, *EXO*, *TEK*, *HEX*, *UFP*, *BIN* и *ISC*. Чтобы сформировать файл для программирования конфигурационного ППЗУ фирмы Xilinx, следует выбрать формат MCS, нажав одноимённую кнопку.

После выбора вида конфигурационной памяти и формата файла программирования можно указать значение параметра *Checksum Fill Value (2 Hex Digits)*, которое определяет содержимое тех ячеек ППЗУ, которые не используются для хранения конфигурационных данных. Данное значение применяется при вычислении контрольной суммы содержимого конфигурационной памяти и указывается с помощью клавиатуры после активации соответствующего поля редактирования в виде двух шестнадцатеричных символов. По умолчанию для параметра *Checksum Fill Value (2 Hex Digits)* используется значение FF.

Далее в поле редактирования *PROM File Name* необходимо указать название создаваемого файла программирования, используя клавиатуру. По умолчанию в этом поле предлагается идентификатор *Untitled*. Место распо-

ложения формируемого файла «прошивки» ПЗУ/ППЗУ на диске определяется с помощью параметра *Location*. Полное название каталога, включающее в себя путь доступа к нему, вводится с клавиатуры или указывается в стандартной панели выбора диска и раздела, которая открывается при нажатии кнопки *Browse*, расположенной справа от поля редактирования *Location*. По умолчанию создаваемый файл программирования ПЗУ/ППЗУ записывается в рабочий каталог текущего открытого проекта САПР серии Xilinx ISE.

Процесс установки параметров файла программирования завершается нажатием кнопки *Далее*, расположенной в нижней части диалоговой панели с заголовком *Prepare PROM Files*. При этом открывается очередная диалоговая панель, которая имеет заголовок *Select PROM/Flash Mode*. С помощью кнопок с зависимой фиксацией, представленных в этой диалоговой панели, выбирается последовательный или параллельный режим работы используемого элемента конфигурационной памяти. Чтобы сформировать файл программирования для последовательного ПЗУ/ППЗУ, выпускаемого фирмой Xilinx, следует зафиксировать в нажатом состоянии кнопку *I am using a Xilinx PROM in Serial Mode*. Для генерации файла «прошивки» параллельного конфигурационного запоминающего устройства необходимо нажать кнопку *I am using a Xilinx PROM in Parallel Mode and the data bus width for my FPGA is*. При этом необходимо также указать соотношение разрядности шины конфигурационных данных применяемого кристалла FPGA и выходного порта данных параллельного ПЗУ/ППЗУ. Если разрядность шины конфигурационных данных совпадает с разрядностью выходного порта используемого элемента конфигурационной памяти, то следует нажать кнопку *The same as data width for my Flash/PROM device*. В противном случае следует нажать кнопку *Bigger than the data bus width for my Flash/PROM device*.

Выборный режим работы используемого элемента конфигурационной памяти следует подтвердить нажатием кнопки *Далее*, которая находится в нижней части диалоговой панели с заголовком *Select PROM/Flash Mode*. После этого на экран выводится

диалоговая панель с заголовком *Specify Xilinx PROM Device*, в которой необходимо выбрать серию и тип используемого ПЗУ/ППЗУ. Индикатор состояния *Auto Select PROM*, расположенный в этой диалоговой панели, предоставляет возможность автоматического выбора серии и типа используемого элемента ПЗУ/ППЗУ. По умолчанию для него установлено значение «выключено». При переключении этого параметра в состояние «включено» программа *iMPACT* автоматически определит тип ПЗУ/ППЗУ для хранения конфигурационных данных разрабатываемого проекта.

Значение параметра *Enable Revisioning* разрешает или запрещает поддержку нескольких версий конфигурационных данных. ППЗУ серии *Platform Flash* с информационной ёмкостью 8, 16 и 32 Мбит позволяют записывать до четырёх версий конфигурационной последовательности. Чтобы воспользоваться этой возможностью, следует установить индикатор *Enable Revisioning* в состояние «включено». По умолчанию данный индикатор находится в сброшенном состоянии, блокирующем возможность записи нескольких версий конфигурационных данных.

Количество версий конфигурационной последовательности, загружаемых в ППЗУ, указывается с помощью поля выбора *Number of Revisions*. Выпадающий список возможных значений этого параметра содержит четыре варианта: 1, 2, 3 и 4. По умолчанию предлагается значение 1. Поле выбора *Number of Revisions* переключается в доступное состояние только при выборе значения «включено» для параметра *Enable Revisioning*.

Параметр *Enable Compression* позволяет включить режим компрессии конфигурационных данных при генерации файла программирования ПЗУ и ППЗУ. Этот режим может применяться только при формировании файлов «прошивки» в форматах MCS и EXO. Чтобы использовать возможность сжатия конфигурационных данных, следует установить индикатор *Enable Compression* в состояние «включено». По умолчанию этот индикатор находится в сброшенном состоянии, блокирующем компрессию конфигурационной последовательности при создании файла программирования ПЗУ/ППЗУ.

Выпадающий список поля выбора *Select a PROM* содержит названия всех

серий ПЗУ и ППЗУ, выпускаемых фирмой Xilinx. После выбора семейства ПЗУ/ППЗУ необходимо в следующем поле указать конкретный тип используемого элемента. Для этого следует активизировать выпадающий список этого поля, который содержит все ПЗУ или ППЗУ выбранного семейства. Чтобы использовать выбранный элемент, необходимо нажать кнопку *Add*, после чего его название отображается в составе цепочки конфигурационных ПЗУ/ППЗУ с указанием номера позиции. При необходимости следует повторить операции выбора и включения в состав цепочки следующего элемента. В простейшем случае используется единственный элемент ПЗУ или ППЗУ для хранения конфигурационных данных. Для удаления всех элементов, включенных ранее в состав цепочки конфигурационных ПЗУ/ППЗУ, можно воспользоваться кнопкой *Delete All*, которая находится в этой же диалоговой панели.

Процедура выбора типа ПЗУ/ППЗУ завершается нажатием кнопки *Далее* в диалоговой панели *Specify Xilinx PROM Device*. После этого на экран выводится информационная панель с заголовком *File Generation Summary*, в которой отображаются установленные значения всех параметров процесса генерации файла программирования. Для изменения каких-либо значений следует вернуться к предыдущим шагам, нажав кнопку *Назад (Back)*. Если все параметры установлены корректно, то следует нажать кнопку *Готово (Finish)* в нижней части информационной панели, после чего в окне регистрации консольных сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки Навигатора проекта выводится протокол выполнения соответствующих процедур установки параметров. На сайте журнала приводится типовой вариант этого отчёта, формируемый при подготовке файла программирования для последовательного ПЗУ/ППЗУ фирмы Xilinx. В первой части этого протокола представлены команды выбора режима работы программы *iMPACT* и установки параметров генерируемого файла «прошивки».

Вторая часть представляет собой отчёт о выполнении процедуры определения параметров используемого элемента конфигурационной памяти.

Одновременно с выводом информации в окне регистрации сообщений *Transcript Window* в области рас-

положения рабочих окон Навигатора проекта открывается новое окно, на закладке которого отображается название выбранного режима работы программы *iMPACT - PROM File Formatter*. В этом окне отображается условный графический образ ПЗУ/ППЗУ, рядом с которым указывается его название и процент заполнения. При этом на экране появляется информационная панель с заголовком *Add Device*, сообщающая о включении файла конфигурационной последовательности в загружаемый поток данных (*Data Stream*). При нажатии кнопки ОК в этой панели открывается стандартная диалоговая панель выбора файла, с помощью которой определяется название используемого файла. В этой диалоговой панели необходимо указать название файла конфигурационной последовательности (с расширением *.bit*), который используется в качестве исходного при формировании файла «прошивки». Если размер конфигурационной битовой последовательности превышает ёмкость выбранного элемента ПЗУ/ППЗУ, то выводится соответствующее предупреждение. В этом случае рекомендуется повторно запустить процесс генерации файла программирования и выбрать соответствующий тип ПЗУ/ППЗУ с большей ёмкостью.

Модуль генерации файла программирования *iMPACT* позволяет разместить несколько конфигурационных последовательностей в одном ПЗУ или ППЗУ. Для этого следует в панели запроса о включении ещё одной конфигурационной последовательности в загружаемый поток (*Data Stream*) нажать кнопку *Yes* и повторить процедуру выбора файла. Процесс формирования загружаемого потока конфигурационных данных (*Data Stream*) завершается нажатием кнопки *No* в панели запроса. После этого в окне регистрации консольных сообщений *Transcript Window* отображается информация о включении соответствующей конфигурационной последовательности в загружаемый поток:

```
// *** BATCH CMD : setAttribute
-design -attr name -value "0"
// *** BATCH CMD : addDevice -p
1 -file "D:\Prj_n\jc2_top.bit"
'1': Loading file
'D:\Prj_n\jc2_top.bit' ...
INFO:iMPACT - Elapsed time = 0
sec.
```

```
done.
INFO:iMPACT:2257 - Startup Clock
has been changed to 'Cclk' in
the bitstream stored in memory,
but the original bitstream file
remains unchanged.
Dumping bit file
D:\Prj_n\jc2_top_cclktmp.bit...
INFO:iMPACT:501 - '1': Added
Device xc3s700a successfully.
-----
Add one device.
```

Кроме того, в рабочем окне программы *iMPACT* обновляется информация о проценте заполнения ПЗУ/ППЗУ, отображаемая рядом с УГО. Структура формируемого файла «прошивки» также представлена в графической форме в виде условных изображений ПЛИС, конфигурационные данные которых содержатся в файле программирования. При расположении курсора мыши на УГО появляется всплывающая панель, в которой представлена информация о соответствующем элементе в рабочем окне *PROM File Formatter* программы *iMPACT*.

Запуск процесса генерации файла программирования осуществляется с помощью команды *Generate File*, которая представлена на странице *Configuration Operations* в окне *Processes Window*, меню *Operations* или контекстно-зависимом всплывающем меню. Информация о ходе выполнения и результатах процесса генерации файла программирования появляется в окне регистрации сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки Навигатора проекта.

```
// *** BATCH CMD : setMode -pff
// *** BATCH CMD : setSubmode
-pffserial
// *** BATCH CMD : setAttribute
-configdevice -attr fillValue
-value "FF"
// *** BATCH CMD : setAttribute
-configdevice -attr fileFormat
-value "mcs"
// *** BATCH CMD : setAttribute
-configdevice -attr dir -value
"UP"
// *** BATCH CMD : setAttribute
-configdevice -attr path -value
"D:\Prj_n\"
// *** BATCH CMD : setAttribute
-configdevice -attr name -value
"jc2"
Total configuration bit size =
```


```
2732640 bits.
Total configuration byte size =
341580 bytes.
// *** BATCH CMD :
setCurrentDesign -version 0
// *** BATCH CMD : generate
Swap bit can only be disabled in
Hex file format only.
0x5364c (341580) bytes loaded up
from 0x0
Using user-specified prom size
of 512K
Writing file
"D:\Prj_n\jc2.mcs".
Writing file
"D:\Prj_n\jc2.prm".
Writing file
"D:\Prj_n\jc2.sig".
```

После успешного завершения рассматриваемого процесса в выбранный каталог записываются результирующие файлы, имеющие одинаковое название, но различное расширение. Сформированный файл, имеющий расширение *.mcs*, может непосредственно использоваться для программирования ПЗУ с помощью модуля *iMPACT*.

### ПРОГРАММИРОВАНИЕ ПЗУ СЕРИЙ XC18V00 И PLATFORM FLASH С ПОМОЩЬЮ МОДУЛЯ *iMPACT*

Перед активизацией программы *iMPACT* рекомендуется присоединить загрузочный кабель к соответствующему порту персонального компьютера и специальным JTAG-контактам ПЗУ, после чего подать напряжение питания на плату разрабатываемого устройства. Далее для запуска модуля *iMPACT* необходимо выполнить ту же последовательность операций, что и при конфигурировании ПЛИС в режиме периферийного сканирования, который подробно рассмотрен в предыдущих разделах.

При успешном обнаружении ПЗУ в цепочке периферийного сканирования её УГО отображается в рабочем окне программы *iMPACT*. Сразу после выполнения инициализации ПЗУ предлагается определить название используемого файла «прошивки» с помощью стандартного окна открытия файла. Если в дальнейшем требуется изменить название файла программирования, то следует выделить требуемый УГО ПЗУ, поместив на него курсор и щёлкнув ЛКМ, после чего воспользоваться командой *Assign*

Configuration File из всплывающего меню Edit или кнопкой , расположенной на оперативной панели управляющей оболочки Навигатора проекта. Можно также использовать команду Assign New Configuration File из всплывающего контекстно-зависимого меню, активизируемого щелчком ПКМ на изображении соответствующего УГО в рабочем окне программы iMPACT.

После определения названия файла «прошивки» на экране автоматически отображается диалоговая панель с заголовком Device Programming Properties, предназначенная для определения параметров программирования конфигурационного ППЗУ. В этой панели помимо параметра Verify, назначение которого рассмотрено в разделе, посвящённом конфигурированию ПЛИС с архитектурой FPGA, при программировании ППЗУ могут использоваться следующие параметры:

- параметр Erase Before Programming позволяет разработчику установить режим предварительного «стирания» конфигурационных данных, находящихся в ППЗУ

перед его программированием. Значение «включено», установленное по умолчанию для этого параметра, указывает на необходимость выполнения операции очистки содержимого выбранного запоминающего устройства перед загрузкой новой конфигурационной последовательности;

- параметр Read Protect предназначен для установки защиты от несанкционированного чтения (копирования) загружаемых конфигурационных данных. Программирование ППЗУ с использованием защиты от чтения устанавливает код секретности, который «сбрасывается» только при выполнении операции полного «стирания». По умолчанию этот параметр принимает значение «выключено», запрещающее использование защиты от чтения;
- с помощью параметра PROM/Cool-Runner-II Usercode (8 Hex Digits) можно указать пользовательский идентификационный код USERCODE, который заносится в одноимённый регистр ППЗУ и может быть впоследствии считан для оп-

ределения назначения и версии записанных конфигурационных данных. Этот код задаётся с помощью клавиатуры в виде последовательности из восьми шестнадцатеричных символов в соответствующем поле редактирования. По умолчанию этот параметр находится в состоянии «выключено». При этом в качестве пользовательского идентификационного кода используется значение 0xFFFFFFFF;
- индикатор состояния Load FPGA позволяет установить флаг автоматического запуска процесса конфигурирования ПЛИС в ППЗУ семейств XC18V00 и Platform Flash. По умолчанию данный флаг находится в сброшенном состоянии.

После установки всех необходимых значений параметров следует подтвердить их нажатием кнопки ОК в нижней части диалоговой панели с заголовком Device Programming Properties.

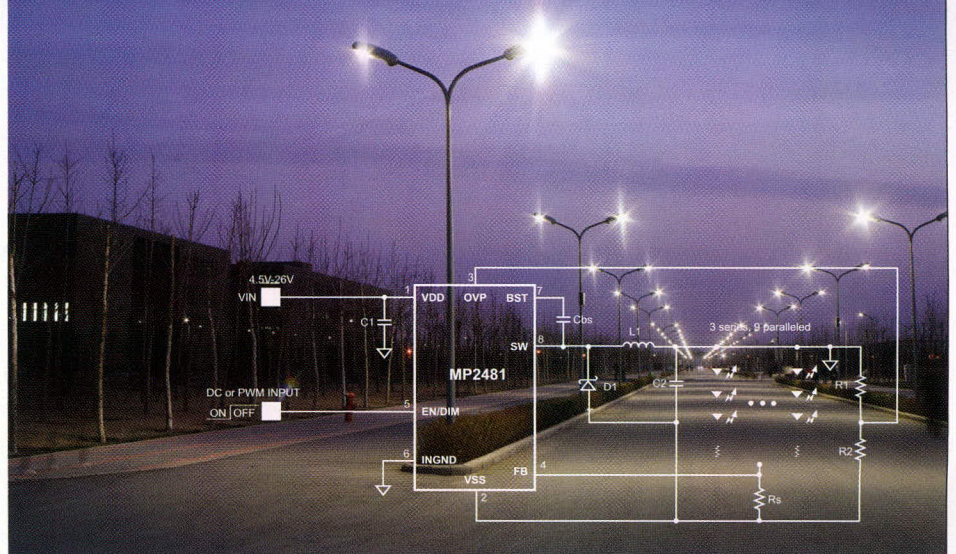
Выполнение всех операций программирования ППЗУ и обратного чтения данных осуществляется с помощью команд, которые представлены во всплывающем меню Operations, на странице Configuration Operations

# MPS™

The Future of Analog IC Technology™

- Высокая стабильность и повторяемость характеристик микросхем
- Защита от перегрузки по току, напряжению и температуре
- Рабочее напряжение до 36 В
- Высокая эффективность до 95%
- Температурный диапазон эксплуатации -40°C ... +85°C
- Готовое изделие не требует регулировки

## ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ МИКРОСХЕМЫ ДЛЯ ДРАЙВЕРОВ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП КОМПАНИИ MPS



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР  
КОМПАНИИ MPS В РОССИИ:

**ProSoft®**

Наименование	Рабочее напряжение, Вт	Максимальное количество светодиодов	Частота, МГц	Количество каналов	Корпуса
<b>MP2481</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">NEW</span>	4,5...36	36	1,4	9	MSOP8
MP2370	4,5...24	3	1,4	1	QFN16-3
MP3021	2,7...5,5	4	1,2	4	QFN16-3
MP3001	2,7...5,5	5	1,2	5	TSOT23-6
MP3202	2,5...6,0	39	1,3	13	QFN8-2
MP3302	2,5...6,0	27	1,3	9	TSOT23-5

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

(495) 232-2522 • info@prochip.ru • www.prochip.ru

реклама

в окне *Processes Window* и контекстно-зависимом всплывающем меню. При использовании меню *Operations* или страницы *Configuration Operations* необходимо предварительно выбрать элемент ППЗУ, поместив на его УГО курсор и щёлкнув ЛКМ. Для активизации контекстно-зависимого всплывающего меню следует расположить указатель на условное изображение соответствующего ППЗУ и щёлкнуть ПКМ.

Программирование выбранного элемента ППЗУ осуществляется с помощью команды *Program*. Состояние процесса программирования отображается с помощью всплывающего окна индикации. Завершение процесса программирования сопровождается соответствующими уведомлениями в рабочем окне программы *iMPACT* и окне регистрации консольных сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки Навигатора проекта. Протокол выполнения операции программирования элемента конфигурационной памяти с последующим контролем записанной информации выглядит следующим образом:

```
// *** BATCH CMD : Program -p 2
-e -v
Maximum TCK operating frequency
for this device chain: 0.
Validating chain...
Boundary-scan chain validated
successfully.
'2': Erasing device...
PROGRESS_START - Starting
Operation.
'2': Erasure completed success-
fully.
'2': Programming device...
done.
'2': Putting device in ISP
mode...done.
'2': Putting device in ISP
mode...done.
'2': Verifying device...done.
'2': Verification completed suc-
cessfully.
'2': Calculated checksum matches
expected checksum, 002c76313
'2': Putting device in ISP
mode...done.
'2': Putting device in ISP
mode...done.
'2': Setting user-programmable
bits...
done.
'2': Putting device in ISP
mode...done.
```

```
'2': Programming completed suc-
cessfully.
'2': Programming completed suc-
cessfully.
PROGRESS_END - End Operation.
Elapsed time = 53 sec.
```


### ЧТЕНИЕ КОНФИГУРАЦИОННЫХ ДАННЫХ И СЛУЖЕБНОЙ ИНФОРМАЦИИ ИЗ ППЗУ СЕРИЙ XC18V00 и PLATFORM FLASH С ПОМОЩЬЮ МОДУЛЯ iMPACT

Кроме операции программирования для элементов ППЗУ серий XC18V00 и Platform Flash могут использоваться команды обратного считывания конфигурационных данных и служебной информации. Описание команд *Verify*, *Get Device ID* и *Get Device Signature/Usercode* приведено в разделе, посвящённом конфигурированию кристаллов с архитектурой FPGA в режиме периферийного сканирования. Чтобы получить информацию о состоянии выбранного элемента ППЗУ (запрограммирован или нет), следует использовать команду *Blank Check*. Данные о его статусе отображаются в виде всплывающего сообщения в рабочем окне программы *iMPACT* и окне регистрации сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки Навигатора проекта. Если выделенный элемент конфигурационной памяти находится в незапрограммированном состоянии, то выводятся следующие сообщения:

```
// *** BATCH CMD : BlankCheck -p 2
Maximum TCK operating frequency
for this device chain: 0.
Validating chain...
Boundary-scan chain validated
successfully.
'2': Putting device in ISP
mode...done.
'2': Putting device in ISP
mode...done.
'2': Performing blank check on
device...PROGRESS_START -
Starting Operation.
done.
'2': Part is blank.
PROGRESS_END - End Operation.
Elapsed time = 28 sec.
```

В том случае, когда выбранное ППЗУ содержит конфигурационные данные, в окне регистрации сообщений *Transcript Window* отображается следующая информация:

```
// *** BATCH CMD : BlankCheck -p 2
Maximum TCK operating frequency
for this device chain: 0.
Validating chain...
Boundary-scan chain validated
successfully.
PROGRESS_START - Starting
Operation.
'2': Putting device in ISP
mode...done.
'2': Putting device in ISP
mode...done.
'2': Performing blank check on
device...Failed at address,
0'2': Part is not blank.
PROGRESS_END - End Operation.
Elapsed time = 0 sec.
```

Перевод выбранного конфигурационного ППЗУ в незапрограммированное состояние осуществляется с помощью команды «стирания» *Erase*. Для активации этой команды можно использовать также кнопку , которая представлена на оперативной панели управляющей оболочки Навигатора проекта. Процесс выполнения операции очистки элемента конфигурационной памяти сопровождается выводом всплывающего сообщения в рабочем окне программы *iMPACT* и соответствующей информации в окне регистрации сообщений *Transcript Window*, которая выглядит следующим образом:

```
// *** BATCH CMD : Erase -p 2
Maximum TCK operating frequency
for this device chain: 0.
Validating chain...
Boundary-scan chain validated
successfully.
PROGRESS_START - Starting
Operation.
'2': Erasing device...
'2': Erasure completed success-
fully.
PROGRESS_END - End Operation.
Elapsed time = 6 sec.
```

Для считывания конфигурационных данных из запрограммированного элемента ППЗУ, выделенного в цепочке периферийного сканирования, которая представлена в рабочем окне программы *iMPACT*, предназначена команда *Readback*. Считанная конфигурационная последовательность сохраняется в виде файла на диске в формате *MCS*, который может использоваться для программирования других ППЗУ. Выполнение ко-

манды *Readback* начинается с вывода стандартной диалоговой панели определения названия создаваемого файла. Дальнейший ход процесса отображается с помощью соответствующей всплывающей панели индикации в рабочем окне программы *iMPACT* и уведомлений в окне регистрации сообщений *Transcript Window*.

Протокол выполнения операции считывания конфигурационной информации из запрограммированного элемента ППЗУ серии Platform Flash XCF04S, установленного на плате инструментального модуля Xilinx Spartan-3A Starter Board, имеет следующий вид:

```
mode...done.
PROGRESS_START - Starting
Operation.
'2': Performing readback on
device...done.
'2': Readback completed success-
fully.
PROGRESS_END - End Operation.
Elapsed time = 35 sec.
```

Вычисление контрольной суммы данных, записанных в ППЗУ, осуществляется с помощью команды *Get Device Checksum*. Полученный результат сравнивается с контрольной суммой файла «прошивки», который указан в рабочем окне программы *iMPACT* для выбранного элемента ППЗУ. Информация об итогах сравнения отображается в окне регистрации сообщений *Transcript Window*:

```
// *** BATCH CMD : Checksum -p 2
Maximum TCK operating frequency
for this device chain: 0.
Validating chain...
Boundary-scan chain validated
successfully.
'2': Putting device in ISP
mode...done.
```

```
'2': Putting device in ISP
mode...done.
'2': Reading device
contents...PROGRESS_START -
Starting Operation.
done.
INFO:iMPACT:223 - '2': The cal-
culated checksum (0x032c2d4d)
differs from the expected check-
sum (0x02c76313).
PROGRESS_END - End Operation.
Elapsed time = 29 sec.
```

Для получения сводной информации о каждом элементе ППЗУ в цепочке периферийного сканирования, представленной в рабочем окне программы *iMPACT*, достаточно поместить указатель мыши на соответствующий УГО. После этого отображается всплывающая панель, в которой содержатся данные о версии, пользовательском коде, установленной защите и контрольной сумме для выбранного элемента ППЗУ. Эти данные доступны только после выполнения соответствующих операций в текущем сеансе работы с программой *iMPACT*.



Продолжение следует

```
// *** BATCH CMD : identifyMPM
// *** BATCH CMD :
ReadbackToFile -p 2 -file
"D:/Prj_n/prom_readback.mcs"
Maximum TCK operating frequency
for this device chain: 0.
Validating chain...
Boundary-scan chain validated
successfully.
'2': Putting device in ISP
mode...done.
'2': Putting device in ISP
```

**SHARP**

**Strong2**

**[LCD]**

# НЕЗАМЕНИМ В ЖЁСТКИХ УСЛОВИЯХ



	Обычный LCD	Strong LCD1	Strong LCD2
Рабочий диапазон температур	0 до +50°C	-10 до +65°C	-30 до +80°C
Диапазон температур хранения	-25 до +60°C	-30 до +70°C	-30 до +80°C
Устойчивость к вибрации	От 57 до 500 кгц, ускорение 1g	От 57 до 500 кгц, ускорение 1g	От 57 до 500 кгц, ускорение от 1,5 до 2g
Устойчивость к ударным нагрузкам	50g, 11 мс	50g, 11 мс	от 60 до 70g, 11 мс
Яркость	300 кд/м²	Больше чем 300 кд/м²	Больше чем 400 кд/м²

Официальный дистрибьютор SHARP на территории России с стран СНГ

**PROSOFT®**

**АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА**  
(495) 232-2522 • info@prochip.ru • www.prochip.ru

Реклама

# Применение QR-алгоритма для расчёта собственных структур корреляционных матриц на платформе ADSP-TS201 фирмы Analog Devices

Александр Тумачек (Москва)

В статье проведено сравнение производительности сигнальных процессоров SHARC и TigerSHARC при выполнении задачи поиска собственных значений матрицы. Показано, что производительность процессоров по циклам примерно сопоставима, но с учётом тактовых частот процессор TigerSHARC обеспечил на рассматриваемой задаче прирост производительности примерно в четыре раза.

## Расчёт собственных структур выборочных корреляционных матриц

Расчёт собственных структур матриц осуществляется при оценке мощностей шумов в каналах приёма и при адаптивном когерентном сложении сигналов с выходов приёмников различного назначения. В первом случае процедура применяется к выборочной корреляционной матрице сигналов, формируемой в каждом из каналов приёма на линии задержки с отводами. Во втором – к пространственной выборочной корреляционной матрице.

Оценка мощностей шумов в цифровых приёмниках основана на прин-

ципальной возможности разделения спектра выборочной корреляционной матрицы на две части, характеризующие соответственно коррелированные и некоррелированные во времени компоненты входного сигнала. Поскольку шумовые собственные значения содержат компоненты мощности шума, может быть получена её оценка. Данный подход широко распространён, поскольку он обладает важным достоинством – с помощью него оценка может быть получена в занятом канале, т.е. процедура инвариантна к присутствию сигнала в полосе приёма.

Условие когерентного сложения сигналов при разнесённом приёме в отсутствие помех в полосе приёма сигнала определяется правилом Бреннана. При равенстве мощностей шумов в каналах приёма, брэннановский вектор совпадает с собственным вектором матрицы  $R_{xx}$ , соответствующим максимальному собственному значению матрицы. Таким образом, задача поиска оптимального взвешивающего вектора при когерентном сложении сигналов при разнесённом приёме может быть сформулирована как задача поиска соответствующего собственного вектора пространственной выборочной корреляционной матрицы сигналов.

Одна из наиболее эффективных с точки зрения количества вычисле-

ний процедура расчёта собственных значений и собственных векторов комплексной эрмитовой матрицы  $R_{xx}$  включает два этапа. Первый – приведение исходной матрицы к трёхдиагональному виду; второй – приведение трёхдиагональной матрицы к диагональному виду с помощью последовательности ортогонально-подобных преобразований на основе базового или модифицированного QR-алгоритмов, которые рассматриваются ниже.

## QR-АЛГОРИТМ КАК МЕТОД РАСЧЁТА СОБСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ

QR-алгоритм на сегодняшний день является одним из наиболее эффективных методов расчёта собственных значений эрмитовых матриц. Алгоритм двухэтапной процедуры расчёта собственных значений приведён на рисунке 1.

QR-разложение трёхдиагональной матрицы сводится к последовательному обнулению поддиагональных элементов с помощью правостороннего ортогонального преобразования и мультипликативного накопления матриц преобразования. В результате получается две матрицы: верхнетреугольная  $R$  и ортогональная  $Q$ . В качестве матрицы преобразования, позволяющей обнулять поддиагональные элементы, могут использоваться матрицы отражения Хаусхолдера или матрицы вращения Гивенса.

Матрица Хаусхолдера, обнуляющая поддиагональный элемент  $i$ -го столбца трёхдиагональной матрицы  $S$ , вычисляется по формуле:

$$H_i = E - \frac{2}{|\mathbf{v}|} \mathbf{v}\mathbf{v}^+,$$

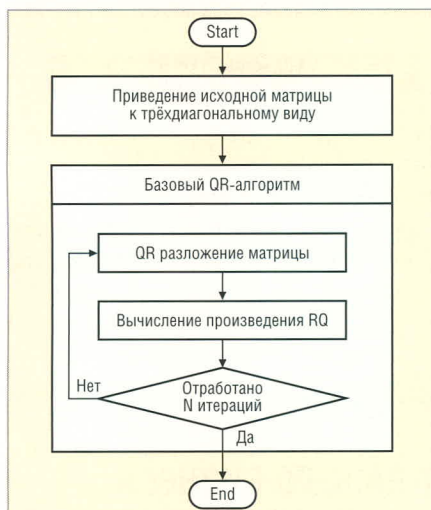


Рис. 1. Расчёт собственных структур матриц с помощью базового QR-алгоритма

где

$$\vec{v} = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ s_i - \sqrt{s_i^2 + s_{i+1}^2} \\ s_{i+1} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Для приведения матрицы к верхнетреугольной требуется N-преобразование Хаусхолдера:

$$R = H_{N-2} H_{N-1} \dots H_0 S. \quad (2)$$

$$H_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\left(1 - \frac{2|s_{i+1}|^2}{|\vec{v}|^2}\right) & & 2 \cdot \frac{s_{i+1} (s_i - \sqrt{s_i^2 + s_{i+1}^2})}{|\vec{v}|} & 0 \\ \vdots & 0 & \frac{2 \cdot s_{i+1} (s_i - \sqrt{s_i^2 + s_{i+1}^2})}{|\vec{v}|} & & 1 - \frac{2|s_{i+1}|^2}{|\vec{v}|^2} & 0 \\ 0 & 0 & \dots & & 0 & \ddots \\ 0 & 0 & \dots & & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Видно, что при формировании матрицы Хаусхолдера необходимо рассчитывать только два её элемента. «Активные» элементы матрицы Хаусхолдера можно условно обозначить как  $h_{00}, h_{01}, h_{10}, h_{11}$ . Для них справедливы следующие соотношения:  $h_{00} = -h_{11}, h_{10} = \bar{h}_{01}$ . Важное свойство диагональных элементов состоит в том, что они являются действительными.

Как видно из рисунка 2, где представлены графики сходимости трёхдиагональной матрицы к диагональной от числа итераций QR-алгоритма, последний обладает достаточно медленной сходимостью.

Под сходимостью здесь понимается сходимость последовательности матриц  $\{M_k\}$  к некоторой предельной матрице. На практике, как только норма  $\|M_k e_1 - e_1 m_{11}^{(k)}\|$  становится пренебрежимо мала,  $m_{11}^{(k)}$  берут в качестве собственного значения, а вычисления продолжают с подматрицей, полученной отбрасыванием первой строки и первого столбца.

### МОДИФИКАЦИЯ QR-АЛГОРИТМА

Процесс диагонализации матрицы может быть существенно ускорен при использовании модифицированного QR-алгоритма (QR-алгоритма со сдвигами). Суть алгоритма заключается в построении последовательности подобных матриц, сходящихся к мат-

Откуда, учитывая свойство эрмитовости матрицы Хаусхолдера:

$$S = (H_{N-2} H_{N-1} \dots H_0)^* R = (H_0 H_1 \dots H_{N-2}) R = QR. \quad (3)$$

Следовательно,

$$Q = H_0 H_1 \dots H_{N-2}. \quad (4)$$

Матрица Хаусхолдера для обнуления поддиагонального элемента  $i$ -го столбца выглядит следующим образом:

рице диагонального вида. В основе алгоритма лежит QR-разложение матрицы, т.е. её мультипликативное представление в виде произведения ортогональной (Q) и верхнетреугольной (R) матриц. Модифицированный алгоритм приведён на рисунке 3.

Итерации модифицированного алгоритма могут быть представлены в следующем виде:

$$S_0 = S, S_0 - \tau_0 E = Q_0 R_0, \quad (6)$$

т.е. QR-разложение применяется к матрице, из диагонали которой вычтена константа  $\tau_0$ .

$$S_1 = R_0 Q_0 + \tau_0 E - \text{формирование матрицы } S_1, \text{ подобной } S_0, \quad (7)$$

$$S_1 - \tau_1 E = Q_1 R_1 - \text{QR-разложение матрицы } S_1, \text{ и т.д.} \quad (8)$$

Сдвиг  $\tau_i$  используется для ускорения сходимости алгоритма. При определённом выборе шага можно обеспечить скорость убывания внедиагональных элементов матрицы не хуже квадратичной. Последовательность этих итераций может быть записана в виде:

$$D = Q_{N-1}^+ Q_{N-2}^+ \dots Q_0^+ S Q_0 Q_1 \dots Q_{N-1} \quad (9)$$

или

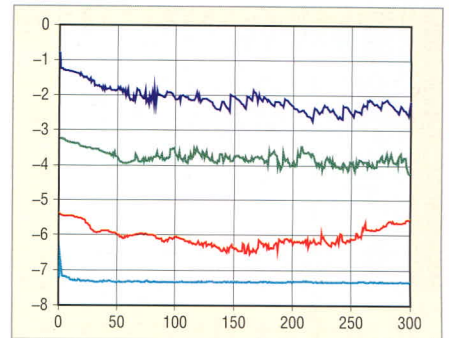


Рис. 2. Кривые сходимости QR-алгоритма для эрмитовых матриц 10 × 10 с различной обусловленностью

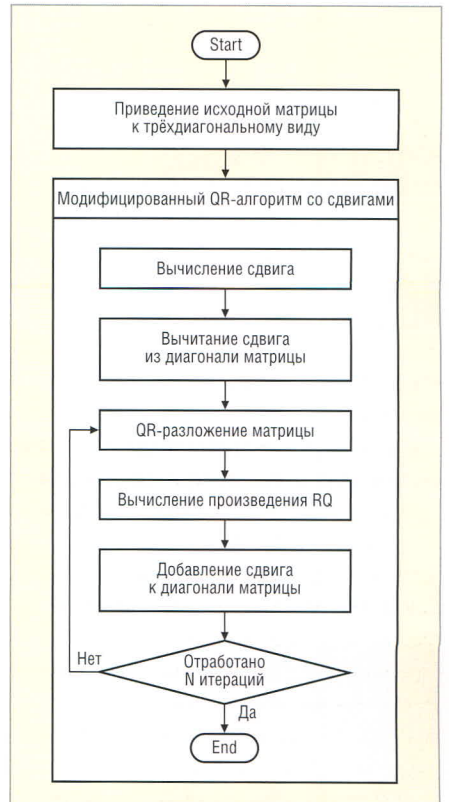


Рис. 3. Расчёт собственных структур матриц с помощью модифицированного QR-алгоритма

$$D = Q_{N-1}^+ Q_{N-2}^+ \dots Q_0^+ G M G^+ Q_0 Q_1 \dots Q_{N-1}, \quad (10)$$

где  $N$  – число итераций.

Результатом итеративного процесса является матрица, на диагонали которой расположены оценки собственных значений матрицы  $M$ .

Возможны различные варианты сдвигов в QR-алгоритме. Одним из наиболее эффективных сдвигов, обеспечивающих квадратичную скорость сходимости алгоритма, является сдвиг по Уилкинсону. Он равен собственному значению  $2 \times 2$  правой нижней подматрицы, ближайшему к её верхнему диагональному элементу. Далее будем рассматривать QR-алгоритм со сдвигами по Уилкинсону.

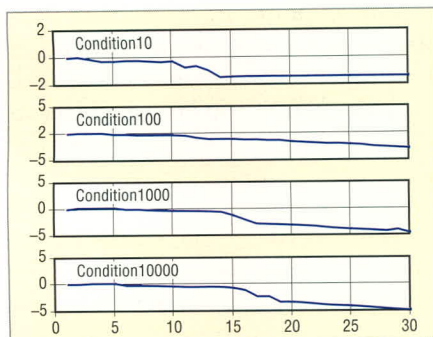


Рис. 4. Графики сходимости модифицированного QR-алгоритма со сдвигами по Уилкинсону при различной обусловленности матриц

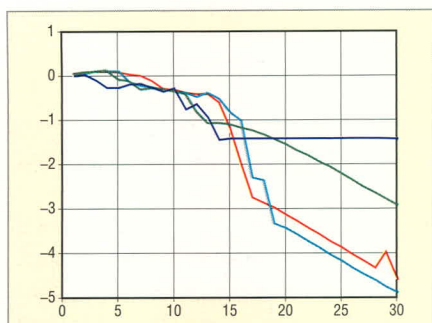


Рис. 5. Графики сходимости модифицированного QR-алгоритма для эрмитовых матриц 10 × 10 при различной обусловленности (логарифмический масштаб)

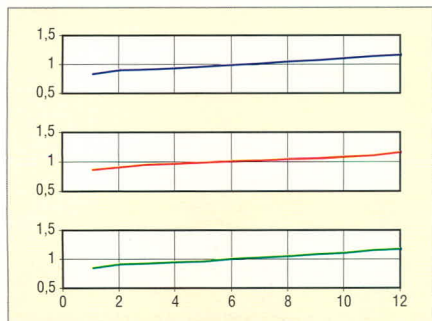


Рис. 6. Спектры матриц размерностью 12 × 12, полученные тремя различными способами

### Сходимость модифицированного QR-алгоритма

Приведём результаты исследования скорости сходимости и точности вычисления собственных значений QR-алгоритма со сдвигами по Уилкинсону, реализованного на цифровом сигнальном процессоре ADSP-TS 201.

Таблица 1. Количество циклов, затрачиваемых процессором ADSP TS-201 на выполнение QR-алгоритма со сдвигами по Уилкинсону

Размерность матрицы N	QR-алгоритм с расчётом с накоплением С.В.	Приведение к трёхдиагональному виду	Трёхдиагонализация и QR-алгоритм
6	37 357	9600	46 957
8	83 403	42 678	126 081
10	162 227	70 573	232 800
12	289 663	112 500	402 163

Положим, что найденное с помощью QR-алгоритма собственное значение исходной матрицы  $M$  является точным собственным значением некоторой возмущённой матрицы  $\tilde{M} = M + \Delta M$ , причём для матрицы-возмущения  $\Delta M$  справедлива следующая оценка:

$$\|\Delta M\|_e = k MashEps N^2 \|M\|_e, \quad (11)$$

где  $\|M\|_e$  и  $\|\Delta M\|_e$  – евклидовы нормы матрицы  $M$  и матрицы-возмущения соответственно;  $MashEps$  – машинная точность;  $k$  – некоторая константа,  $1 \leq k \leq 2$ ;  $N$  – порядок матрицы. В сигнальном процессоре ADSP-TS 201 в режиме вычислений с плавающей точкой под мантиссу отводится 24 бита. Значение  $MashEps$  при этом приблизительно равно  $4,5 \times 10^{-7}$ .

При исследовании QR-алгоритма для оценки нормы матрицы-возмущения используется следующая формула:

$$\|\Delta M\|_e = \sqrt{\sum_{i=1}^N (\lambda_i - \hat{\lambda}_i)^2}, \quad (12)$$

где  $\lambda_i$  – истинные собственные значения исходной матрицы, а  $\hat{\lambda}_i$  – оценки собственных значений, полученные на сигнальном процессоре. Для удобства графического представления зависимости нормы матрицы-возмущения от числа итераций можно про нормировать выражение (12) значением нормы исходной матрицы:

$$\delta = \frac{\|\Delta M\|_e}{\|M\|_e}. \quad (13)$$

Это позволяет в одних координатах привести графики сходимости для матриц с различной обусловленностью. В качестве тестовых матриц использовались выборочные корреляционные матрицы сигналов, формируемые по модели заданной сигнально-помеховой обстановки. Хорошо обусловленные матрицы формировались по шумовым реализациям, плохо обусловленные – по реализациям, содержащим аддитивную смесь сигнала заданной мощности и шума.

Как известно, при выборе сдвигов по Уилкинсону гарантируется скорость

сходимости QR-алгоритма не хуже квадратичной. Как показывает анализ, реализованный алгоритм удовлетворяет данному правилу. Вместе с тем необходимо отметить, что для плохо обусловленных матриц ( $Cond M > 100\,000$ ) имеет место незначительное снижение скорости сходимости алгоритма.

Графики сходимости QR-алгоритма для эрмитовых матриц  $10 \times 10$  с различной обусловленностью показаны на рисунке 4. Видно, что алгоритм со сдвигами по Уилкинсону сходится через  $3N$  шагов, т.е. в среднем для расчёта одного собственного значения матрицы требуется три итерации (см. рис. 5).

В таблице 1 приведены данные по количеству затрачиваемых процессором ADSP TS-201 циклов на выполнение QR-алгоритма со сдвигами по Уилкинсону.

### Точность вычисления собственных значений

Проведём исследование правильности вычисления собственных значений для обусловленности входной матрицы  $condM = 1$  размерностью  $N = 12$ . Результаты исследования показаны на рисунке 6 в виде спектров матрицы, полученных тремя различными способами.

Спектр матрицы на верхнем графике получен при помощи встроенной функции MathLab; средний график даёт QR-алгоритм со сдвигами по Уилкинсону, написанный на М-языке; нижний график получен в результате вычислений, проведённых на сигнальном процессоре ADSP-TS-201.

Как видно из приведённых графиков, расчёт собственных значений на цифровом сигнальном процессоре ADSP-TS-201 и в среде MathLab даёт сходные результаты, с поправкой на точность вычислений. Для вычисления спектра матрицы на цифровом сигнальном процессоре проводилось  $3N$  итераций QR-алгоритма; этого оказалось достаточно для достижения заданной точности собственных значений.

### Сравнение производительности модифицированного QR-алгоритма на процессорах ADSP-21160 и ADSP-TS-201

QR-алгоритм со сдвигами по Уилкинсону реализован на сигналь-

Таблица 2. Сравнительная производительность процессоров при расчёте собственных значений матрицы с помощью модифицированного QR-алгоритма

Размерность матрицы <i>N</i>	QR-разложение	Трёхдиагонализация	Процессор ADSP-TS201S	Процессор ADSP-21160S	Выигрыш в производительности
5	1385	9600	10 985	15 211	1,38
8	3007	42 678	45 685	43 690	0,95
10	4280	70 573	74 853	70 516	0,94
12	5800	112 500	118 300	108 911	0,92

ном процессоре ADSP-TS-201 с помощью набора функций. Функция `z_diag_proc(arg[])` предназначена для приведения комплексной эрмитовой матрицы к трёхдиагональному виду. Функция `QR_decomposition(arg[])` осуществляет разложение трёхдиагональной матрицы на произведение ортогональной матрицы *Q* и правой верхнетреугольной матрицы *R*. Функция `RQ_mux(arg[])` производит обратное перемножение матриц *RQ*. Функции написаны на языке ассемблера процессора ADSP-TS-201 с соблюдением протокола вызова, реализуемого C-компилятором.

Производительность процессоров сравнивалась при расчёте собственных значений матрицы с помощью

модифицированного QR-алгоритма. Результаты вычислений приведены в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, суммарные затраты по циклам для процессоров ADSP-TS-201 и ADSP-21160 сопоставимы. Однако с учётом того, что тактовая частота процессора ADSP-TS-201 в пять раз выше, чем тактовая частота ADSP-21160, первый процессор обеспечивает реальный рост производительности примерно в четыре раза.

**Выводы**

Проведено сравнение производительности сигнальных процессоров SHARC и TigerSHARC при выполнении задачи поиска собственных зна-

чений матрицы. Показано, что производительность процессоров по циклам примерно сопоставима, но с учётом таковых частот процессор TigerSHARC обеспечил на рассматриваемой задаче прирост производительности примерно в четыре раза. Платформа TigerSHARC (ADSP-TS201) обладает существенным потенциалом в плане дальнейшей разработки приёмной аппаратуры и повышения эффективности алгоритмов обработки сигналов.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. *Thompson A.R., Clark B.G., Wade C.M., Napier P.J.* The very large array. *Astrophysical J. Supplement Series*. 1980. Vol. 44. Oct. PP. 151–167.
2. *Кремер И.Я., Кремер А.И., Петров В.М.* и др. Пространственно-временная обработка сигналов. Радио и связь, 1984.
3. *Кублановская В.Н.* Первая публикация по QR алгоритму в «Дополнении» к изданию 1960 г. монографии Д.К. и В.Н. Фадеевых «Вычислительные методы и линейная алгебра».
4. *Парлетт Б.* Симметричная проблема собственных значений. Численные методы. Мир, 1983.



## ЗАО «НПФ «ДОЛОМАНТ»

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЕ



ЗАО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «ДОЛОМАНТ»






### ЗАО «НПФ «ДОЛОМАНТ» ПРИГЛАШАЕТ К СОТРУДНИЧЕСТВУ И ОСУЩЕСТВЛЯЕТ:

**поставку** ☆

электронных компонентов в качестве второго поставщика (номенклатура порядка 400 тыс. наименований более 60 зарубежных производителей) при сотрудничестве с группой компаний ПРОСОФТ

**производство** ☆

промышленных и встраиваемых компьютеров (в форматах Compact PCI, VME, EPIC, 3,5", PC/104, MicroPC, AT96, PICMG, Mini-ITX, ATX), плат для монтажа на DIN-рейку, а также каркасов, шлейфов, кабелей и аксессуаров, предназначенных для работы в жёстких условиях эксплуатации с военной приёмкой

**разработку** ☆

программных и аппаратных средств по техническому заданию заказчика под контролем военного представительства

**контрактную сборку** ☆

изделий по конструкторской документации заказчика, включая поставку печатных плат, поверхностный монтаж и тестирование электронных модулей, изготовление механических деталей корпусов и передних панелей под контролем военного представительства

Производственное высокоавтоматизированное оборудование для поверхностного монтажа электронных модулей ЗАО «НПФ «Доломант» соответствует уровню требований мировых производителей. Оборудование адаптировано к использованию бессвинцовой технологии, позволяет производить автоматическую разбраковку и рентгеновский контроль качества пайки.

**ЗАО «НПФ «ДОЛОМАНТ»** имеет лицензии на разработку и производство электронных средств для вооружения и военной техники и атомных электростанций, свидетельство об аттестации второго поставщика, а также систему менеджмента качества, сертифицированную в системе «Военный регистр» на соответствие ГОСТ Р ИСО 9001 и ГОСТ РВ 15.002.

117437, Москва, ул. Профсоюзная, д. 108  
**Тел./факс:** (495) 232-20-33  
**E-mail:** info@dolomant.ru  
**Web:** www.dolomant.ru

Реклама

# Программа для работы с мультиплексным протоколом

Александр Седунов (Ленинградская обл.)

В третьей статье серии описана терминальная программа, иллюстрирующая работу с мультиплексным протоколом, который используется в GSM-модулях фирмы Siemens.

В завершающей статье о мультиплексном протоколе, применяемом в GSM-модулях фирмы Siemens, рассмотрим работу с протоколом на примере простой терминальной программы, которая позволяет одновременно посылать AT-команды по двум виртуальным каналам и реализует следующие операции:

- обнаружение модуля, подключенного к выбранному COM-порту;
- открытие виртуальных каналов;
- передачу данных по первому каналу с одновременной работой в режиме AT-команд по второму каналу;
- выход из режима мультиплексного протокола с закрытием мультиплексного протокола на стороне модуля (корректный выход).

Интерфейс программы довольно простой. Внешний вид основного окна программы показан на рисунке 1.

Рассмотрим назначение всех кнопок и окон. Кнопка «Найти модем» (3) открывает выбранный COM-порт и проверяет наличие модема на линии путём отправки команды «AT» в обычном режиме AT-команд. Если модем отвечает ОК, то считается подключенным. Выбрать COM-порт, к которому подключен модем, можно в верхнем левом углу программы, где расположен список выбора (1) COM-портов. Рядом со списком выбора COM-портов находится список выбора скоростей (2).

Кнопка «Освободить модем» (4) освобождает COM-порт. После нажатия на эту кнопку программа перестаёт занимать выбранный ранее COM-порт, и он становится доступным для других программ.

Кнопка «Открыть MUX» (5) открывает мультиплексный протокол, служеб-

ный канал (DLCI = 0) и два пользовательских канала (DLCI = 1 и DLCI = 2).

Кнопка «Закрыть MUX» (6) закрывает все каналы мультиплексного протокола, после этого модем находится в режиме обычных AT-команд.

Верхние два окна (7 и 8) предназначены для ввода команд и символов (когда установлен режим передачи данных в одном из каналов) соответственно для первого и второго каналов.

Два нижних окна (9 и 10) показывают ответные данные соответственно для первого и второго каналов.

Кнопки «Очистить поля» (11 и 12) очищают поля первого или второго каналов.

Под кнопкой «Очистить поля» (11) первого канала помещено поле ввода для номера (15) и кнопка «Вызов» (13). Это позволяет быстро осуществлять связь в режиме данных. Также можно сделать вызов для режима данных и с помощью команды ATD<номер>.

Кнопка «Быстрое разъединение» (14) посылает команду ATH по второму каналу, демонстрируя использова-

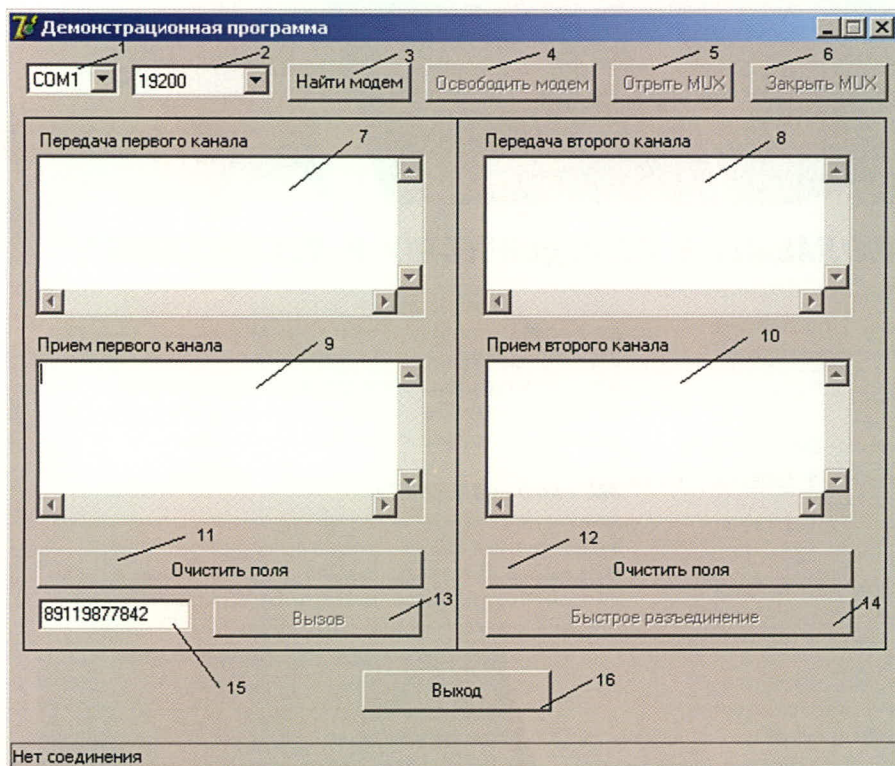


Рис. 1. Внешний вид главного окна программы

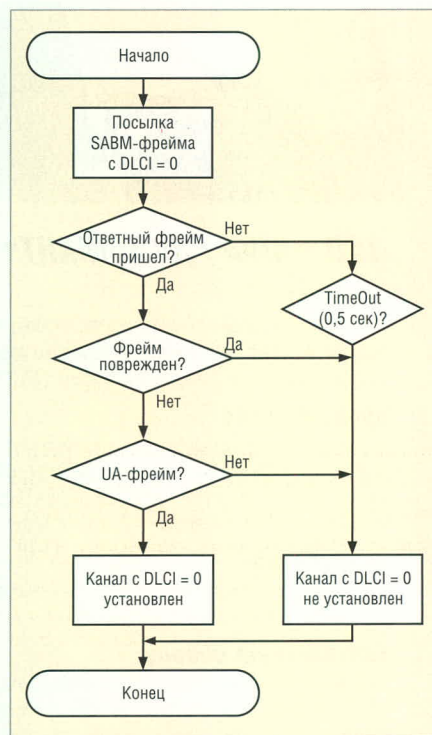


Рис. 2. Алгоритм установки виртуального канала с DLCI = 0

ние мультиплексного протокола для быстрого разъединения без предварительного перехода из режима передачи данных в командный режим.

Рассмотрим поэтапно работу программы с модулем.

### Инициализация модуля

Перед тем как работать через последовательный порт с модулем Siemens, необходимо убедиться, что последовательный порт настроен правильно. Таблица 1 показывает параметры настройки порта.

Инициализация модуля состоит из последовательности действий, показанных в таблице 2. Данные действия позволяют проверить наличие связи с модулем и установить требуемую скорость.

Команда «AT» позволяет обнаружить модуль; если в ответ на команду «AT» вернется ОК, то можно утверждать, что модуль подключен к последовательному порту и находится в режиме AT-команд.

Команда «AT+IPR=115200» устанавливает требуемую скорость работы с модулем. До отправки этой команды, как правило, установлен режим автоматического выбора скорости.

Следует отметить, что если выбран режим автоматического выбора скорости (autobauding), то команда «AT+CMUX=0» может быть проигнорирована. После установки скорости проводится проверка – установилась ли скорость успешно (в ответ на команду «AT» должен быть получен ответ ОК). Если требуется дополнительная настройка модуля, например, установка формата передачи (8 бит, без бита чётности, 1 стоп бит) по последовательному порту командой «AT+ICF = 3» или другие настройки, то их помещают до команды «AT+CMUX=0».

Команда «AT+CMUX=0» переключает модуль в мультиплексный режим, но сразу после этой команды необходимо установить служебный управляющий канал, иначе модуль вернётся в режим «обычных» AT-команд. Согласно документации фирмы Siemens, время, отводимое на установку мультиплексного режима, равно 5 с.

Если работа программы была завершена некорректно, например, в результате аварийного отключения компьютера, то модуль останется в режиме мультиплексного протокола и не будет реагировать на AT-команды при следующем запуске програм-

мы. Чтобы исключить необходимость перезагрузки модуля, программа перед посылкой в модем каких-либо AT-команд посылает команду закрытия мультиплексного протокола.

### УСТАНОВКА ВИРТУАЛЬНЫХ КАНАЛОВ

Как было сказано ранее при описании мультиплексного протокола, установку виртуальных каналов следу-

Таблица 1. Настройки физического последовательного порта

Сигнал	Описание
RTS/CTS	Аппаратный контроль
DTR	Установлен в 1
Baud rate (скорость)	Изменяемый, параметр читается из регистра
Data bits (биты данных)	8
Parity (чётность)	Нет
Stop bits (стоп-бит)	1

Таблица 2. Последовательность команд для инициализации модуля

Команда	Ответ	Функция команды
Команда выхода из мультиплексного протокола		
AT	OK	Проверка связи с модулем
AT+IPR=115200	OK	Установка требуемой скорости, например, 115 200 бит/с
AT	OK	Проверка – установилось ли требуемое значение скорости успешно
AT&S0Q3+ICF=3 и др.	OK	Инициализация модуля настройками. Команды не являются обязательными и могут отличаться для разных типов модулей
AT+CMUX=0	OK	Переключение в режим мультиплексного протокола

Таблица 3. Кадр установки управляющего канала

Флаг	Адрес	Тип кадра	Длина	FCS	Флаг
11111001 b (F9h) 249	00000011 b (03h) 3	00111111 b (3Fh) 63	00000001 b (01h) 1	00011100 (1Ch) 28	11111001 b (F9h) 249

Таблица 4. Кадр UA для управляющего канала

Флаг	Адрес	Тип кадра	Длина	FCS	Флаг
11111001 b (F9h) 249	00000011 b (03h) 3	01110011 b (73h) 115	00000001 b (01h) 1	11010111 b (D7h) 215	11111001 b (F9h) 249

Таблица 5. SABM-кадр для канала 1

Флаг	Адрес	Тип кадра	Длина	FCS	Флаг
11111001 b (F9h) 249	00000111 b (07h) 7	00111111 b (3Fh) 63	00000001 b (01h) 1	11011110 b (DEh) 222	11111001 b (F9h) 249

Таблица 6. SABM-кадр для канала 2

Флаг	Адрес	Тип кадра	Длина	FCS	Флаг
11111001 b (F9h) 249	00001011 b (0Bh) 11	00111111 b (3Fh) 63	00000001 b (01h) 1	01011001 b (59h) 89	11111001 b (F9h) 249

Таблица 7. SABM-кадр для канала 3

Флаг	Адрес	Тип кадра	Длина	FCS	Флаг
11111001 b (F9h) 249	00001111 b (0Fh) 15	00111111 b (3Fh) 63	00000001 b (01h) 1	01110011 b (73h) 115	11111001 b (F9h) 249

Таблица 8. Кадр UA для канала 1

Флаг	Адрес	Тип кадра	Длина	FCS	Флаг
11111001 b (F9h) 249	00000111 b (07h) 7	0111 0011 b (73h) 115	00000001 b (01h) 1	00010101 b (15h) 21	11111001 b (F9h) 249

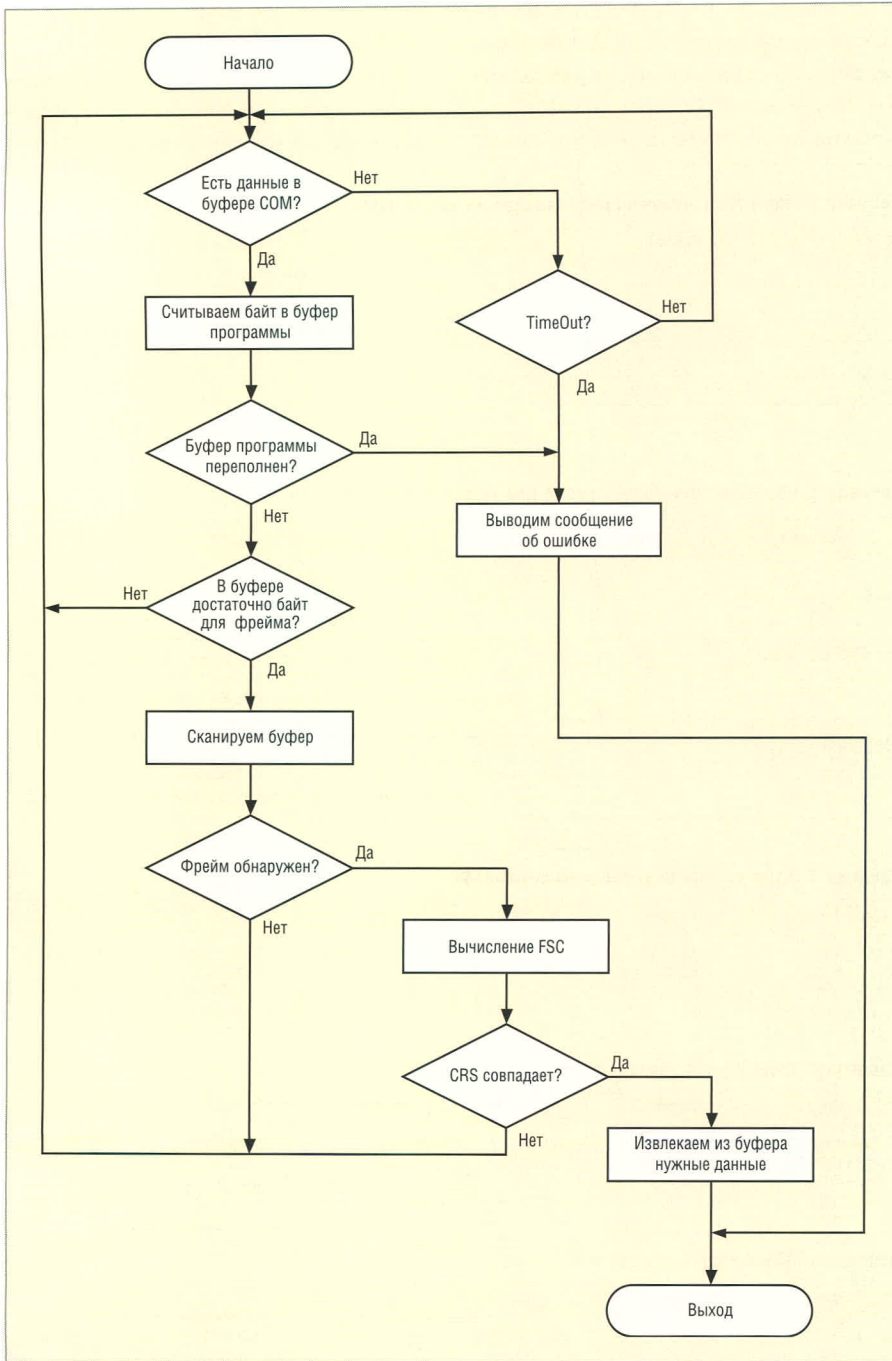


Рис. 3. Алгоритм распознавания входящих кадров

ет начинать с установки управляющего канала (DLCI = 0). Для этого формируется и посылается кадр, состоящий из шести байт, как показано в таблице 3.

В ответ от модуля приходит кадр типа UA (см. табл. 4) в случае успешного установления данного канала. Программа анализирует поступаю-

Таблица 9. Кадр UA для канала 2

Флаг	Адрес	Тип кадра	Длина	FCS	Флаг
11111001 b (F9h) 249	00001011 b (0Bh) 11	0111 0011 b (73h) 115	00000001 b (01h) 1	10010010 b (92h) 146	11111001 b (F9h) 249

Таблица 10. Кадр UA для канала 3

Флаг	Адрес	Тип кадра	Длина	FCS	Флаг
11111001 b (F9h) 249	00001111 b (0Fh) 15	0111 0011 b (73h) 115	00000001 b (01h) 1	01010000 b (50h) 80	11111001 b (F9h) 249

щие данные в буфере, находит границы кадра и переходит к проверке FCS (CRC-полей адреса, типа фрейма и длины). Если значение CRC, принятое из пакета, совпадает с вычисленным значением, то пакет анализируется дальше. Если типом кадра является UA, то служебный канал считается установленным, если нет (тип кадра DM) – попытка установления служебного канала повторяется. Напомним, что если посылаемый кадр поврежден или содержит ошибки (например, неправильно вычисленное значение CRC), то модуль не отвечает на такие кадры.

После установления служебного канала можно сразу же перейти к установлению других каналов, если для работы достаточно первой версии мультиплексного протокола. Если необходимо установить третью версию мультиплексного протокола, то осуществляется дополнительный обмен кадрами с обозначением версий в полях информации. Установление каналов (до трёх) для передачи данных по протоколу происходит аналогично установлению служебного канала. При этом устанавливать все три канала не обязательно.

В таблицах 5 – 7 показаны SABM-кадры установления каналов с порядковыми номерами 1, 2 и 3 соответственно. В таблицах 8 – 10 показаны UA-кадры, подтверждающие установление логических каналов с порядковыми номерами 1, 2 и 3 соответственно.

Алгоритм установления виртуального канала с DLCI = 0 представлен на рисунке 2. Алгоритмы установления других каналов принципиально не отличаются. Алгоритм распознавания входящих кадров показан на рисунке 3.

### ПЕРЕДАЧА И ПРИЁМ ДАННЫХ ПО ВИРТУАЛЬНЫМ КАНАЛАМ

Данные передаются в поле «информация» кадров типа UH. При этом AT-команды, разбитые по полям информации разных кадров, будут восприниматься нормально. Например, команду «AT» можно послать с помощью одного или двух кадров. В таблицах 11 и 12 показаны кадры для передачи команды «AT» с разбивкой на два кадра (например, драйвер WinMux2k передает команды с разбивкой). Таблица 13 показывает кадр, несущий команду «AT» полностью.

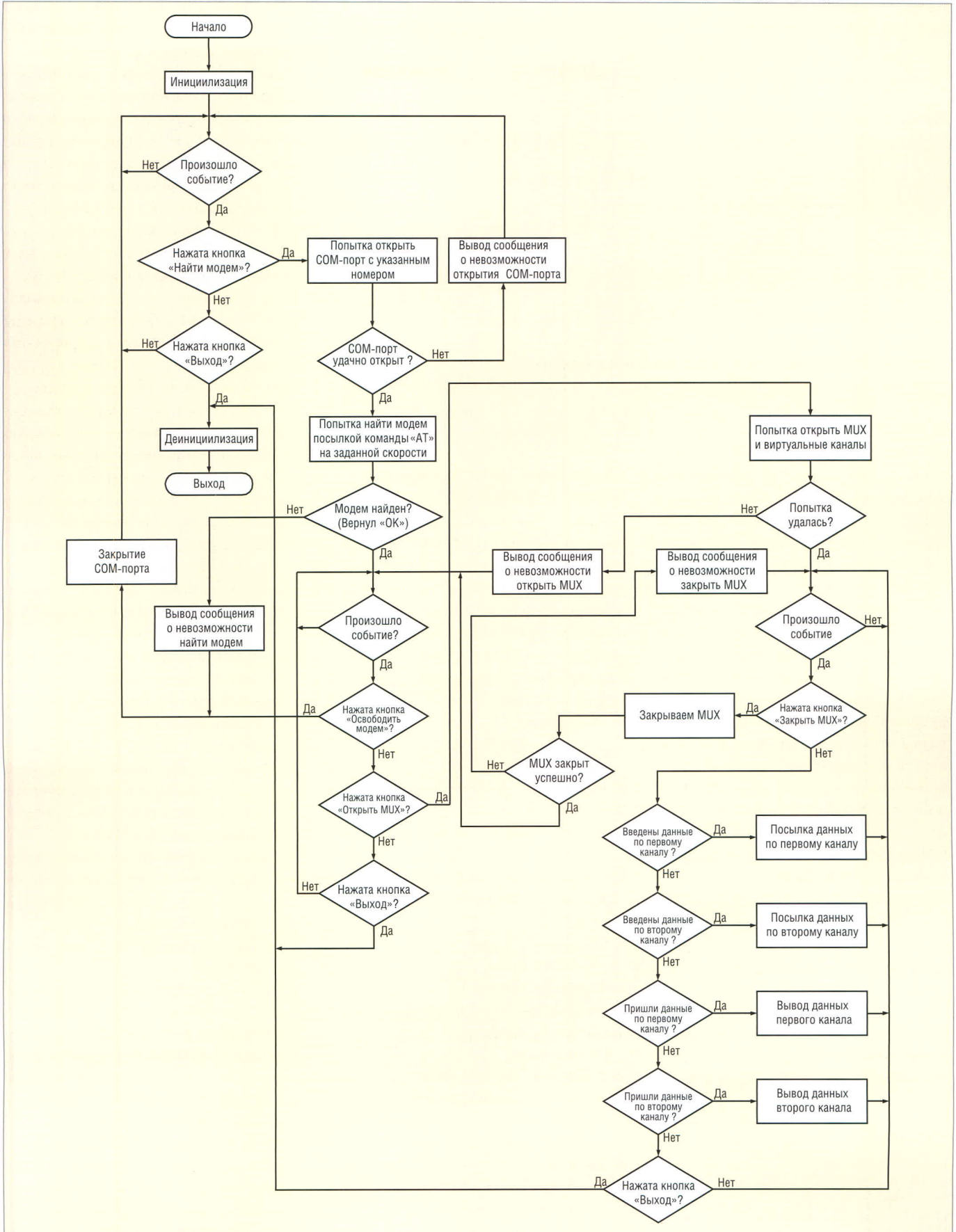


Рис. 4. Алгоритм работы всей программы

**ПЕРЕХОД В РЕЖИМ AT-КОМАНД**

Если существует необходимость выйти из мультиплексного протоко-

ла, то просто посылается команда закрытия режима мультиплексного протокола по служебному каналу. Формат команды представлен в таблице 14.

**ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ ПРОГРАММЫ**

На основе ранее описанных алгоритмов была реализована demonstra-

Таблица 11. Кадр UIH, несущий «А»

Флаг	Адрес	Тип кадра	Длина	«А»	FCS	Флаг
(F9h) 249	(07h) 7	(FFh) 255	(03h) 3	(61h) 97	(C4h) 193	(F9h) 249

Таблица 12. Кадр UIH, несущий «Т»

Флаг	Адрес	Тип кадра	Длина	FCS	Флаг	Флаг
(F9h) 249	(07h) 7	(FFh) 255	(03h) 3	«Т» (74h) 116	(C4h) 193	(F9h) 249

Таблица 13. Кадр UIH, несущий «АТ»

Флаг	Адрес	Тип кадра	Длина	«А»	«Т»	FCS	Флаг
(F9h) 249	(07h) 7	(FFh) 255	(05h) 5	(61h) 97	(74h) 116	(25h) 37	(F9h) 249

Таблица 14. Кадр с командой закрытия мультиплексного протокола

Флаг	Адрес	Тип кадра	Длина	CLD	FCS	Флаг
(F9h) 249	(03h) 3	(FFh) 255	(03h) 3	(C3h) 195	(03h) 3	(F9h) 249

ционная программа. Исходные тексты программы можно найти на сайте журнала ([www.soel.ru](http://www.soel.ru)). Проект состоит из четырех программных модулей: CRS, MainUnit, SubUnit и uRS232. Модуль CRC – это реализация вычисления значения CRC табличным методом; MainUnit – главный модуль, реализует алгоритм, показанный на рисунке 4; SubUnit – модуль для работы с мультиплексным режимом; uRS232 – модуль для работы с COM-портом. Для разработчиков, желающих использовать мультиплексный протокол, наиболее интересен будет модуль SubUnit, поэтому опишем его подробно.

Таблица 15. Соответствие между индексом N и выбираемым COM-портом

Значение N	№ COM-порта
0	COM1
1	COM2
2	COM3
3	COM4

Таблица 16. Соответствие между индексом B и скоростью COM-порта

Значение B	Скорость COM-порта (бит/с)
0	110
1	300
2	600
3	1200
4	2400
5	4800
6	9600
7	14 400
8	19 200
9	38 400
10	56 000
11	57 600
12	115 200

### ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ SUBUNIT

Программный модуль предназначен для работы с GSM-модулями фирмы Siemens, которые поддерживают возможность использования с мультиплексного протокола. Работа с модулями других производителей не гарантируется. Ниже приведено описание констант, переменных, функций и процедур программного модуля.

Константы:

- tpSABM – тип SABM;
- tpUIH – тип UIH;
- tpDISC – тип DISC;
- tpUA – тип UA;
- BufSize – размер буфера приёма (в байтах);
- ComTimeOut – задержка при работе с COM-портом при ожидании ответа;
- Channel0 – канал 0 (служебный – управляющий);
- Channel1 – канал 1;
- Channel2 – канал 2;
- Channel3 – канал 3.

Переменные:

- TypePaket – переменная, в которую записывается тип пакета\*;
- CurrentChannel – переменная, в которую записывается текущий канал\*;
- PaketData – строковая переменная, в которую записываются данные из принимаемого пакета.

\*Примечание: обновление переменных происходит, если функция PaketIn возвращает значение true.

Процедуры и функции:

- функция OpenCom (N, B: byte): Boolean – открывает COM-порт заданного номера с заданной ско-

ростью. Если заданный COM-порт не существует или занят, то возвращается значение false; N, B – индексы номера и скорости соответственно; соответствующие индексам N и B значения приведены в таблицах 15 и 16; если индексы выходят за пределы допустимых, то берутся параметры по умолчанию (COM1, скорость 57 600 бит/с);

- функция DataInCom: integer – возвращает количество не считанных байтов в буфере COM-порта;
- функция OkIn: Boolean – возвращает true, если в буфере программы строка OK (используется для AT-режима);
- функция PaketIn: Boolean – возвращает true, если в буфере программы обнаружен пакет; тогда в переменную TypePaket записывается тип пакета, в CurrentChannel – номер канала, к которому относится пакет, в PaketData – данные пакета (если они есть);
- процедура OpenMux – открывает мультиплексный протокол, при этом желательно проверить истинность открытия (с помощью DataInCom, ReadOpen и PaketIn);
- процедура CloseMux – закрывает режим мультиплексного протокола; закрытие желательно проверить с помощью DataInCom, ReadOpen и PaketIn;
- процедура OpenChannel(channel: byte) – открывает виртуальный канал с номером channel0, channel1, channel2 или channel3;
- процедура SendData(channel: byte; s: string) – посылает данные строки S по каналу channel0, channel1, channel2 или channel3;
- процедура CloseCom – закрывает COM-порт;
- процедура ClearBuf – очищает программный буфер и обнуляет счётчик байтов в буфере;
- процедура ReadChar – считывает один байт из буфера COM-порта в буфер программы и увеличивает счётчик байтов в буфере;
- процедура ReadBuf – считывает все байты из буфера COM-порта в буфер программы и увеличивает счётчик байтов в буфере;
- процедура WriteAT(s: string) – посылает AT-команду по COM-порту (не в режиме мультиплексного протокола).

### ЛИТЕРАТУРА

1. Multiplexer User's Guide (DocID: Mux\_guide\_v07). P. 36.



# Полная линейка приборных корпусов

## Технология EuropacPRO — ГАЛАКТИКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ



### ***CompacPRO***

**Простой и удобный  
переносной корпус**

- Разнообразные конфигурации
- Идентичные передняя и задняя рамки
- Простота сборки – компоненты фиксируются с внешней стороны
- Высокая прочность и надежность
- Привлекательная цена

### ***PropacPRO***

**Прочный переносной корпус  
с системой электромагнитного  
экранирования**

- Разнообразные конфигурации
- Привлекательный дизайн
- Прочная литая передняя рамка
- Возможность электромагнитного экранирования
- Может использоваться для медицинского оборудования

### ***RatiopacPRO***

**Универсальный корпус  
для любых применений**

- Настольное, переносное или стоечное исполнение
- Произвольные размеры и разнообразные конфигурации
- Возможность электромагнитного экранирования
- Эффективные системы охлаждения

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ**

**PROSOFT®**

**МОСКВА** Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**С.-ПЕТЕРБУРГ** Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • E-mail: info@spb.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**ЕКАТЕРИНБУРГ** Тел.: (343) 376-2820 • Факс: (343) 376-2830 • E-mail: info@prosoftsystems.ru • Web: www.prosoftsystems.ru  
**САМАРА** Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • E-mail: info@samara.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**НОВОСИБИРСК** Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • E-mail: info@nsk.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**КИЕВ** Тел.: (+380-44) 206-2343/2478/2496 • Факс: (+380-44) 206-2343 • info@prosoft-ua.com • www.prosoft.ru  
**УФА** Тел.: (347) 2925-216; 2925-217 • Факс: (347) 2925-218 • info@ufa.prosoft.ru • www.prosoft.ru

# Изобретатель радио А.С. Попов

К 150-летию со дня рождения

**Владимир Бартенев (Москва)**

**«Бессмертен научный подвиг Александра Степановича Попова, неисчерпаемо наследие, оставленное им человечеству»**

**Академик С.А. Векшинский**

Радиотехника как область знаний и практической деятельности человека возникла в конце XIX в. и за сто с лишним лет прошла огромный путь от первого радиоприёмника А.С. Попова до современных цифровых информационных систем космической связи. Причём в первые десять лет развитие радиотехники в России осуществлялось под руководством А.С. Попова и при его активном участии.

А.С. Попов родился 16 марта 1859 г. в поселке Туринские рудники Богословского горного округа Верхотурского уезда Пермской губернии (ныне – город Красноуральск Свердловской области) в семье священника. Не все знают, что знаменитый изобретатель происходил из старинного рода священнослужителей Поповых. А насчитывал этот род девять поколений. В десятилетнем возрасте Александр Попов был отправлен за 400 км в Далматовское духовное училище, где учился с 1869 по 1871 г., после чего перевёлся в Екатеринбургское духовное училище, где был в числе первых учеников. После выпуска из училища Александр Степанович продолжил богословское образование и поступил в Пермскую духовную семинарию, которую в 1877 г. столь же блестяще окончил.



Среди сверстников-семинаристов сохранились воспоминания о том, что Александр с большим увлечением и интересом занимался математикой и физикой, хотя этим предметам в семинарской программе отводилось довольно скромное место.

Приехав в 1877 г. в Петербург, А.С. Попов подал 13 августа ректору Петербургского университета прошение о допущении к «проверочному испытанию» и, успешно сдав его, был принят на физико-математический факультет. Юношеские годы А.С. Попова протекали в эпоху великих открытий в области физики, эпоху внедрения электричества в промышленность и жизнь, в период зарождения новой науки – электротехники.

В 1882 г. А.С. Попов окончил Петербургский университет и свою дальнейшую жизнь связал с естественными науками. Духовное образование не только не помешало ему с блеском окончить физико-математический факультет Санкт-Петербургского университета, стать профессором, но и помогло сделать великие научные открытия и, самое главное, сохранить высокую духовность, патриотизм и преданность России.

Духовность проявлялась и в его личной жизни. Одевался он скромно и просто; не курил и не пил вино. После окончания университета он женился. В его дружной семье было четверо детей. Часто в семейном кругу проходили музыкальные вечера. А.С. Попов любил классическую музыку, особенно произведения Глинки и Чайковского. Александр Степанович со всеми был сдержан и вежлив и никогда не повышал голоса.

Уже во время пребывания в университете А.С. Попов увлекается физикой и особенно много работает в этой области. Профессора оценили его способности, и в 1882 г., по окон-

чании, он был оставлен при университете.

В начале восьмидесятых годов А.С. Попов переселился в Кронштадт, куда он был приглашён на должность ассистента в минный класс. В этом учебном заведении преподавание было поставлено образцово, и А.С. Попов, который очень тщательно готовился и следил за научными успехами в области физики и электротехники, занял там вскоре место преподавателя и ещё более возвысил это учебное заведение.

Удачное соединение в лице А.С. Попова знаний по теоретической физике и по технике дало ему возможность в полной мере овладеть новыми открытиями немецкого учёного Генриха Герца, который доказал существование электромагнитных волн, и французского физика Бранли, который обнаружил способность металлических опилок сильно менять сопротивление под влиянием электромагнитных волн. В результате А.С. Попов создаёт первый в мире радиоприёмник и 7 мая (25 апреля по ст. стилю) 1895 г. на заседании физического отделения Русского физико-химического общества делает сообщение «Об отношении металлических порошков к электрическим колебаниям», сопровождая его демонстрацией построенного им приёмного устройства для беспроволочной телеграфии. В этом сообщении А.С. Попов с полной определённой и с сознанием ответственности за свои слова заявил, что задача передачи таких сигналов на большие расстояния по существу решена и необходимо лишь дальнейшее усовершенствование этого изобретения. В январе 1896 г. он выступил на заседании Кронштадтского отделения ИРТО, демонстрируя аппаратуру для радиосвязи между корпусами Петербургского университета. Во время доклада 12 (24) марта на очередном заседании в РФХО была осуществлена передача и приём слов «Генрих Герц» азбукой Морзе на расстояние 250 м. Это была первая в мире радиограмма.

В марте 1897 г. А.С. Попов читал лекцию «О возможности телеграфирования без проводов» в Морском собрании Кронштадта, сопровождая её наглядными и убедительными опытами. Лекция проходила при большом стечении публики: «адмиралов, генералов и офицеров всех родов оружия, дам, частных лиц и учащихся» (газета «Котлин», 01.04.1897) и намного опередила известное выступление в Англии главного инженера телеграфов В. Приса с первым рассказом об устройстве беспроволочного телеграфа Г. Маркони.

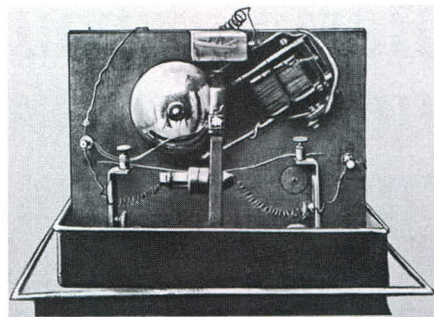
Опыты Попова А.С., проведённые в 1898 г., подтвердили его приоритет как изобретателя радио. Во-первых, ему удалось построить приёмо-передающие станции на учебном судне «Европа» и крейсере «Африка» и установить беспроволочную связь на 8 км. При этом был установлен новый научный факт – отражение радиоволн посторонним металлическим телом (кораблем), попавшим на прямую линию между передатчиком и приёмником. Это наблюдение позволило А.С. Попову предложить способ определения направления на работающий передатчик для радиомаяков и радиопеленгаторов, фактически заложив основы радиолокации. Во-вторых, именно в 1898 г. Петербургская фирма Дюкрите выпускает первую партию приёмников конструкции А.С. Попова для военно-морского флота России. Но самое главное, что от телеграфной беспроволочной связи А.С. Попов переходит к радиотелефонной радиосвязи и на построенный им «приёмник депеш» с телефонными трубками Попов А.С. получает привилегию (так назывался в России патент) №6066 с приоритетом от 14 (26) июля 1899 г. Приёмники этого типа в России выпускались вплоть до 2004 г. Высокую оценку они получили и за рубежом. В Париже на Всемирной выставке в 1900 г. приёмник Попова А.С. был удостоен Большой золотой медали, несмотря на то что к этому времени на Западе Маркони Г. удалось организовать промышленное производство радиоаппаратуры в массовом количестве. Может быть, поэтому в 1905 г., когда началась русско-японская война и потребовалось большое количество радиостанций, Военное министерство заказало их за границей, а не в Петербурге.

В начале 1900 г. А.С. Попов и П.Н. Рыбкин руководят постройкой практи-

ческой линии радиосвязи для организации работ по ликвидации последствий аварии броненосца «Генерал-Адмирал Апраксин», севшего на камни у о. Гогланд в Финском заливе в результате навигационной ошибки. Остров не имел телеграфного сообщения с берегом. По предложению Морского технического комитета было решено использовать радиосвязь. К месту аварии ледокол «Ермак» доставил снаряжение для радиостанции. Другая радиостанция устанавливалась под руководством А.С. Попова на Финском берегу, вблизи г. Котка, имевшего телеграфную проводную связь с Петербургом. 24 января 1900 г. радиосвязь между о. Гогланд и г. Котка была установлена. И первая же радиограмма, отправленная А.С. Поповым, содержала призыв о помощи рыбакам, унесённым на оторвавшейся льдине в открытое море. Спасти рыбаков мог только ледокол «Ермак», стоявший у Гогланда, а передать ему сообщение мог только Попов и только по радио. Получив радиограмму, капитан «Ермака» приказал поднимать пары и вскоре ледокол вышел в море на поиски рыбаков. К вечеру 25 января «Ермак» вернулся с 27 рыбаками на борту. Таким образом, изобретение А.С. Попова при первом же его практическом применении послужило гуманной цели – спасению попавших в беду людей.

В 1901 г. А.С. Попов был избран профессором физики Электротехнического института в Петербурге. Он переселился туда и там продолжал свою работу. В 1901–1905 А.С. Попов как профессор кафедры физики Электротехнического института разрабатывает ряд курсов по радиотехнике, создаёт радиолaborаторию, руководит работой аспирантов Д.А. Рожанского, Б.И. Зубарева и С.Я. Лифшица. В эти же годы он продолжает консультировать специалистов военного и гражданских ведомств по беспроволочной телеграфии, участвует как представитель России в Берлинской конференции 1903 г. по международной регламентации радиосвязи. Открывая эту конференцию, германский министр почт и телеграфов подчеркнул: «Попову мы обязаны возникновением первого радиотелеграфного аппарата».

Осенью 1905 г. А.С. Попов был избран директором Электротехнического института. Это было тревожное

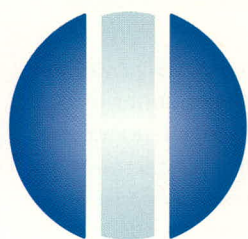


время. 15(28) октября 1905 г. под председательством А.С. Попова состоялось заседание Совета института, на котором было принято постановление с требованием немедленных и безусловных гарантий свободы собраний, свободы слова, немедленный созыв Учредительного собрания, отмена смертной казни и амнистии политическим заключенным. В развернувшиеся революционные события были вовлечены и студенты Электротехнического института. А.С. Попов был вызван в Министерство внутренних дел. Министр Дурново требовал от Попова допустить в институт полицейских агентов для слежки за студентами. Но Попов категорически отказался. Вернувшись из министерства, А.С. Попов почувствовал сильное недомогание. В тот же день на заседании физического отделения Русского физико-химического общества учёные единодушно избирают Попова председателем отделения. На этом заседании А.С. Попов почувствовал себя совсем плохо и, едва добравшись домой, окончательно слёг и уже больше не вставал. 13 января 1906 г. Попов умер от кровоизлияния в мозг. Смерть Попова в расцвете творческих сил и блестящей научной деятельности (ему всего было 46 лет) явилась огромной потерей для русской науки.

И всё-таки, несмотря на усилия А.С. Попова, отечественная радиотехника не получила должного развития в царской России. Попытки иностранных фирм проникнуть на российский рынок начались ещё при его жизни. Особенно преуспели в этом немецкие фирмы АЕГ и «Сименс и Гальске», объединившие в 1903 г. свою деятельность в области радио путём создания фирмы «Телефункен». Попытки проникнуть на российский рынок предпринимает и Маркони. Однако из-за отсутствия новизны в его заявке на радиоаппарат ему было отказано в регистрации патента в России (как и в США).



# Демонстрационная площадка достижений электронной промышленности



electrontech

E·X·P·O  
ELECTRONICA



С 13 по 16 апреля 2009 г. в МВЦ «Крокус Экспо» состоится крупнейшая не только в России, но и во всей Восточной Европе международная выставка «ЭкспоЭлектроника», проходящая совместно с проектом «ЭлектронТехЭкспо» и являющаяся безусловным лидером в сфере демонстрации последних достижений в электронной отрасли.

Выставка 2008 г. собрала рекордное число экспонентов и посетителей. Участие в выставке, расположенной на общей площади в 24 775 кв. м, приняли 509 компаний из 26 стран, в числе которых были практически все российские лидеры отрасли и многие зарубежные гранды. Количество посетителей составило более 20 000 человек, в большинстве своём это топ-менеджеры и специалисты компаний, ответственные за принятие решений о сотрудничестве и закупках. Согласно статистике, большинство из них сумели найти необходимые коммерческие контакты (а именно такую цель ставили перед собой почти 95% экспонентов). 97% участников отметили высокую посещаемость своих стендов, а также уровень профессиональной компетентности посетителей.

В 2009 г. центральную часть экспозиции выставки займут лидеры дистрибуции электронных компонентов и комплектующих («Симметрон», «Элттех», «Аргуссофт», «Петроинтрейд», «ЭФО», «Платан», «МТ Систем», «ФЭК», «Диал Электрোলюкс», «МикроЭМ», «ЮЕ-Интернейшнл», «Гамма СПб», «Промэлектроника», «Золотой Шар», «Гамма Выборг», «Прософт», «ЭКМ», «Радиянт

Элком», «Бурый медведь», «РСП», «ВиталЭлектроникс», «РТД Универсал», «КТЦ МК», «Дектел» и многие другие), среди участников будут представлены крупнейшие российские производители («Морион», «Томилинский электронный завод», «Группа «Протон», «ПКК Миландр», «НПО Эрко», «Завод МАРС», «Александр Электрик», «Ферроприбор», «Элеконд», «Государственный рязанский приборный завод», «НПП Фолтер», «НПП Элтом», «НТЦ Магистр», «НТЦ Магистр», и т.д.); ведущие зарубежные производители (Panasonic, Tyco Electronics, PKC Group, Kingbright Electronics, Heraeus, National Instruments, Larcet, Electrolube, JTAG Technologies, Hypertronics Corporation, Farnell, Mascot, Evita и др.) и многие другие. Больше 50 предприятий Роспрома представят современные отечественные конкурентоспособные разработки на коллективном стенде «Радиоэлектронный комплекс России», который будет занимать на выставке 2009 г. более 200 кв. м. Страны – лидеры рынка производства высокотехнологичной продукции, такие как Германия, Китай, Финляндия, Корея, Великобритания, Тайвань и Гонконг, – планируют представить участникам и посетителям выставки свою продукцию и услуги на национальных стендах.

На выставке «ЭлектронТехЭкспо» будут представлены поставщики технологического оборудования ведущих мировых производителей («Предприятие Остек», «Электрон Сервис Технология», «Ассемрус», «Диполь», «Петрокоммерц», «РТС Ин-

жиниринг», «Совтест АТЕ», «ДИАЛ РЭМ», «Клевер Электроникс», «ЛионТех», «НПП Эсто», «РПТИ», «Иммертехник», «ТЦ Виндэк», WAT и другие); поставщики материалов, используемых при производстве электронных и электротехнических изделий («Химснаб», «ЕвроКлад», «Гереус», «МЭФ Оникс», «Инженерные Технологии», «БМП Кемикал», «Ай Ви Тек электроникс», «Санкт-Петербургский центр ЭЛМА» и т.д.); мировые производители контрольно-измерительного оборудования и приборов (Rohde & Schwarz, Agilent Technologies, Tektronix, «Эликс», а также ведущие российские дистрибьюторы – «Электрейд М», «Прист», «Аргус Икс», «Мастер Тул», «Лайнтест», «Евроинтех», «Миллаб», «Арттул», «Вест-Эл», «Стандарттехприбор», «НТНК» и т.д.); крупнейшие зарубежные производители (Panasonic, Treston Oy, Heraeus, Armeka, National Instruments, Electrolube, JTAG Technologies, Mascot, Evita и другие) и др.

Традиционно отличительной особенностью выставок «ЭкспоЭлектроника» и «ЭлектронТехЭкспо» останется обширная деловая программа, которая включает в себя более 30 мероприятий: технические семинары, презентации, круглые столы, пресс-конференции и др.

Выставки «ЭкспоЭлектроника» и «ЭлектронТехЭкспо», как одни из лидирующих отраслевых мероприятий в Европе, продолжают демонстрировать высокую эффективность и отдачу как для участников, так и для посетителей выставок.

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

## СВЕТОДИОДНАЯ ЛАМПА XLD-MR16

для встраиваемых светильников



Светодиодные лампы серии XLD-MR16 предназначены для замены традиционных галогенных источников света во встраиваемых светильниках типа "downlight".

### Основные области применения светодиодных ламп:

- внутреннее освещение
- освещение витрин
- встраиваемые осветительные системы

Доступны модели трех оттенков белого цвета – холодного (WHC), естественного (WHS) и теплого (WHW). Применение в качестве источников света высокоэффективных и надежных светодиодов компании Cree гарантирует в течение всего назначенного срока службы стабильность светового потока и цветовых характеристик белого света.

### Основные преимущества светодиодных ламп:

- высокая экономичность
- универсальное крепление
- простота установки
- отсутствие нагрева
- большой срок службы

Гарантия на светодиодные лампы составляет 5 лет.

### Основные технические характеристики

Модель	XLD-MR16	
Питание	Внешний драйвер	
Рабочий ток	350 мА	700 мА
Цветовая температура	5000 К ... 10000 К (холодный, WHC) 3700 К ... 5000 К (естественный, WHS) 2600 К ... 3700 К (теплый, WHW)	
Световой поток	255 лм (холодный, WHC) 225 лм (теплый, WHW) 215 лм (естественный, WHS)	385 лм (холодный, WHC) 340 лм (теплый, WHW) 325 лм (естественный, WHS)
Потребляемая мощность	3,5 Вт	7 Вт
Угол излучения	10° 20° 50°	
Класс защиты	IP20	
Рабочий диапазон температур	-40... +50°C	

ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ПОСТАВЩИК ПРОДУКЦИИ XLIGHT В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ

# ТОРО

Инструмент для создания шедевра!



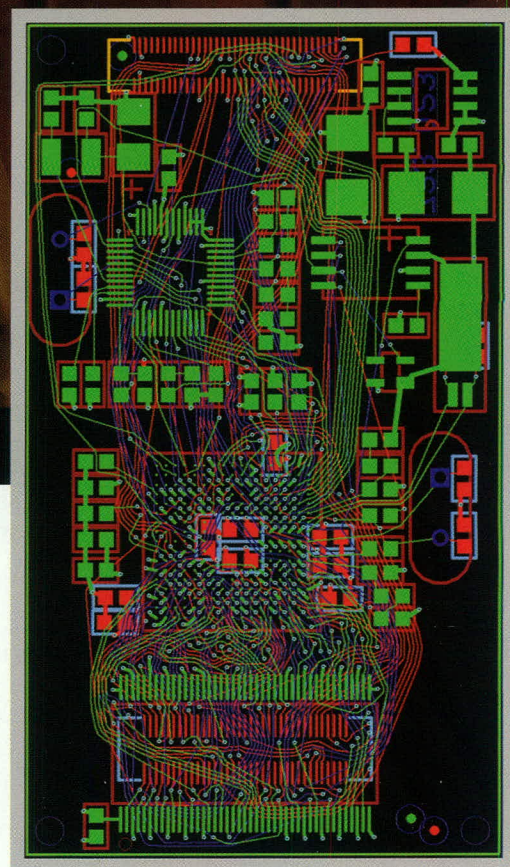
## Торор —

трассировщик печатных плат

- Высокопроизводительный, не имеющий аналогов топологический трассировщик
- Великолепное качество трассировки

Сокращение сроков разработки электронных устройств

Отсутствие преимущественных направлений трассировки в слоях, что существенно снижает уровень параллельности трасс и уменьшает уровень перекрестных электромагнитных помех



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ТороR НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ, СТРАН СНГ И БАЛТИИ

**PROSOFT**<sup>®</sup>

г. Санкт-Петербург: Телефон: +7(812) 448-0444 • Факс: +7(812) 448-0339  
E-mail: [topor@freestyleteam.ru](mailto:topor@freestyleteam.ru) • Web: [www.freestyleteam.com](http://www.freestyleteam.com)

# E·X·P·O ELECTRONICA



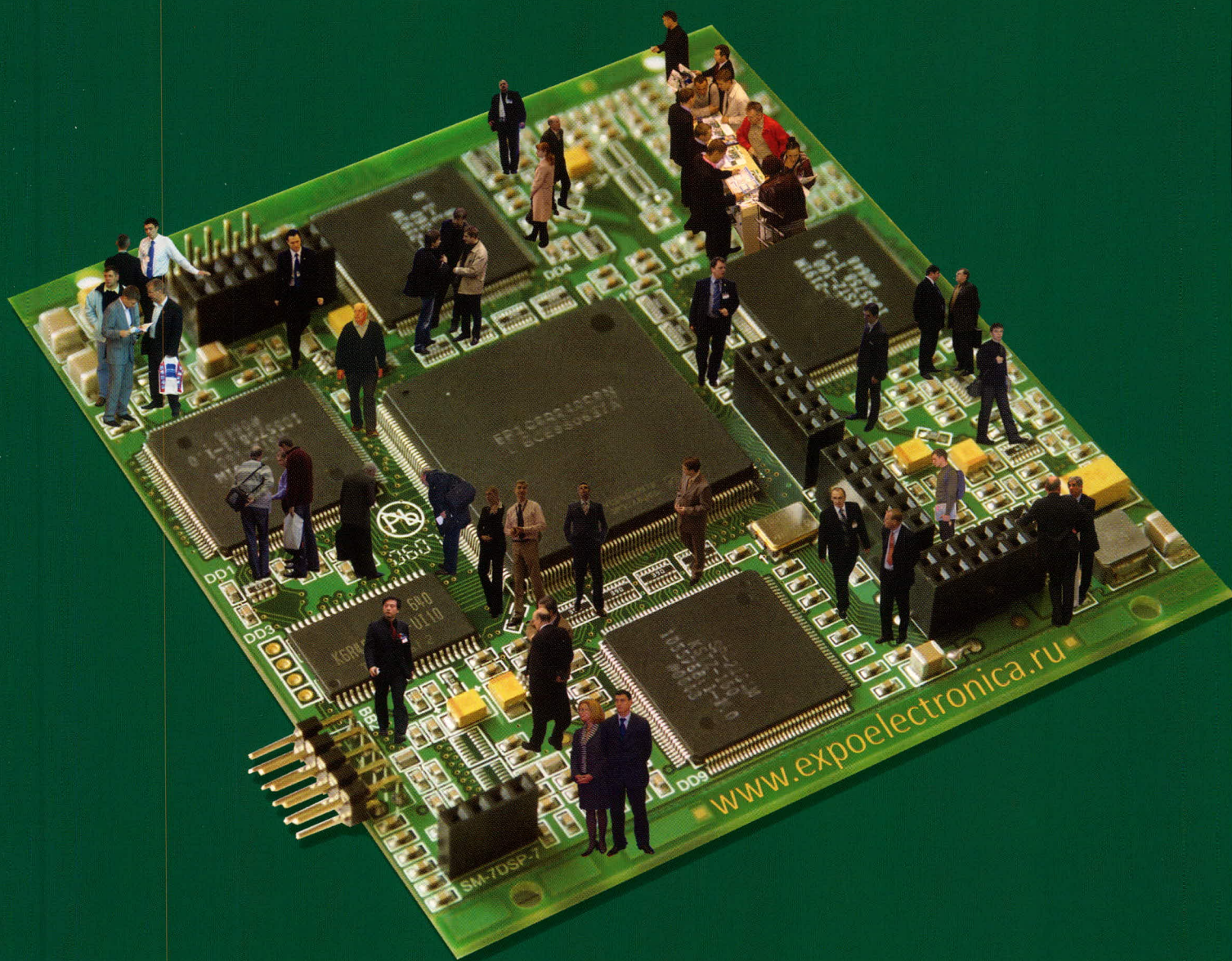
ufi  
Approved  
Event



Совместно с:

**ElectronTech** **expo**

12-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ



## ВАША КОНТАКТНАЯ ПЛОЩАДКА

**13-16 АПРЕЛЯ 2009**

**МОСКВА**

**КРОКУС ЭКСПО**  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР

Организаторы:



primexpo



ITE GROUP PLC



NISN PCB



'Специальный центр'



ufi  
Member

Тел.: +7 812 380 60 03

+7 812 380 60 07

+7 812 380 60 00

Факс: +7 812 680 60 01

E-mail: [electron@primexpo.ru](mailto:electron@primexpo.ru)

При содействии:



ITE CHINA



Луноход будущего. Аня Мищенко, 5 лет

# А МОЙ ПАПА МОЖЕТ!

Воображение ребенка не нуждается в знании законов физики и не требует доказательств. Сегодня мы улыбнемся его рисунку, а завтра появятся технологии, дающие возможность реализовать самые удивительные фантазии наших детей. "ПетроИнТрейд" приближает этот день, обеспечивая российские компании компонентами, созданными по новейшим технологиям. Это подтверждает успешный опыт комплексных поставок высоконадежной продукции на предприятия оборонной и аэрокосмической отрасли.

## Санкт-Петербург

тел. +7 812 324-6350

sales@petrointrade.ru

 **Petro in Trade**

www.petrointrade.ru

## Москва

тел. +7 495 626-5267

## Ижевск

тел. +7 3412 72-1742

## Нижний Новгород

тел. +7 831 275-9692

## Екатеринбург

тел. +7 343 310-0327

## Чебоксары

тел. +7 8352 20-4034

## Новосибирск

тел. +7 383 211-0202

## Киев

тел. +38 044 494-4702

В рекламе использованы рисунки детей сотрудников компании "ПетроИнТрейд"