

# СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 9 2011

## В НОМЕРЕ

Источники питания с приёмкой заказчика  
СВЧ-микросхемы на основе технологии GaAs MESFET  
Тепловой контроль аппаратуры  
Гальваническая развязка интерфейса RS-232  
Моделирование антенн в пакете FEKO  
и многое другое



ПОДПИСКА  
на 2012 г.  
стр. 80



*Надежный элемент  
Вашего бизнес-процесса*

# УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

СИСТЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ  
НА БАЗЕ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ:

- релейная защита



- панели управления



- панели HMI



- силовая электроника



[www.rtd-universal.com](http://www.rtd-universal.com)

Москва  
т/ф: 8(495)280-70-29  
e-mail: [info@rtd-universal.com](mailto:info@rtd-universal.com)

Санкт-Петербург  
т/ф: 8(812) 317-81-07  
e-mail: [piter@rtd-universal.com](mailto:piter@rtd-universal.com)

## Инновационный подход к проектированию электроники



### Торор 5.2 **NEW** Топологический трассировщик печатных плат

#### Новые средства:

- Преобразование проводников в полигоны
- Расчет площади металлизации
- Собственный открытый текстовый формат ТороR PCB

#### Автоматическая трассировка:

- Автотрассировка с использованием несквозных межслойных переходов
- Распутывание «клинчей»
- Назначение цепям (группам цепей) определенных типов переходных отверстий
- Создание областей запрета переходных отверстий

#### Интерфейс:

- Поиск переходных отверстий по типам
- Выделение деталей корпусов
- Инверсия выделения

### SimOne Моделирование электронных схем

- Высокая скорость – до x10 быстрее классических SPICE-программ
- Высокая точность моделирования
- Многоядерность и параллельное моделирование

**Поддержка параллельных вычислений в SimOne позволяет эффективно использовать мощности современных компьютеров, значительно повышая скорость моделирования.**

- Анализ устойчивости схемы. Исследование устойчивости схемы при вариации параметров моделей элементов и изменении температуры
- Кодовый матричный процессор
- Помощник симуляций
- Экспорт в Matlab, Maple, Excel

**Главный редактор**  
Александр Майстренко

**Зам. главного редактора**  
Татьяна Крюк

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

**Вёрстка**  
Олеся Фрейберг

**Обложка**  
Дмитрий Юсим

**Служба распространения**  
(info@soel.ru)  
Ирина Лобанова

**Служба рекламы**  
(advert@soel.ru)  
Ирина Савина

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

Перепечатка материалов допускается только  
с письменного разрешения редакции.  
Ответственность за содержание рекламы  
несут рекламодатели.  
Ответственность за содержание статей  
несут авторы.  
Материалы, переданные редакции,  
не рецензируются и не возвращаются.  
© СТА-ПРЕСС, 2011

# 9/2011 Contents

<b>MARKET</b>	
<b>News from the Russian Market</b> . . . . .	<b>4</b>
<b>MODERN TECHNOLOGIES</b>	
<b>Induction Lamp: A Source of High-Quality Energy-Efficient Lighting</b> . . . . .	<b>8</b>
<i>Sergei Makarenya, Aleksandr Pavlov, Nikolai Fomin</i>	
<b>Aluminum Nitride Ceramics for Electronic Components</b> . . . . .	<b>14</b>
<i>Yurii Nepochatov, Anastasiya Zemnitskaya, Pavel Mul'</i>	
<b>ELEMENTS AND COMPONENTS</b>	
<b>Power Suppliers with Customer Acceptance</b> . . . . .	<b>18</b>
<i>Sergei Shishkin</i>	
<b>International Rectifier DC/DC Converters for Demanding Applications</b> . . . . .	<b>24</b>
<i>Aleksandr Sedunov</i>	
<b>Microcontroller-Based Platforms for Real-Time Applications</b> . . . . .	<b>28</b>
<i>Nikolai Kol'skii</i>	
<b>GaAs MESFET Monolithic Microwave Integrated Circuits</b> . . . . .	<b>36</b>
<i>Aleksei Golikov, Evgenii Kopylov, Tat'yana Golikova</i>	
<b>DEVICES AND SYSTEMS</b>	
<b>CHROMA ATE Series 61600 Programmable AC Power Supplies</b> . . . . .	<b>38</b>
<i>Angelina Shadeiko</i>	
<b>Protection of Electronic Components Operating under Severe Industrial Conditions</b> . . . . .	<b>40</b>
<i>Val'demar Ruf</i>	
<b>Thermal Control Using Testo IR Imager</b> . . . . .	<b>42</b>
<i>Dmitrii Mikhailov</i>	
<b>Eliminating the Parallel/Serial Tradeoff in Embedded Systems with SPIFI-Equipped Cortex-M3</b> . . . . .	<b>44</b>
<i>Rob Cosaro, Jene Carter</i>	
<b>PRACTICAL ELECTRONICS</b>	
<b>ADUM7441 and ADUM3473 Digital Isolator ICs for Galvanic Decoupling of RS-232 Interface</b> . . . . .	<b>50</b>
<i>Aleksei Kuz'minov</i>	
<b>DESIGN AND SIMULATION</b>	
<b>Simulation of the Antenna-Dome System in the FEKO Program Package</b> . . . . .	<b>60</b>
<i>Natal'ya Kisel'</i>	
<b>TOOLING AND EQUIPMENT</b>	
<b>Nonstandard Equipment for Fabricating Angular Movement Fiber-Optic Sensors</b> . . . . .	<b>64</b>
<i>Ol'ga Yurova, Inna Nazarova, Mariya Mysheva, Tat'yana Murashkina</i>	
<b>THEORY</b>	
<b>Actual Maximal Amplitude of Limit Cycles in a Second-Order Zero-Input Digital Filter</b> . . . . .	<b>66</b>
<i>Aleksandr Mingazin</i>	
<b>EVENTS</b>	
<b>Advanced Lighting Technology and DISPLAY in St. Petersburg</b> . . . . .	<b>72</b>
<b>Russian Week of Electronics 2011</b> . . . . .	<b>73</b>
<b>«Information Technologies in Transport» Forum will Be Held May, 2012!</b> . . . . .	<b>74</b>
<b>Subject Index</b> . . . . .	<b>76</b>

# Содержание 9/2011

## РЫНОК

4 **Новости российского рынка**

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

8 **Индукционная лампа – источник качественного и энергоэффективного освещения**

*Сергей Макареня, Александр Павлов, Николай Фомин*

14 **Разработка керамики на основе нитрида алюминия для изделий электронной техники**

*Юрий Непочатов, Анастасия Земницкая, Павел Муль*

## ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

18 **Источники электропитания с приёмкой заказчика**

*Сергей Шишкин*

24 **DC/DC-преобразователи компании International Rectifier для ответственных применений**

*Александр Седунов*

28 **Микроконтроллерные платформы для приложений реального времени**

*Николай Кольский*

36 **Монолитные интегральные схемы СВЧ на основе технологии GaAs MESFET**

*Алексей Голиков, Евгений Копылов, Татьяна Голикова*

## ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

38 **Программируемые источники переменного тока CHROMA ATE серии 61600**

*Ангелина Шадейко*

40 **Защита электрических и электронных компонентов, работающих в жёстких промышленных условиях**

*Вальдемар Руф*

42 **Тепловой контроль с тепловизорами Testo**

*Дмитрий Михайлов*

44 **Решение проблемы выбора между параллельным и последовательным интерфейсом памяти во встраиваемых системах на базе Cortex-M3 с функцией SPIFI**

*Роб Косаро, Жене Картер*

## ПРАКТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

50 **Применение ИС цифровых изоляторов ADUM7441 и ADUM3473 для гальванической развязки интерфейса RS232**

*Алексей Кузьминов*

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

60 **Моделирование системы антенна – обтекатель в пакете программ FEKO**

*Наталья Кисель*

## ИНСТРУМЕНТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

64 **Нестандартное оборудование для изготовления волоконно-оптических датчиков угловых перемещений**

*Ольга Юрова, Инна Назарова, Мария Мышева, Татьяна Мурашкина*

## ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

66 **Фактическая максимальная амплитуда предельных циклов в цифровом фильтре второго порядка при нулевом входе**

*Александр Мингазин*

## СОБЫТИЯ

72 **«Современная светотехника» и DISPLAY в Санкт-Петербурге**

73 **Российская неделя электроники 2011**

74 **Форум по информационным технологиям на транспорте состоится в мае 2012**

76 **СВОДНОЕ СОДЕРЖАНИЕ**

Уважаемый читатель!

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

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

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

### Преимущества платной подписки:

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

### «Роспечать»

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

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

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

### «Артос-ГАЛ»

тел.: (495) 981-0324, 788-3988  
artos-gal@mail.ru

### «Интер-Почта-2003»

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

### «Орикон-М»

тел./факс: (495) 663-3054  
oricon@sovintel.ru

### «Урал-Пресс»

http://www.ural-press.ru

Читатели из дальнего зарубежья могут оформить подписку через агентство

### «МК-Периодика»

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

## Новости российского рынка

### РЫНОК

#### Компания PCBtechnology предлагает термические испытания поставляемых печатных плат в соответствии со стандартом IPC-TM-650

Термический стресс (thermal stress) производится непосредственно заводом изготовителем и делается бесплатно для всех заказов. Тест предназначен для того, чтобы определить, выдерживают ли металлизированные отверстия перегрев, который может произойти в про-

цессе сборки или ремонта электронного блока.

В качестве тестового образца применяется или печатная плата целиком, или тестовый купон, который содержит как минимум три отверстия минимального диаметра (в соответствии с тестируемой платой). Тестовый купон производится в одном технологическом цикле с исследуемой ПП.

Протокол исследования прилагается к заказу.

Процедура тестирования:

1. Тестовый образец выдерживается в сушильном шкафу при температуре от

121 до 149°C в течение времени, необходимого для удаления остатков влаги (минимум 6 ч). Образец остужается до комнатной температуры;

2. Поверхность образца (включая отверстия) покрывается флюсом;
3. Образец укладывается на поверхность расплавленного припоя на 10 с. Температура припоя  $288 \pm 5^\circ\text{C}$ . Количество циклов нагрева – 3;
4. Образец остужается до комнатной температуры и проверяется на целостность.

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

Тел.: (499) 558-0254, (495) 545-1708

### Элементы и компоненты

#### Новый малогабаритный прецизионный малощумящий кварцевый генератор ГК291-ТС

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 новый малогабаритный, низкопрофильный («плоский») прецизионный малощумящий кварцевый генератор с широкими адаптивными возможностями для различных применений.

мов генераторов на 10 МГц:  $\leq -100$  дБ/Гц для  $\Delta f = 1$  Гц и  $\leq -150$  дБ/Гц для  $\Delta f = 100$  Гц;

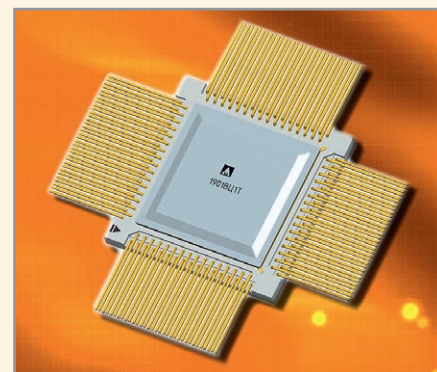
- низкий «профиль»: реализованная высота корпуса до 12,7 мм;
- исполнение в перспективном корпусе  $25,4 \times 25,4$  мм;
- диапазон частот: 8,192...20 МГц.

В настоящее время генераторы могут выпускаться серийно с приёмкой «1».

Дополнительная информация об этих и других новых приборах доступна на сайте ОАО «МОРИОН» [www.morion.com.ru](http://www.morion.com.ru).

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

Тел.: (812) 350-7572



Микросхема выпускается в 132-выводном корпусе, имеет внешнее питание 3 В и содержит встроенный регулятор на 1,8 В для питания ядра. 96 выводов кристалла доступны пользователям в качестве портов общего назначения. Рабочий температурный диапазон от  $-60$  до  $+125^\circ\text{C}$ .

Микроконтроллер обладает низким энергопотреблением (не более 180 мА в случае, если активны оба ядра) и широким набором периферии, позволяющим использовать его в различных мобильных и стационарных устройствах.

В настоящий момент уже доступны образцы микроконтроллера в составе демонстрационно-отладочных комплектов. В серийное производство микросхема поступит в I квартале 2012 г.

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

Тел.: (495) 981-5433

#### Двухъядерный микроконтроллер компании «Миландр» для высоконадёжных применений

Компания «Миландр», ведущий российский разработчик и производитель интегральных микросхем, представляет новейший двухъядерный микроконтроллер 1901BQ1T, ориентированный на широкий круг приложений, требующих одновременного решения как задач управления системой в реальном времени, так и задач быстрой обработки входных потоков данных.

В микроконтроллере совмещены два высокопроизводительных ядра: 32-рядное RISC-ядро, разработанное специально для встраиваемых мобильных приложений, и сопроцессор ЦОС с системой команд, совместимой с процессором TMS320C54X. Особенностью микроконтроллера 1901BQ1T является усовершенствованный модуль ускорителя доступа к ПЗУ программ/данных со стороны RISC-ядра, который позволил значительно увеличить быстродействие RISC-подсистемы по сравнению с микроконтроллерами серии 1986BE9x.



ГК291-ТС обладает следующими особенностями:

- высокая стабильность частоты в интервале рабочих температур: до  $\pm 1 \times 10^{-9}$ ;
- широкий интервал рабочих температур до  $-40 \dots +85^\circ\text{C}$ ;
- высокая долговременная стабильность частоты: до  $3 \times 10^{-8}$  за год;
- исполнение с выходным сигналом SIN или HCMOS;
- исполнение с напряжением питания 12 или 5 В;
- сокращённое время выхода на режим (до 1 мин);
- низкий уровень фазовых шумов, с возможностью выбора исполнения при заказе – от стандартного до малощумящего (опция LN). Реализованные уровни шу-

#### Выпуск DC/DC-преобразователей серии BP24 TY 6390-001-61704169-10 с приёмкой «5»

ООО «Ирбис-5» (г. Москва) начал выпуск DC/DC-преобразователей серии BP24 TY 6390-001-61704169-10 с приёмкой «5» выходной мощностью 3, 6, 15 и 30 Вт, предназначенных для применения в аппаратуре спецназначения. Первую презентацию новой продукции проведут специалисты

## Новости российского рынка



ЗАО «ММП-Ирбис» 30 ноября 2011 г., в День «Высокой моды силовой электроники» на 8-й Международной выставке «Силовая электроника и энергетика 2011» (Москва, МВЦ Крокус-Экспо).

[www.mmp-irbis.ru](http://www.mmp-irbis.ru)

Тел./факс: +7 (495) 987-1016

### Промышленные разъёмы HEAVUCON: новые компактные версии в пластиковых корпусах HC-COM и HC-MOD

Немецкий электротехнический концерн Phoenix Contact расширяет линейку популярных промышленных разъёмов Heavuson с высокой степенью защиты IP67. Новые компактные разъёмы Heavuson серий HC-MOD и HC-COM имеют пластиковые корпуса и предназначены для промышленного оборудования с широким температурным диапазоном эксплуатации от -40 до +100°C.



Серия разъёмов HC-MOD включает в себя блочный и кабельный корпуса с фиксацией двумя боковыми защёлками, а также кодирующие ключи для защиты одинаковых разъёмов от некорректного подключения, с помощью которых можно реализовать до 16 различных уникальных комбинаций. В корпус разъёма можно установить любой модуль из линейки Heavuson Modular шириной 14,6 мм с различным числом контактов – от 2 до 25, от 5 до 70 А. Данные модули предназначены для установки контактов под обжим либо имеют встроенные силовые контакты (70 А) с аксиальными винтовыми зажимами.

В новых разъёмах HC-COM с фиксацией ответных частей одной защёлкой используются новые контактные вставки на семь контактов (5 силовых контактов/40 А + 2 сигнальных/10 А), девять контактов (15 А),

либо 18 контактов (10 А). Блочные разъёмы доступны в прямом и угловом исполнении, а кабельные позволяют реализовать соединение «кабель-кабель» или «кабель-блок».

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

Тел.: +7 (495) 933-8548

### 65-Вт источники питания AC/DC с площадью платы 50,8 × 101,6 мм от TDK-Lambda

Компания TDK-Lambda объявила о начале поставок 65-Вт источников питания AC/DC серии MWS65 в исполнении «открытый каркас». С усиленной изоляцией между входными и выходными цепями 4 кВ и изоляцией 1500 В (действующее значение) между выходными цепями и цепями заземления, все модели серии MWS65 соответствуют требованиям стандарта безопасности UL/EN60601-1 издания 2 и 3 для медицинского электрооборудования, а установка предохранителей в цепи фазы и нейтрального провода позволяет использовать источники питания в медицинских применениях: изделиях типа В (изделия, обеспечивающие определённую степень защиты от поражения электрическим током, в частности, в отношении допустимого тока утечки) и изделиях типа BF (изделия типа В с рабочей частью типа F, которая находится в намеренном физическом контакте с телом пациента в диагностических и лечебных изделиях).

Используя передовые технологии, сочетающие высокий КПД и удельную мощность модули серии MWS65 потребляют в режиме холостого хода менее 0,3 Вт. Характеризующиеся стандартной для промышленности площадью основания 2 × 4 дюйма и небольшой высотой 25,4 мм, модули серии MWS65 являются компактными, а конвекционный отвод тепла позволяет применять источники питания в светотехническом промышленном оборудовании, кассовых терминалах и дисплеях, измерительном, испытательном и радиовещательном оборудовании.

Источники питания предназначены для работы в сетях переменного тока в диапазоне напряжений от 90 до 264 В; предлагается пять моделей с выходными напряжениями 5 В (ток нагрузки 11 А), 12 В (5 А), 15 В (4,4 А), 24 В (2,8 А) и 48 В (1,4 А), которые регулируются в диапазоне ±10%. С плоской зависимостью КПД от нагрузки до значения КПД 89%, при изменении нагрузки от 20 до 100% модули серии MWS65 способны выдавать в нагрузку полную



мощность в диапазоне температур окружающей среды от -20 до +50°C и работать при температуре до +70°C с понижением мощности. Стандартными функциями являются защита от превышения выходного напряжения и перегрузки.

Модули серии MWS65 соответствуют требованиям основных стандартов безопасности UL/CSA/EN60950-1, EN50178 (OVII) и UL/EN60601-1, а уровень помех излучения и кондуктивных помех соответствует требованиям стандартов EN5011/EN5022-B, FCC Class B и VCCI-B. Гарантийный срок составляет 3 года.

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

Тел.: (495) 234-0636

### Недорогие внешние источники питания AC/DC для крупносерийных применений

Компания XP Power объявила о начале поставок недорогих внешних одноканальных источников питания AC/DC серии VEN. Расширяющая ряд V-Brand, предназначенный для применений, требующих недорогих источников большого объёма, серия



## Новости российского рынка

VEN состоит из изделий пяти уровней мощности 20, 40, 60, 90 и 120 Вт, обеспечивающих распространённые выходные напряжения от +12 до +48 В.

Модули серии VEN относятся к классу Energy Efficiency Level V и имеют КПД до 89%. Они соответствуют жёстким требованиям международных стандартов к эффективности использования энергии, таким как EISA2007, CEC2008 и Европейской директиве ErP (относится к устройствам, связанным с преобразованием энергии), устанавливающим значение потребляемой мощности в режиме холостого хода не более 0,5 Вт. Потребляемая в режиме холостого хода модулями мощностью серий VEN20, VEN40 и VEN120 не превышает 0,3 Вт. Модули серий VEN20, VEN40 и VEN60 также утверждены в качестве источников с ограниченной мощностью (Limited Power Source – LPS).

Все модели соответствуют общепринятым международным стандартам для коммерческого и IT-оборудования IEC/UL/EN/CSA60950-1, а также требованиям стандарта EN55022 Class B к помехам излучения и кондуктивным помехам. Все модели обеспечивают защиту по классу I, а 20-Вт модели обеспечивают защиту по классу II и оснащены входным соединителем IEC320-8. Модули питания серий VEN20 и VEN60 доступны с сетевыми соединителями IEC320-C6.

Кроме этих недорогих серий внешних источников питания компания XP Power производит и продаёт обширнейший в промышленности ряд внешних и настольных источников питания. Шесть дополнительных уникальных серий с выходными мощностями от 8 до 250 Вт доступны для всех типов применений, включая медицинское электрооборудование.

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

### DC/DC-преобразователи для систем электропитания автономных объектов с постоянным напряжением 270 В

DC/DC-преобразователи серии ANP компании International Rectifier предназначены для применения в системах повышенного постоянного напряжения 270 В для обеспечения электропитанием цифровых и аналоговых схем, требующих источника питания с хорошей стабилизацией напряжения. Преобразователи серии ANP оснащены защитой от перенапряжения на входе устройства и наряду с этим совме-

тими с преобразователями серии AFL и другими стандартными преобразователями. Созданная на основе преобразователей серии AFL, серия ANP обеспечивает значение КПД до 87% и удельную мощность 4290 Вт/дм<sup>3</sup>.



В преобразователях серии ANP применяется на 25% меньше компонентов по сравнению с преобразователями серии AFL, что повышает надёжность преобразователей. DC/DC-преобразователи серии ANP созданы для непрерывного функционирования в жёстких условиях, типичных для военных и аэрокосмических применений.

Защита от превышения напряжения на входе выключит преобразователь при 110-% входном напряжении и автоматически восстановит работу, когда входное напряжение упадёт ниже этого порога. Преобразователи серии ANP также сохраняют высокое значение удельной мощности без снижения в температурном диапазоне от -55 до +125°C. Серия ANP включает в свой состав одно- и двухканальные модули для работы от сети постоянного напряжения 270 В и обеспечивает выходные напряжения 3,3; 5; 6; 8; 9; 12; 15; 28; ±5; ±12 и ±15 В с выходными мощностями от 80 до 120 Вт.

Для приложений, требующих более высокой мощности, отдельные модули могут соединяться параллельно. Внутренняя схема равномерного распределения тока обеспечивает равномерное распределение тока между параллельно выключенными модулями. В схеме модуля применяется патентованная технология импульсной обратной связи с трансформаторной развязкой, которая обеспечивает оптимальные динамические характеристики и отклик на импульсное изменение тока нагрузки. Система обратной связи выбирает напряжение на выходе ШИМ-контроллера с фиксированной частотой 550 кГц. Несколько преобразователей могут синхронизироваться внешним сигналом от системного генератора в диапазоне частот от 500 до 700 кГц или от выхода сигнала синхронизации одного из преобразователей.

Защита от пониженного входного напряжения, командный сигнал дистанционного включения-выключения, подаваемый относительно общего провода первичной или вторичной цепи, плавный запуск и защита от короткого замыкания являются стандартными функциями. Конструктивно преобразователи выполнены в герметичных корпусах с медными выводами для минимизации резистивных потерь на постоянном токе. Керамические уплотнители выводов и корпус, герметизированный шовно-роликковой герметизацией, обеспечивают герметичность и долговременную надёжность в жёстких внешних условиях. Габариты корпуса (исполнение Case X) Г × Ш × В: 76,2 × 38,1 × 9,6 мм.

DC/DC-преобразователи серии ANP доступны с четырьмя уровнями отбраковки для удовлетворения широкого ряда требований, в том числе с уровнем CH, который полностью соответствует требованиям технических условий MIL-PRF-38534 к устройствам класса H (для военных применений).

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

### Новая серия IGBT, оптимизированная для применения в оборудовании электромобилей и гибридных автотранспортных платформ

Компания International Rectifier представила семейство IGBT с рабочим напряжением 600 В, оптимизированных для управления в электрических и гибридных транспортных средствах.



Новые устройства охватывают широкий ряд токов, обеспечивают защиту от короткого замыкания в течение ≥5 мкс и характеризуются положительным температурным коэффициентом напряжения насыщения коллектор-эмиттер  $V_{CE}$  (ON). Дополнительными свойствами, обычными для семейства, является прямоугольная область безопасной работы при обратном смещении, встроенный диод мягкого восстановления, температура полупроводникового перехода +175°C (макс.).

## Новости российского рынка

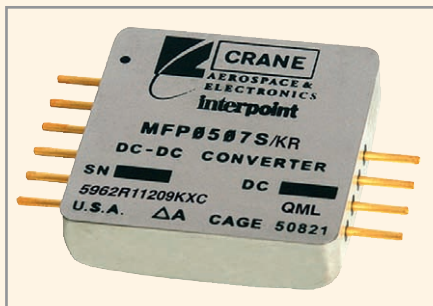
Транзисторы IGBT компании IR для применения в автомобильном электрооборудовании подвергаются статическим и динамическим испытаниям в сочетании со 100-% автоматической визуальной проверкой на уровне пластин для обеспечения бездефектности продукции.

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

Тел.: (495) 232-2522

### Уникальное решение для электропитания цифровых нагрузок, гарантируемое DC/DC-преобразователями типа POL Interpoint™ MFP™

Компания CRANE Aerospace & Electronics, поставяющая продукцию под торговой маркой Interpoint™, объявила о начале производства и поставок DC/DC-преобразователей типа POL (point-of-load) серии MFP (Maximum Flexibility Power) с уровнями качества Class H (уровень качества для военных применений) и Class K (уровень качества для космических применений) в соответствии с классификацией техническими условиями MIL-PRF-38534. Преобразователи серии MFP зарегистрированы в Агентстве материально-технического снабжения МО США (Defense Logistics Agency, DLA) с гарантированными уровнями поглощённой дозы 30 и 100 крад (Si). Гарантируется отсутствие отказов при воздействии заряженных частиц при значениях передаточной энергии (ЛПЭ) до 85 МэВ см<sup>2</sup>/мг.



Программой по гарантированию радиационной стойкости (RHA – Radiation Hardness Assurance) обеспечиваются уровни радиационной стойкости как для низких доз мощностей ионизирующих излучений (Enhanced Low Dose Rate Sensitivity), так и для стандартных условий, которые подтверждены в Standard Microcircuit Drawing (SMD).

16-Ваттные DC/DC-преобразователи серии MFP обеспечивают уровни выходных напряжений от 0,64 до 3,5 В от источника входного напряжения от 3 до 6 В. Габариты модуля 30,48 × 30,48 × 8,79 мм, КПД достигает значения 90%, низкий уровень пульса-

ций выходного напряжения обеспечивает без применения внешних компонентов. Широкий ряд выходных напряжений позволяет разработчикам систем электропитания применять одно устройство в приложениях, требующих большого числа выходных напряжений.

«Достижение утверждения технических характеристик всего ряда преобразователей типа POL серии MFP является ещё одним значительным шагом вперёд в выпуске нашего нового поколения изделий силовой электроники», – заявляет вице-президент подразделения силовой электроники компании Crane Aerospace & Electronics Ed Fuhr.

Основные характеристики:

- диапазон входных напряжений от 3 до 6 В;
- максимальная длительность 15-вольтового импульса напряжения 1 с;
- нет гальванической развязки между входными и выходными цепями;
- фиксированная частота преобразования (от 280 до 400 кГц);
- выходное напряжение регулируется в диапазоне от 0,64 до 3,4 В;
- защита от перенапряжения, короткого замыкания и низкого входного напряжения (отключается при значении входного напряжения 2,75 В);
- КПД до 92%;
- функции дистанционного включения/выключения, внешняя синхронизация (частота от 270 до 600 кГц), равномерное распределение тока при параллельной работе модулей;
- диапазон рабочих температур от –70 до +150°C;
- гарантируется запуск при температуре –90°C.

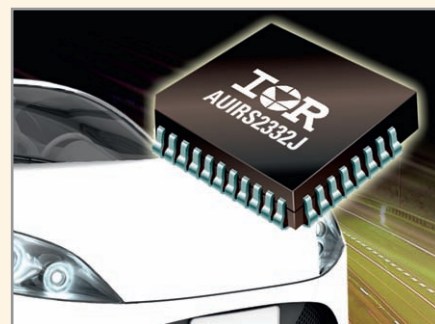
[www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)

Тел.: (495) 234-0636

### Компактная надёжная 600-В микросхема драйвера затворов AUIRS2332J для применения в автомобильном электрооборудовании упрощает и уменьшает конструкцию

Компания International Rectifier представила интегральную микросхему трёхфазного драйвера затворов AUIRS2332J для автомобильных высоковольтных (600 В) приводов электродвигателей в электрических и гибридных транспортных средствах.

ИМС AUIRS2332J – высоковольтный, высокоскоростной мощный драйвер MOSFET- и IGBT-транзисторов – содержит три неза-



висимых выходных канала для управления ключами верхнего и нижнего плеч. Собственная патентованная технология HVIC позволила создать конструкцию с повышенной защищённостью с логическими входами, совместимыми с выходами CMOS- и LSTTL-микросхем, вплоть до 3,3-вольтовой логики. Новые устройства имеют также встроенный операционный усилитель с учётом сигнала относительно земли, который обеспечивает аналоговую обратную связь для тока моста через внешний резисторный датчик тока, функцию токового отключения и сигнал FAULT в виде открытого стока транзистора для индиферирования выключения при перегрузке по току или пониженном входном напряжении. Интегральная схема выполнена в корпусе PLCC44, обеспечивающем максимальные расстояния утечки между выводами с высоким напряжением, что упрощает топологию печатной платы.

Для повышения надёжности системы ИМС AUIRS2332J способна выдерживать отрицательные импульсные помехи в коммутирующем узле, которые могут возникнуть во время нормальной работы и в защитном режиме. Выходные драйверы устройства характеризуются буферным каскадом, выдерживающим большие импульсные токи, что обеспечивает минимальную проводимость между драйверами. Задержки распространения сигналов подобраны для упрощения применения на высоких частотах. Не подсоединённый (плавающий) канал может быть использован для управления силовым MOSFET с каналом р-типа или транзистором IGBT в конфигурации с верхним плечом.

Микросхемы для применений в автомобильном электрооборудовании подвергаются статическим и динамическим испытаниям в сочетании со 100-% автоматической визуальной проверкой на уровне пластин для обеспечения бездефектности продукции. Устройства сертифицированы в соответствии с требованиями стандартов AEC-Q101.

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

Тел.: (495) 232-2522

# Индукционная лампа – источник качественного и энергоэффективного освещения

**Сергей Макареня, Александр Павлов, Николай Фомин (Москва)**

Научные исследования подтверждают, что, наряду с высокой светоотдачей, на качество освещения влияет спектр источника света, который выражается в параметрах цветопередачи и цветовой температуры. Поэтому многие производители источников света в последнее время сосредоточили усилия на улучшении характеристик своих изделий. Примером является индукционная лампа, в которой были воплощены идеи Николая Теслы.

В настоящее время спрос на энергию растёт, и регулярно в средствах массовой информации поднимается вопрос о применении энергоэффективных технологий. В условиях мирового финансового кризиса и ограниченности ресурсного потенциала стало очевидно, насколько сложно, а порой и не представляется возможным содержать неэффективные технологии.

Современные проблемы энергоэффективного освещения многогранны и имеют широкий спектр. Их решением сейчас занимается большое количество предприятий и организаций, работающих в области светотехники.

Основными направлениями повышения энергоэффективности систем освещения являются:

- расширение производства эффективных источников света и области их применения;
- увеличение световой отдачи источников света;
- повышение стабильности характеристик источников света;
- повышение КПД осветительных приборов;
- улучшение эксплуатационных свойств осветительных приборов, в том числе увеличение срока эксплуатации;
- снижение энергопотребления осветительных приборов, в частности благодаря использованию электронной пускорегулирующей аппаратуры (ЭПРА);
- повышение качества освещения.

Примером может быть появление на рынке индукционной лампы, в которой были воплощены идеи учёного с мировым именем Н. Теслы. Сразу хотелось бы отметить, что данный тип ламп не является заменой всем существ-

ующим. К примеру, альтернативы металлогалогенным лампам мощностью от 1 кВт практически нет, но и применение таких ламп имеет узкий спектр. Это стадионы (на осветительных мачтах), прожекторы повышенной мощности и пр. И если взять, к примеру, город такого масштаба, как Москва, то мест применения этих ламп не так уж и много.

Совсем другая ситуация складывается с освещением промышленных предприятий, которых мы уже насчитаем сотни, и у каждого есть множество помещений, занимающих тысячи квадратных метров. А если добавить уличное освещение, то счёт источников света перейдёт на десятки тысяч, не говоря уже о подсветке зданий и различных объектов, где применяются прожекторы малой и средней мощности. На всех вышеперечисленных объектах используются в подавляющем большинстве светильники с лампами дневного света, ртутными лампами высокого давления (ДРЛ) и натриевыми лампами высокого давления (ДНаТ), редко – металлогалогенными лампами (МГЛ). Эти типы ламп пришли на замену ламп накаливания как источники света с более высокой светоотдачей, а значит, уже в какой-то степени энергоэффективные. Учитывая их низкую стоимость, эти типы ламп в данное время являются наиболее популярными.

В то же время хочется отметить, что все названные типы ламп обладают рядом недостатков. Лампы дневного света при высокой светоотдаче и высоком индексе цветопередачи имеют ограничение по количеству включений, это связано с применением в качестве электродов спиралей. Данная проблема очень актуальна и в семей-

стве компактных люминесцентных ламп. Лампа ДРЛ обладает не очень высокой светоотдачей. Во время эксплуатации отмечается быстрое снижение светоотдачи – через 2000 ч до 50% от первоначальной. Натриевая лампа даёт уже неплохие показатели по светоотдаче, но при этом имеет крайне низкий индекс цветопередачи – характерный жёлтый оттенок свечения, что приносит немало дискомфорта. МГ-лампа имеет высокий уровень светоотдачи, достигающий 100 лм/Вт и неплохой индекс цветопередачи, но конструктивно не долговечна. Также для использования всех перечисленных типов ламп требуется балласт. Наиболее простым является электромагнитный, но он добавляет 15% и более к потребляемой мощности лампы за счёт потерь. Все перечисленные типы ламп подвержены мерцанию, что приводит к быстрой утомляемостью глаз и не допускает их применения в местах, где используется оборудование с быстровращающимися деталями. Проблемы с мерцанием и потерями на ЭПРА частично решает применение электронных балластов, но это значительно увеличивает стоимость светильника и не избавляет от основных недостатков перечисленных ламп. А лампы дневного света и ДРЛ, кроме того, подлежат обязательной утилизации.

Для сравнения рассмотрим индукционную лампу.

Эта люминесцентная ртутная лампа низкого давления конструктивно представляет собой запаянную колбу в виде кольца или прямоугольника (см. рис. 1). Источником ртути является амальгама (сплав ртути с другими металлами), поэтому количество паров ртути в лампе на два порядка меньше, чем у ламп дневного света, где ртуть закачивается в виде пара из расчёта на весь срок службы. Хотелось бы отметить, что испарение ртути из амальгамы происходит при температуре примерно 60°C, поэтому при повреждении колбы при комнатной температуре загрязнение окружающей среды ртутью происходит не так интенсивно, как при повреждении ламп дневного света.

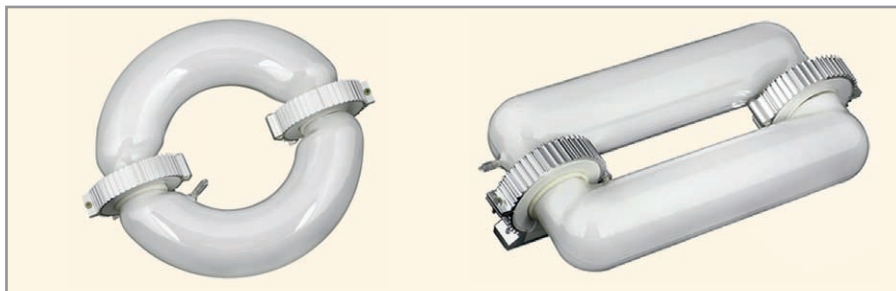


Рис. 1. Внешний вид индукционных ламп различных конструкций

Таким образом, применение амальгамы способствует экологической безопасности и упрощает процесс утилизации индукционных ламп.

Возбуждение разряда осуществляется двумя электромагнитами, расположенными на колбе лампы, т.е. внутри колбы нет никаких электродов и спи-

ралей, что позволяет лампе работать не менее 60 000 ч (уровень светового потока при этом упадет всего лишь на 20%), при этом лампа может эксплуатироваться вплоть до 120 000 ч. Применение улучшенной формулы люминофора (молочная смесь люминофора и клея) позволило добиться светоотда-

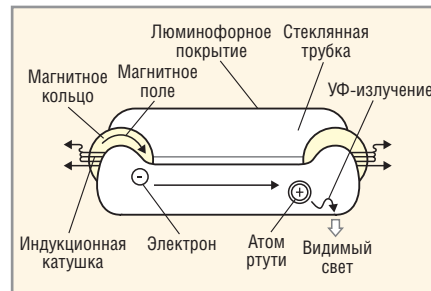


Рис. 2. Принцип работы индукционной лампы

чи 80 лм/Вт, а также превосходного индекса цветопередачи >80 Ra. Также к достоинствам индукционной лампы можно отнести отсутствие мерцания, возможность диммирования, устойчивый запуск при отрицательных температурах. Принцип действия индукционной лампы представлен на рис. 2.

**Ваши потребности —  
в соцветии наших возможностей**

**Фаворит-ЭК. Нам 5 лет!**



**Комплексные поставки электронных компонентов  
СПЕЦИАЛЬНОГО, ДВОЙНОГО И ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Закрытое Акционерное Общество «Фаворит – Электронная Компания»  
Web: [www.favorit-ec.ru](http://www.favorit-ec.ru) ■ тел./факс: +7(495)627-76-24

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

Представительство ЗАО «Фаворит-ЭК»  
в Санкт-Петербурге ООО «Невская Электронная Компания»  
Тел.: +7 (812) 449-52-40  
[www.spbnek.ru](http://www.spbnek.ru) • [nek@spbnek.ru](mailto:nek@spbnek.ru)

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

Реклама

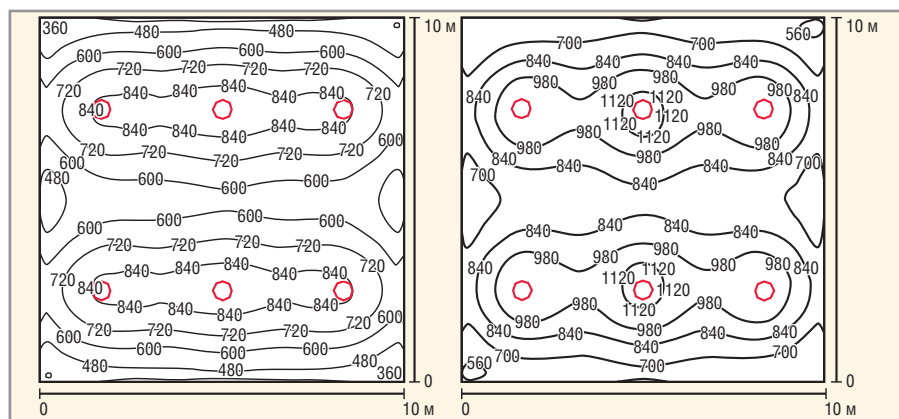


Рис. 3. Карты изолиний

Слева – для светильников с ртутными лампами высокого давления, справа – для светильников с индукционными лампами

Возвращаясь к световым характеристикам ламп, необходимо отметить, что оценка лампы только по световому потоку является недостаточно полной. Световой поток в паспорте лампы характеризует все части спектра, излучаемого лампой. Если взять 400-Вт лампу ДРЛ со световым потоком 18 000 люменов и 150-Вт индукционную со световым потоком 12 000 люменов, то кажется очевидным, что лампа ДРЛ заметно мощнее, но, как показывает практика, при использовании индукционных ламп меньшей мощности качество освещённости заметно выше.

Для доказательства вышеизложенного с помощью программы DIALux были произведены расчёты освещённости помещения размером 10 × 10 м, с высотой потолка 6 м и с высотой подвеса светильников – 5,5 м, с равным количеством светильников (6 шт.), оснащённых в первом случае лампами ДРЛ 400 Вт, а во втором – индукционными лампами Saturn мощностью 150 Вт. Результаты приведены в виде карт изолиний на рис. 3 и в таблице.

Из представленных карт изолиний видно, что у светильников с индукционными лампами распределение света более равномерно, отсутствуют резкие переходы освещённости.

Из представленных в таблице расчётов следует, что индукционная лампа мощностью 150 Вт практически аналогична лампе ДРЛ 400 Вт. При этом светильники для индукционных ламп имеют улучшенный КПД и дают

более равномерное распределение света. Также необходимо отметить, что использование индукционных ламп создаёт более комфортное освещение, близкое к естественному.

Это происходит по причине того, что у индукционной лампы индекс цветопередачи заметно выше, чем у лампы ДРЛ. Индекс цветопередачи показывает, какое количество видимого для глаза света содержится в излучаемом спектре лампы. Для качественной характеристики света была введена единица, которая называется «зрачковой светоотдачей» (plm/W), она связана с особенностями восприятия света человеком. У индукционных ламп показатель plm/W является одним из самых высоких, а значит, они более подходят для качественного освещения.

Таким образом, индукционная лампа, благодаря длительному сроку службы и хорошим светотехническим характеристикам и несмотря на более высокую цену, может успешно заменять лампы ДРЛ, ДНАТ, дневного света и МГЛ малой и средней мощности.

Мы живём в мире света и созданных им изображений. Сегодня электрический свет определяет качество нашей жизни и комфортность состояния человека. Искусство освещения пытаются постичь миллионы людей, обустроявая своё жилище и рабочее место. Свет является естественным условием жизнедеятельности человека, играю-

щим важную роль в сохранении здоровья и высокой работоспособности. С точки зрения безопасности труда, зрительная способность и зрительный комфорт чрезвычайно важны. Свет создаёт нормальные условия для трудовой деятельности. Неудовлетворительная освещённость на рабочем месте или в рабочей зоне может являться причиной снижения производительности и качества труда, получения травм.

Подавляющее большинство работ, производимых на промышленных предприятиях, осуществляется под контролем зрения: наблюдение за ходом процесса, за работой механизмов и аппаратов, проведение разнообразных операций немислимы без участия зрения. Напряжение органа зрения и работоспособность зависят от характера выполняемой работы и от степени и качества освещения на рабочем месте и участке в целом.

Нарушения зрения, связанные с недостатками системы освещения, являются обычным явлением. Недостаточное освещение вызывает зрительный дискомфорт, выражающийся в ощущении неудобства или напряжённости. Длительное пребывание в условиях зрительного дискомфорта приводит к отвлечению внимания, уменьшению сосредоточенности, зрительному и общему утомлению.

Кроме создания зрительного комфорта, свет оказывает на человека психологическое, физиологическое и эстетическое воздействие. Свет – один из важнейших элементов организации пространства, главный посредник между человеком и окружающим его пространством.

Правильный выбор системы освещения должен обеспечивать оптимальные условия для зрительного комфорта. Наиболее важными факторами, о которых нужно постоянно помнить, являются следующие: тип лампы и система освещения, эффективность освещённости, спектральный состав света, срок службы и удобство эксплуатации.

Современные энергоэффективные системы освещения, базирующиеся на использовании индукционных ламп, позволяют успешно решить эту проблему. Лампы данного типа дают наиболее качественные показатели и на данный момент являются одним из перспективных источников света, максимально обеспечивающим зрительный комфорт.

Результаты расчёта освещённости помещения с помощью программы DIALux

Светильник	Потребляемая мощность, Вт	$E_{min}/E_{cp}$	$E_{min}/E_{max}$	Удельная подсоединённая мощность, Вт/м <sup>2</sup>
HBT400M	2400	0,492	0,358	24
03-002	900	0,555	0,407	9

В основе работы индукционной лампы лежит уникальный принцип светогенерирования, базирующийся на явлении электромагнитной индукции и газовом разряде для излучения света, что позволяет производить лампы со светоотдачей свыше 80 лм/Вт; в перспективе этот параметр может достичь значения 300...400 лм/Вт.

За счёт превосходной светоотдачи индукционные лампы при одинаковой освещённости потребляют в два раза меньше электроэнергии, чем натриевые лампы (ДНАТ), в три раза меньше, чем ртутные (ДРЛ), в 10 раз – чем лампы накаливания.

Кроме того, индукционные лампы обеспечивают высокий уровень светового потока при длительном использовании – более 80% от первоначального после 60 000 ч работы.

Известно, что свет и цвет влияют на производительность труда и на психофизиологическое состояние человека, например:

- красный повышает внутреннюю энергию, способствует активизации кровотока, нормализации кровообращения и обмена веществ.
- жёлтый повышает концентрацию внимания, улучшает настроение и память. Его влияние очень благотворно при нарушениях работы печени;
- зелёный способствует ритмичной работе сердца, отдыху глаз, оказывает умеренное противовоспалительное и противоаллергическое действие, полезен при сниженной функции почек, головокружении, нервозности;
- синий помогает при бессоннице, вызывает ощущение комфорта и покоя, снимает напряжение, снижает артериальное давление, успокаивает дыхание и др.

Комбинация освещения, контраст яркостей, цвет света, цветовосприятие являются элементами, определяющими цветовой климат и зрительный комфорт.

Для оценки качества освещения и комфорта используются такие параметры, как индекс цветопередачи и коррелированная цветовая температура, определяющие, насколько искусственное ламповое освещение соответствует естественному свету. Поскольку осветительная индустрия предоставляет разнообразные типы и оттенки света, простое измерение светового потока является не вполне

адекватным, чтобы представить, как человек будет видеть при том или ином освещении. Хорошим примером выступает натриевая лампа, которая имеет достаточно высокое значение светового потока, но лишь только два цвета (жёлтый и серый). При таком освещении исключается возможность рассмотреть детали объектов, помимо их общей формы.

Если рассматривать в этом аспекте индукционные лампы, то можно отметить, что они имеют широкий диапазон цветовых температур – 2700...6500 К – от тёплого белого до дневного света, мягкий и естественный излучаемый свет; стабильность светового потока при различных температурах окружающей среды. Широкий спектр позволяет человеческому глазу воспринимать свет данных ламп так же, как и природный естественный свет.

Индекс цветопередачи показывает, насколько естественно выглядит окружающее пространство в свете данной лампы. За эталон качества освещения принят солнечный свет ( $R_a = 100$ ) и близкий к нему по этому параметру свет лампы накаливания ( $R_a \approx 97...99$ ). По общепринятой классификации значение индекса цветопередачи для индукционных ламп ( $R_a > 80$ ) благоприятно сказывается на восприятии оттенков цветов.

Использование разных по химическому составу люминофоров позволяет создавать индукционные лампы, излучающие свет различного цвета (красный, синий, зелёный и др.), что может благоприятно влиять на психофизиологическое состояние человека.

Одним из факторов, влияющих на зрительный комфорт, является отсутствие пульсаций и стробоскопического эффекта. Пульсации освещённости обусловлены малой инерционностью излучения газоразрядных ламп. Световой поток разрядных источников света при питании током промышленной частоты пульсирует с частотой, кратной частоте питающей сети.

Пульсация светового потока зрительно не воспринимается, так как частота пульсации превышает критическую частоту слияния мельканий, но неблагоприятно влияет на биоэлектрическую активность мозга, вызывая повышенную утомляемость и снижая работоспособность: появляется напряжение в глазах, повышается усталость, труднее сосредотачи-

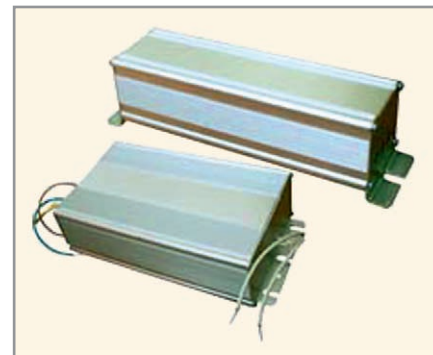


Рис. 4. Внешний вид электронных балластов для индукционных ламп

ваться на сложной работе, ухудшается память, чаще возникает головная боль.

Особенно опасна пульсация света при наличии в поле зрения человека движущихся или вращающихся объектов, так как в этом случае может возникнуть стробоскопический эффект, что создаёт повышенную опасность травматизма.

Предмет, вращающийся или колеблющийся с частотой, равной или кратной частоте мерцания люминесцентных ламп с электромагнитным балластом, будет казаться неподвижным.

Для работы индукционной лампы используется качественный электронный балласт, вырабатывающий высокочастотный ток с рабочей частотой от 190 до 250 кГц, что исключает возникновение пульсаций и стробоскопического эффекта, способствует созданию комфортных условий на рабочем месте. Внешний вид электронного балласта представлен на рис. 4.

Большое значение для обеспечения комфортного освещения имеет периодическое обслуживание осветительной установки. Его целью является предупреждение старения ламп и уменьшение концентрации пыли на светильниках, так как это приводит к постоянной потере света. По этой причине важно выбирать лампы и системы освещения с учётом их удобства в обслуживании.

В отличие от других источников света, индукционные лампы имеют длительный срок службы, который может составлять 120 000 ч, что уменьшает затраты на обслуживание осветительной установки.

Мгновенный запуск индукционной лампы минимизирует потери электричества, позволяет оптимально использовать систему освещения. Это даёт



Рис. 5. Светильник на базе индукционной лампы мощностью 80 Вт



Рис. 6. Светильник на базе индукционной лампы мощностью 150 Вт

возможность построения системы освещения с применением датчиков движения, что позволяет экономить электроэнергию. Для сравнения отметим, что для выхода на режим натриевых (ДНАТ) и ртутных (ДРЛ) ламп требуется определённое время (5...15 мин), и в разогретом состоянии данные типы ламп не включаются.

В дополнение можно отметить, что у индукционных ламп отсутствует зависимость срока службы ламп от количества циклов включения/выключения.

Благодаря электромагнитной индукции достигаются великолепные результаты – сниженный уровень тепловыделения (в рабочем состоянии температура индукционной лампы не превышает 80°C) делает данные светильники идеальным устройством для освещения внутри помещения, а также сокращает затраты на кондиционирование воздуха (рис. 5 и 6).

Таким образом, индукционное освещение в целом прошло строгий контроль и тестирование и в настоящее время рекомендовано для использования в различных сферах человеческой деятельности. При правильной установке квалифицированным персоналом индукционные лампы безопасны, энергоэффективны и являются хорошей альтернативой традиционным системам комфортного освещения.



## Новости мира News of the World

### Создано первое в истории шоссе, освещённое светодиодами

В последнее время светодиодные источники света становятся всё более востребованными в различных областях. Данная технология имеет массу преимуществ, в числе которых – большой срок службы, дешевизна и экономичность. Совсем недавно технология покорила новые горизонты.



Компания Cree, специализирующаяся на производстве решений для светодиодного освещения, объявила о том, что совместно с китайскими компаниями завершён проект по созданию шоссе, полностью освещённого светодиодами.

Данный проект является первым не только в Китае, но и во всём мире. В ходе работ было использовано более миллиона светодиодных ламп производства Cree, которые установлены на более чем 10 тыс. мачт. Они установлены не только под открытым небом, но и внутри тоннеля, через который проходит шоссе. Длина шоссе при этом превышает 120 км. При строительстве использованы лампы мощностью 270 и 300 Вт. Они позволяют сэкономить до 60% электроэнергии.

<http://www.slashgear.com/>

### STMicroelectronics и MIT разработали SoC-чип с ультранизким энергопотреблением

Совместная разработка Массачусетского технологического института (Massachusetts Institute of Technology, MIT) и компании STMicroelectronics потребляет всего 10,2 пикоджоулей за такт при напряжении 0,54 В. Это 32-разрядная масштабируемая SoC (System-on-Chip, «система на чипе»), выполненная на 65-нм техпроцессе. Чип оснащён тактовым генератором, аналого-цифровым преобразователем и набором периферийных устройств, таких как таймеры и последовательные интерфейсы. Примечательно, что встроенная SRAM сохраняет работоспособность при напряжении 0,4 В.

Достичь столь низкого энергопотребления удалось за счёт уникальных архитектурных и схемотехнических решений, предложенных лабораторией микросистемных технологий (Microsystems Technology Laboratories, MTL) из MIT. Разработчики считают, что полученный результат является собой существенный прорыв в создании бесконтактных сенсорных систем, особенно таких как имплантируемые медико-биологические системы.

<http://www.st.com/>

### Samsung превратит оконные стёкла в LED-светильники

Компания Samsung активно интересуется самыми передовыми технологиями и время от времени хвастается прототипами гибких и прозрачных электронных компонентов. Причём это касается не только популярной электроники вроде смартфонов и мобильных компьютеров, но и бытовых приборов. Так, специалисты Института перспективных технологий Samsung разработали технологию нанесения «монокристаллического нитрида галлия на аморфную стеклянную подложку».



Это означает, что в перспективе Samsung сможет производить гигантские светодиоды, способные светиться в тёмное время суток и оставаться полностью прозрачными днём. Изготовленные таким образом оконные стекла вечером и ночью смогут выступать в качестве полноценных крупноформатных светильников. Разработчики заявили также, что крупный формат кристаллов позволяет существенно снижать цены в сравнении с обычными светодиодами, которые производятся на дорогих сапфировых, а не дешёвых стеклянных подложках. Это вполне возможно, поскольку традиционные LED редко бывают крупнее 5 см, здесь габариты в 400 раз больше.

Вот только ждать появления этой технологии на рынке придётся ещё долго. Представитель Samsung сказал, что «через десять лет оконные стёкла станут также светильниками и экранами дисплеев,

## Новости мира News of the World Новости мира

которые придадут зданиям индивидуальности», так что здесь революция наступит только в 2020 г. А до того окна останутся теми же, какими они были сто и двести лет назад.

<http://www.engadget.com/>

### Дисплей с голографическим эффектом от Stanley Electric

В рамках выставки электроники CEATEC 2011 компания Stanley Electric представила дисплей, создающий голографическое изображение в воздухе. Совместная разработка компании и японского Национального института информационных и коммуникационных технологий (NICT) использует слой микрзеркал, которые отражают изображение на обычном дисплее и формируют некое подобие голограммы.



По сути это та же картинка с дисплея, но только висящая в воздухе над экраном, причём высотой «парения» можно управлять. Областью применения технологии, по мыслим создателей, станут игровые консоли и автомобильная промышленность. Впрочем, до коммерческого использования технологии пока далеко.

Получаемая «картинка» плавающего в воздухе изображения выглядит слишком бледно, а угол обзора составляет всего 20°. Представитель Stanley Electric сообщил, что в компании работают над улучшением отражательной способности микрзеркал и повышением яркости дисплея.

<http://techon.nikkeibp.co.jp/>

### Создан компактный источник терагерцового излучения

Исследователи из Северо-западного университета (США) разработали простой способ создания одночипового генератора терагерцового излучения. Это изобретение позволит создавать компактные детекторы для быстрого досмотра в аэропортах, радары для охраны границ, высокочувствительные датчики биологических и химических агентов, совершенное оборудование для сельского хозяйства и астрономии.

Терагерцовое излучение (диапазон длин волн 30...300 мкм) способно проникать сквозь бумагу, одежду, картон, пластик и многие другие материалы без вредного побочного воздействия рентгеновского излучения. И хотя безопасность терагерцового излучения ставится некоторыми учёными под сомнение, широкое внедрение нового типа детекторов, судя по всему, не за горами, поскольку это один из немногих эффективных способов обнаружения металлов, керамики и взрывчатки.

До сих пор было очень сложно создать когерентный терагерцовый луч. Современные источники терагерцового излучения представляют собой большие, многокомпонентные системы, которые требуют сложной вакуумной электроники, внешних лазеров и криогенного охлаждения.

Одним из возможных способов решения этой проблемы является смешивание двух инфракрасных лазерных лучей в одном полупроводниковом кристалле при условии большой нелинейности. Нелинейность позволяет создавать новые фотоны терагерцового излучения в рамках одного чипа, при этом их энергия равна разности энергий инфракрасных лазеров. Кроме того, каскадный ИК-лазер на основе квантовых технологий способен работать при комнатной температуре, что является очень важным для создания компактных и дешёвых детекторов.

Учёным из Северо-западного университета удалось за счёт увеличения мощности и повышения качества инфракрасного излучения поднять мощность терагерцового излучения до 10 мВт. Кроме того, исследователи включили в резонатор лазера двухволновую дифракционную решётку, что позволило создать терагерцовый луч в узком диапазоне вблизи 4 ТГц.

Окрылённые успехом, в настоящее время учёные работают над повышением мощности терагерцового излучения до уровня в милливатты.

<http://rnd.cnews.ru>

### Программное обеспечение проектирования печатных плат Eagle, версия 6

Компания CadSoft объявила о выходе версии 6 программного обеспечения проектирования печатных плат Eagle. Кроме этого, имеется бесплатный апгрейд для клиентов, которые приобретают версию 5 с текущего момента до выпуска новой версии. Программное обеспечение проектиро-

вания печатных плат в версии 6.0 базируется на XML-структуре данных.

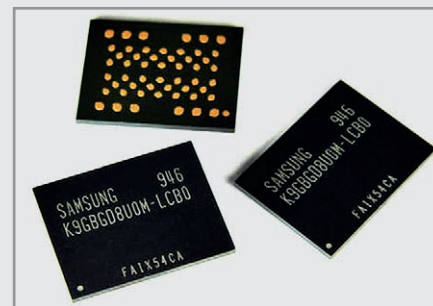
Пользователи могут, например, писать скрипты, чтобы работать с проектами в формате Eagle. Упрощаются изменения, импорт данных из других проектов и конвертирование форматов. Программное обеспечение проектирования печатных плат Eagle фирмы CadSoft можно получить также через element14 компании Premier Farnell.

Версии Eagle содержат DesignLink, автоматическое соединение между Eagle и банками компонентов Premier Farnell. Для бесплатного скачивания предоставляется тест-версия Eagle.

[www.cadsoft.de](http://www.cadsoft.de)

### В отрасли флэш-памяти наметилась стабилизация цен

В октябре на рынках NAND- и DRAM-микросхем наметилась тенденция к улучшению ситуации. Как мы уже отмечали, цены на оперативную память в первой половине месяца стали стабильнее. Согласно аналитикам из DRAMeXchange, контрактные цены на чипы MLC NAND также были стабильными благодаря спросу, вызванному запуском новых мобильных устройств.



В настоящее время многие производители устройств и дистрибьюторы наполняют свои склады чипами флэш-памяти. Они находятся на стадии подготовки к праздничному сезону. По мнению аналитиков, стабильный спрос продержится вплоть до начала ноября. Хорошим стимулом для рынка стало появление новых смартфонов и сверхтонких устройств.

В первой половине октября средние цены на 16- и 32-Гбит чипы MLC NAND составили \$2,83 и \$3,85 соответственно, а рост – 1,8 и 0,8%. А вот 64-Гбит микросхемы подешевели на 1% – до \$6,66.

Аналитики прогнозируют очередное падение цен после ноября в связи с традиционным снижением спроса в отрасли в этот период.

<http://www.digitimes.com/>

# Разработка керамики на основе нитрида алюминия для изделий электронной техники

Юрий Непочатов, Анастасия Земницкая, Павел Муль (г. Новосибирск)

С увеличением мощности электронных компонентов, требующих эффективного рассеяния тепла, возникает необходимость разработки материалов с высокой теплопроводностью. Одним из таких материалов является нитрид алюминия. В настоящей работе представлены результаты разработки составов и технологии изготовления керамики из нитрида алюминия.

## ВВЕДЕНИЕ

Современной тенденцией развития изделий электронной техники является увеличение удельной тепловой мощности, что неизменно приводит к возникновению проблемы тепловода и необходимости снижения теплового сопротивления цепи. Отвод тепла через подложку, на которой размещаются тепловыделяющие чипы, является простым и удобным средством снижения теплового сопротивления цепи и, соответственно, температуры полупроводниковых элементов. Одним из важнейших вопросов при этом является выбор материалов с высокой теплопроводностью. В последнее время керамика на основе нитрида алюминия (AlN) привлекает всё большее внимание в качестве перспективного теплопроводящего материала для использования в электронной технике при создании конструкций силовых устройств, элементов Пельтье, светоизлучающих диодов и СВЧ-транзисторов. В таблице сравниваются типичные свойства четырёх керамических материалов, ко-

торые в настоящее время используются в электронных приборах в качестве подложки. В связи с уникальным сочетанием физических свойств, например, высокой теплопроводности, высокого электрического сопротивления и коэффициента теплового расширения (КТР), близкого к КТР кремния, нитрид алюминия (AlN) становится ключевым материалом, используемым в качестве подложки для электронных приборов высокой мощности. Хотя теоретическая теплопроводность кристаллического AlN при комнатной температуре, как полагают, достигает 319 Вт/мК, измеренные значения для поликристаллической керамики AlN находятся в диапазоне от самого низкого показателя 17 Вт/мК до самого высокого 285 Вт/мК. Этот диапазон является типичным для многих видов керамики с поликристаллической структурой. Как и у монокристаллов, дефекты кристаллической решетки отдельных кристаллов у поликристаллической керамики играют доминирующую роль в механизме теплопроводности.

В целом теплопроводность поликристаллической керамики ниже, чем теплопроводность входящих в её состав монокристаллов. Это снижение в значительной степени зависит от теплопроводности и чистоты входящих в состав керамики материалов, размеров зёрен исходных компонентов, количества спекающей добавки, а также особенностей процесса спекания, что является очень важным, поскольку указанные факторы влияют на микроструктуру керамики и, следовательно, на механизм тепловой проводимости. Кроме того, снижение теплопроводности у поликристаллической керамики происходит за счёт двух основных факторов: случайной ориентации отдельных зёрен и распределения случайных дискретных вторичных фаз.

В настоящей работе предпринята попытка исследовать причины этого снижения и разработать технологические процессы получения алюмонитридной керамики с максимальным коэффициентом теплопроводности.

## Постановка задачи

Теплопроводность кристаллических структур уменьшается с ростом атомного веса элемента. Имеется четыре признака идентификации кристаллов с высокой теплопроводностью: кристалл должен иметь низкий атомный вес, сильную связь между атомами, простую кристаллическую структуру, а также отсутствие дефектов кристаллической решётки и ангармонизма её колебаний. Известно [1], что только несколько кристаллов попадают в эту категорию. Большинство кристаллов, обладающих высокой теплопроводностью, имеют алмазоподобную структуру. К этому числу относятся такие материалы, как алмаз, графит, карбид бора, нитрид бора, кремний, карбид кремния, оксид бериллия, нитрид алюминия, фосфид галлия и другие – всего 12 алмазоподобных структур.

Причиной низкой теплопроводности спечённого поликристаллического нитрида алюминия является, главным

**Электрофизические характеристики керамических материалов из оксида алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), карбида кремния (SiC), нитрида алюминия (AlN) и оксида бериллия (BeO) по данным отечественных и зарубежных источников**

Физические свойства	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiC	AlN	BeO
Теплопроводность при 25°C, Вт/мК	20...30	150	160...240	220...240
Прочность на изгиб, МПа	300...350	320...350	250...300	170...230
Электрическая прочность при 25°C, кВ/мм	14...18	0,07	14...17	10
Удельное электросопротивление при 25°C, Ом см	>10 <sup>14</sup>	>10 <sup>14</sup>	>10 <sup>14</sup>	>10 <sup>14</sup>
Диэлектрическая постоянная при 25°C на частоте 1 МГц	8,5...10	40...42	8,8...8,9	6,5...6,7
Тангенс угла диэлектрических потерь (×10 <sup>-4</sup> ) на частоте 1 МГц	2...3	500	1...5	1...5
Коэффициент температурного линейного расширения (×10 <sup>-6</sup> /°C) в диапазоне температур 25...400°C (для кремния 3,5...4,0 × 10 <sup>-6</sup> /°C)	6,7...7,3	3,7	4,3...4,6	7,5...8,0
Плотность, г/см <sup>3</sup>	3,97	3,21	3,26	3,01
Модуль Юнга, ГПа	378	460	343	378

образом, наличие в нём большого количества примесей и растворённого в решётке кислорода, что приводит к рассеянию фононов. Способствовать повышению теплопроводности спечённого нитрида алюминия можно за счёт введения в качестве активирующих спекание и раскисляющих добавок фтористых соединений редкоземельных металлов [2], углерода [3] или активных металлов [4]. Однако эти методы решения задачи повышения теплопроводности приводят к ухудшению диэлектрических свойств, снижению удельного электросопротивления и важных эксплуатационных характеристик изделий из нитрида алюминия; они недостаточно технологичны, неэкономичны и не позволяют получать высокую теплопроводность керамики. Кроме того, введение в исходную смесь различных добавок повышает токсичность газообразных выбросов, создаёт сложности в работе печей из-за коррозионного воздействия фторидов, приводит к увеличению стоимости нитрида алюминия.

Таким образом, создание технологичного и экономичного метода полу-

чения керамики на основе нитрида алюминия с высокой теплопроводностью возможно при использовании порошка с минимальным уровнем примесей и минимальным количеством активирующих спекание добавок. Это обеспечит высокую плотность и теплопроводность керамики на основе нитрида алюминия.

Целью данной работы является разработка технологии изготовления теплопроводящих подложек из алюмонитридной керамики с высокими теплофизическими и электротехническими характеристиками.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

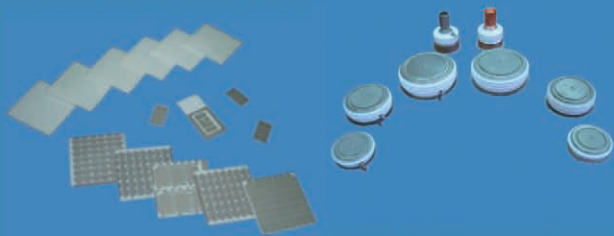
Анализ литературных данных показал, что проблемы спекания плотных материалов из нитрида алюминия связаны, с одной стороны, с ковалентным характером связи Al-N, что определяет необходимость высоких температур спекания, а с другой – с наличием в исходных порошках примеси кислорода, который при спекании внедряется в решётку нитрида алюминия, создавая вакансии алюминия, на которых и

происходит рассеяние фононов, т.е. снижается теплопроводность материала. Для решения этой проблемы мы использовали спекающую добавку  $Y_2O_3$  от 1 до 5% мас. При взаимодействии  $Y_2O_3$  с находящимся на поверхности частиц нитрида  $Al_2O_3$  происходит образование жидкой фазы (рис. 1), интенсифицирующей спекание при  $1760^\circ C$ , а очистка решётки нитрида алюминия от кислорода (чем и достигается высокая теплопроводность материала) происходит при  $1800^\circ C$ . При этом образуется алюмоиттриевый гранат, который высаживается на поверхности зёрен.

Большое влияние на теплофизические свойства алюмонитридной керамики оказывает метод формообразования образцов. В данной работе рассматривали два метода формообразования: прессование и литьё. Метод прессования показал неравномерную плотность, низкие электро- и теплофизические характеристики образцов, а также низкую производительность и большие затраты при изготовлении подложек размером до  $200 \times 200$  мм, поэтому для дальнейше-

## Приборы и комплектующие для электроники

### Изделия из технической керамики



- подложки керамические металлизированные и неметаллизированные на основе алюмооксидной и алюмонитридной керамики;
- металлокерамические корпуса для силовых полупроводниковых приборов таблеточного (внутренний диаметр до 125 мм) и штыревого исполнения.

### Силовые электронные компоненты



- силовые тиристоры таблеточной конструкции;
- силовые кремниевые резисторы таблеточной конструкции.

Реклама

ХК ОАО «НЭВЗ-Союз», г. Новосибирск

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

т/ф.: (383) 225-82-75  
ф.: (383) 226-14-70  
т.: (383) 210-62-84  
e-mail: [orism@nevz.ru](mailto:orism@nevz.ru)

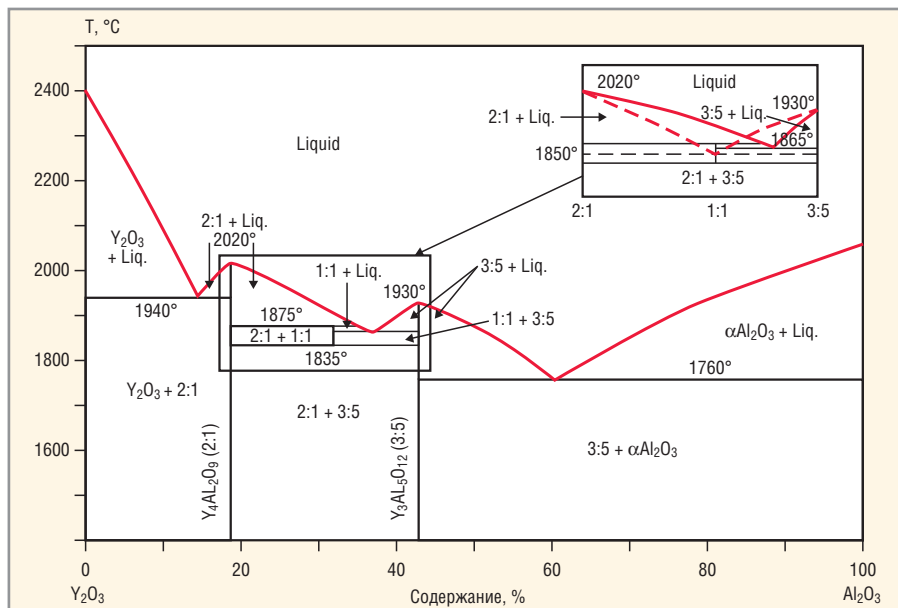


Рис. 1. Диаграмма состояния двухфазной системы  $Y_2O_3-Al_2O_3$

го проведения экспериментальных работ мы использовали метод литья на плёнку.



Рис. 2. Установка литья подложек на плёнку фирмы КЕКО (Словения)

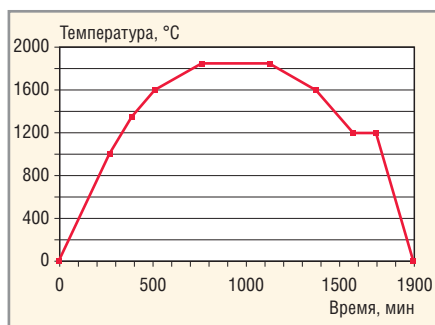


Рис. 3. Режим обжига алюминитридной керамики

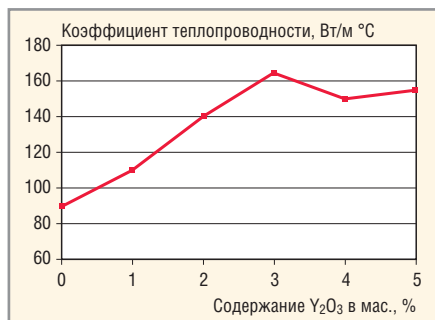


Рис. 4. Зависимость коэффициента теплопроводности от количества  $Y_2O_3$  спекающей добавки.

С этой целью были исследованы порошки AlN и  $Y_2O_3$  фирм Starck (Германия), Tokuyama Soda (Япония), EnoMaterial (Китай) и Российского института структурной макрокинетики и проблем материаловедения ИСМиПМ (г. Черноголовка, Московская обл.). Порошки исследовались методами элементного (EDS), рентгенофазового (XRD) и термического анализа, измерялась удельная поверхность методом БЭТ. Лучшими характеристиками и кристаллической структурой обладают порошки производства Starck и Tokuyama Soda, близким к ним по составу и свойствам является порошок, изготавливаемый в ИСМиПМ.

Для проведения экспериментальных работ выбраны порошки нитрида алюминия, изготовленные в ИСМиПМ, и в качестве спекающей добавки – оксид иттрия фирмы Starck.

Эксперимент проводился по следующей технологической схеме:

- подготовка сырья;
- приготовление шликера;
- изготовление сырых образцов;
- термическое удаление пластификатора;
- спекание образцов;
- мехобработка полученных подложек.

Для изготовления экспериментальных образцов исходные сухие компоненты измельчались и перемешивались на планетарной мельнице АПФ-3. Далее сухая масса AlN и  $Y_2O_3$  перемешивалась с растворителем, диспергатором, пластификатором, связкой и пеногасителем в шаровой мельнице и

вакуумировалась, полученный шликер отливали на лабораторной установке литья КЕКО (рис. 2) лентами толщиной от 0,3 до 1,0 мм и шириной 215 мм, сушили при 30°C в течение 2 ч и резали на заготовки. Предварительный обжиг для удаления связки проводился в среде водорода при 500°C, а окончательный обжиг – в среде азота по специальному графику с выдержкой образцов в течение 5 ч при температуре 1850°C (рис. 3).

У полученных образцов измерялись электрофизические параметры и теплопроводность. Результаты измерений коэффициента теплопроводности представлены на графике (рис. 4).

## Выводы

На основании проведённых исследований спечённых образцов и анализа полученных данных можно сделать следующие выводы:

- при изготовлении подложек методом литья на плёнку и окончательном обжиге в среде азота с выдержкой образцов в течение 5 ч при температуре 1850°C наибольшую плотность 3,26 гр/см<sup>3</sup>, высокие электрофизические характеристики и теплопроводность 164 Вт/м К имели образцы со спекающей добавкой  $Y_2O_3$  в количестве 3% мас.;
- наиболее эффективное удаление кислорода из кристаллической решётки нитрида алюминия достигается при эквивалентном соотношении оксида иттрия в количестве 5% мол. к 1% мол. оксида алюминия.

Для дальнейшего повышения коэффициента теплопроводности и улучшения теплофизических характеристик образцов требуется проведение дополнительных исследований в этом направлении.

*Благодарим за помощь в проведении экспериментальных работ и исследованиях полученных образцов сотрудников кафедры силикатов и наноматериалов, а также Наноцентра ТПУ (г. Томск).*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Slack G.A. J. Phys.Chem. Solids 34 (1973). P. 321–335.
2. Патент США № 4952535, кл. С 04 В 35/00, 1990.
3. Патент РФ № 2032642, кл. С 04 В 35/58, 1995.
4. Патент США № 5459113, кл. С 04 В 35/581, 1995.

Новости мира News of the World Новости мира

**IDC-разъём для печатных плат с монтажной высотой 2,9 мм**

IDC-соединители для печатных плат с монтажной высотой 2,9 мм, выполненные по технологии ножевых контактов, не требуют ручного монтажа проводов перед соединением. За счёт сдвоенного ножевого контакта обеспечивается герметичное и безопасное соединение. Таким образом можно избежать мест ручной пайки. Раз-



меры составляют 2,4 × 2,2 × 2,9 мм. Колпачок вводит провод в клемму, одновременно уменьшая растягивающее усилие. Имеются варианты заглушек и приложений с последовательно-приоритетными цепочками (Daisy-Chain). Максимальная токовая нагрузка 5,5 А при 20°C. IDC-разъём рассчитан на нормы AWG 24, с диаметром провода 0,5 мм и максимальным диаметром кабеля 0,725 мм.

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

**DC/DC-преобразователи 30 Вт в формате 1/16-Brick**

Фирма Murata Power Solutions представляет серию ULS изолированных DC/DC-преобразователей мощностью 30 Вт для монтажа на печатных платах. При диапазоне входного напряжения от 36 до 75 В (номинал 48 В) преобразователи в формате 1/16-Brick, отвечающие требованиям DOSA, имеют размеры 33,27 × 23,11 × 8,13 мм. Серия ULS включает в себя две модели с выходным напряжением 12 или 15 В. Модель ULS-12/2.5-D48 с выходным напряжением 12 В выдаёт на выходе ток до 2,5 А и пригодна для регулируемых приложений с промежуточной шиной.

Модель с выходным напряжением 15 В выдаёт ток до 2 А. Выходное напряжение



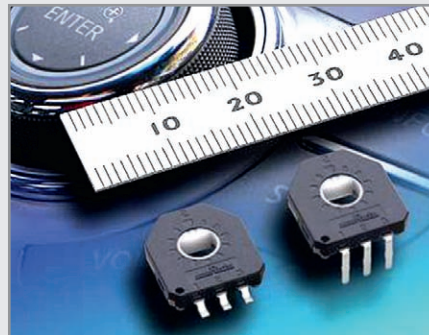
может выставляться в пределах -20...+10% от номинального значения, с тем чтобы компенсировать падение напряжения. Серия имеет сетевую и нагрузочную стабилизацию с точностью ±0,125%. Управление по входу обеспечивает выбор конфигурации с отрицательной или положительной полярностью.

Минимальная нагрузка не требуется. Модули обеспечивают изоляцию между входом и выходом 2250 В и обеспечивают тем самым защиту конечной нагрузки от пиков по току и напряжению, переходных процессов и влияния прочих помех на входе. Преобразователи сертифицированы по нормам UL/EN/IEC 60950-1 (2-я версия по допуску безопасности) для IT- и стандартных устройств. Рабочий температурный диапазон -40...+85°C.

[www.murata-ps.com](http://www.murata-ps.com)

**Датчики угла поворота поверхностного монтажа**

Фирма Murata выпускает плоские датчики угла поворота поверхностного монтажа серии SV03. При размерах 11 × 12 × 2,1 мм и весе 0,4 г эти датчики отвечают условиям применения в потребительской электронике, а также в автомобильных приложениях.

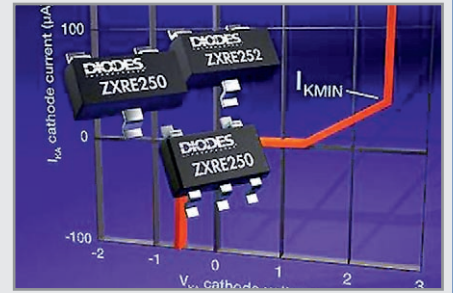


Примером применения является регулирование воздушного потока в домашнем кондиционере. Серия рассчитана на 300 000 рабочих циклов, удовлетворяя тем самым требованиям для приложений с длительным сроком службы. Углы поворота выдаются во всем диапазоне 333,3° с точностью ±2%. Датчики угла поворота рассчитаны на работу в температурном диапазоне -40...+125°C. Рабочее напряжение составляет +5 В.

[www.murata.eu](http://www.murata.eu)

**Программируемые шунт-регуляторы**

При типичном значении катодного тока 40 мкА в диапазоне регулирования, программируемые шунт-регуляторы ZXRE250 и ZXRE252 фирмы Diodes обеспечивают повышение КПД. Это относится вообще к



стабилизации напряжения в системах энергоснабжения, но также и условиям использования режима нагрузки (PoL) в приложениях потребительской электроники.

С теми же электрическими характеристиками, что и элемент промышленного стандарта TL431, но с катодным током, в 10 раз меньшим, эти регуляторы с тремя выводами имеют температурную стабилизацию и могут работать с выходными токами до 100 мА. Регулируемый выход элементов может быть выставлен на любое напряжение от 2,5 до 36 В с помощью внешних резистивных делителей. Регуляторы могут служить непосредственной заменой стабилитронам.

ZXRE250 имеется в корпусах типа in SOT23 или SOT25, ZXRE252 поставляется с альтернативным расположением выводов в корпусе SOT23. Эти элементы имеют допуски 1 или 0,5% опорного напряжения в рабочем температурном диапазоне -40...+125°C.

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

**Плоские выпрямительные диоды для солнечных панелей**

Размещённые в плоском корпусе типа PowerDI-5SP диоды SBR12U45LH фирмы Diodes рассчитаны на номинальный ток 12 А. Они предназначены для производителей солнечных панелей. Диод SBR (Super Barrier Rectifier) имеет максимальную высоту корпуса 0,75 мм. Это обеспечивает возможность его интеграции в солнечную панель.



Выпрямительные диоды работают во всём температурном диапазоне -65...+200°C. Они выполняют требования тепловых испытаний стандарта Solar Safety IEC61730-2.

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

# Источники электропитания с приёмкой заказчика

Сергей Шишкин (Нижегородская обл.)

В статье приведён обзор рынка модулей электропитания с приёмкой заказчика, включённых в ограничительный перечень МОР 44.001.18. Рассмотрены особенности и технические характеристики модулей, произведённых российскими фирмами.

Источники вторичного электропитания (ИВЭП) являются важной составной частью радиоэлектронной аппаратуры. Качественный рост радиоэлектроники в военной сфере диктует новые требования к источникам и системам электропитания радиоэлектронной аппаратуры. Развитие модулей питания идёт по пути повышения интеграции, сокращения числа элементов, применения новой схемотехники, миниатюризации и увеличения нагрузочной способности.

Увеличение КПД, повышение энергетической плотности (удельной мощности), надёжности и соотношения цена/качество – всё это актуально для модулей питания, применяемых в военной технике. Рынок стимулирует производителей модулей снижать себестоимость, повышать качество, искать новые схемотехнические и конструктивные решения, использовать современную элементную базу.

Модули питания с приёмкой заказчика всё шире применяются и в жёстких условиях эксплуатации гражданской техники. Требования к устройствам с приёмкой заказчика по надёжности, стойкости к внешним воздействующим факторам, условиям эксплуатации, электрическим параметрам и электрическим режимам строго определяются со-

ответствующими стандартами. В итоге, после выполнения всех необходимых мероприятий и процедур, проведения приёмо-сдаточных испытаний, модули питания категории ВП получают в среднем на 20...50% дороже аналогичных приборов с приёмкой ОТК.

Модули DC/DC- и AC/DC-преобразователей, представленные в перечне МОР44.001.18, имеют следующие технические особенности:

- широкий диапазон входных напряжений;
- один, два или три гальванически развязанных выходных канала;
- металлический или металлокерамический корпус;
- высокий КПД;
- диапазон рабочей температуры среды –45...75°C;
- низкий уровень радиопомех;
- высокая надёжность и отказоустойчивость;
- высокая энергетическая плотность (удельная мощность);
- срок службы не менее 20 лет.

Кроме того, можно выделить следующие сервисные функции таких модулей:

- защита от перегрузки по току и короткого замыкания, от превышения выходного напряжения, от перегрева (все виды защит – самовосстанавливающиеся);

- управление включением/выключением с помощью маломощного логического сигнала (дистанционное включение);
- регулировка выходного напряжения ( $\Delta U_p$  не менее  $\pm 5\%$ );
- параллельная работа нескольких модулей на общую нагрузку (суммирование выходных токов);
- измерительный вход обратной связи;
- выходной сигнал, информирующий о работоспособности модуля питания;
- вывод «корпус».

## Продукция группы компаний «ООО «Александр Электрик Дон»»

В перечень МОР44.001.18 включены DC/DC-преобразователи серии МДМ и AC/DC-преобразователи серии МАА, предназначенные для внутреннего монтажа в аппаратуре. Представлены одно-, двух- и трёхканальные модули электропитания вышеуказанных серий.

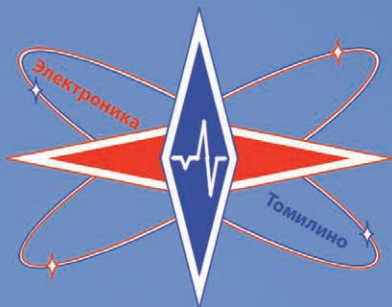
Широкий диапазон входного напряжения обеспечивает функционирование модулей в сетях энергоснабжения промышленной частоты. Основные параметры некоторых ИВЭП (AC/DC-преобразователей) серии МАА представлены в таблице 1. Модули этой серии способны работать в широком диапазоне температур (–50...85°C). В зависимости от исполнения, они имеют один, два или три гальванически развязанных выходных канала, могут включаться и выключаться дистанционно, оснащены комплексом защит от перегрузки по току, короткого замыкания и перегрева; имеют возможность параллельного включения выходов на общую нагрузку. Полимерная герметизирующая заливка обеспечивает надёжную защиту компонентов от внешних воздействующих факторов и исключает повреждения модуля, вызванные вибрацией, попаданием грязи, влаги и соляного тумана.

Корпуса AC/DC-преобразователей выполнены из П-образного алюминиевого профиля. Стальная крышка предохраняет печатную плату от механических и климатических воздействий. Модули электропитания производства ООО «Александр Электрик Дон» отли-

Таблица 1. Основные параметры ИВЭП серии МАА из перечня МОР 44001.18

ИВЭП, число каналов	Входное напряжение, В	Выходное напряжение, В	Мощность, Вт	Масса, кг
МАА20-1, 2, 3	«С» 81...138 (400 Гц) «К» 187...242 (50, 400 Гц)	5, 9, 12, 15, 24, 27	20	0,3
МАА30-1, 2, 3*			30	0,3
МАА50-1, 2, 3			50	0,4
МАА60-1, 2, 3*			60	0,4
МАА150-1, 2, 3			150	0,8
МАА180-1, 2, 3*			180	0,8
МАА300-1, 2, 3			300	1,6
МАА400-1, 2*			400	1,6
МАА600-1, 2			600	2,5
МАА800-1, 2*			800	2,5
МАА900-1, 2			900	4,5
МАА1200-1, 2*			1200	4,5

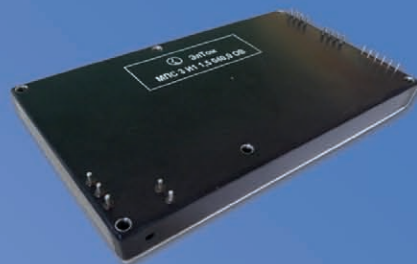
\* Подана заявка на включение в МОР44.001.18 редакции 2012 г.



# ОАО «НПП «ЭлТом»

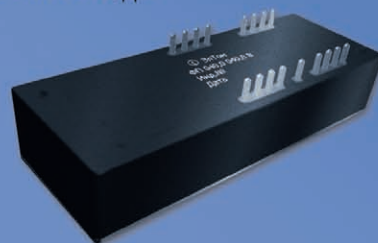
## Новые разработки

AC/DC преобразователь серии МПС  
мощность 1500 Вт, удельная мощность 2500 Вт/дм<sup>3</sup>



DC/DC преобразователь серии МПЛ  
мощность 500 Вт, удельная мощность 3600 Вт/дм<sup>3</sup>

Помехоподавляющий фильтр серии ФП  
коэффициент подавления помех не менее 40 дБ,  
выходной ток до 75А, входное напряжение до 150 В



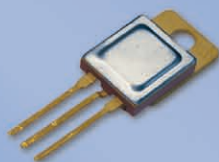
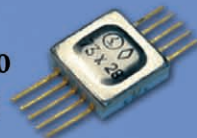
Микросхемы ШИМ-контроллеры 1114ЕУ7У-10У



Интегральные микросхемы ШИМ-контроллеры с обратной связью по напряжению и току, предназначены для использования в РЭА для управления ключевым каскадом на n-канальном МОП транзисторе, обеспечивая перезаряд его входной емкости форсированным током величиной до 0,7А

Микросхема - стабилизатор напряжения 142ЕР3У

Интегральная микросхема предназначена для работы в качестве маломощного регулируемого стабилизатора напряжения с минимальным падением напряжения между входом и выходом

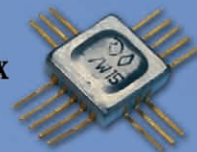


Микросхемы - стабилизаторы напряжения 1303ЕНxxП

Мощные стабилизаторы напряжения с минимальным падением напряжения между входом и выходом. Имеют высокую стабильность, обладают токовой и тепловой защитами и устойчивы к переплюсовке между входом и выходом

Микросхема контроля режимов работы РЭА (супервизор) 1114СК1У

Интегральные микросхемы, предназначенные для построения различных низкочастотных узлов автоматики и контроля, в том числе генераторных, усилительных и пороговых схем.



Все изделия разработки ОАО «НПП «ЭлТом» выполнены на отечественной элементной базе (в том числе и ЭКБ собственного производства) и включены в перечень ЭРИ, разрешенных к применению в ВиВТ МОП 44 001.18, МОП 44 001.02 и МОП 44 001.03; являются комплектующими изделиями межотраслевого применения и применяются в ВиВТ групп исполнения от 1 до 5.2 включительно по ГОСТ РВ 20.39.304. Значительная часть номенклатуры соответствует ГОСТ 19705-xxxx.

Наш адрес: 140070, пос. Томилино Московской области, ул. Гаршина, д. 11  
Телефон/факс: (495) 557-22-91; Сайт в интернете: [www.eltom.ru](http://www.eltom.ru); E-mail: [info@eltom.ru](mailto:info@eltom.ru)

Научно-производственному предприятию ОАО «НПП «ЭлТом» - 55 лет

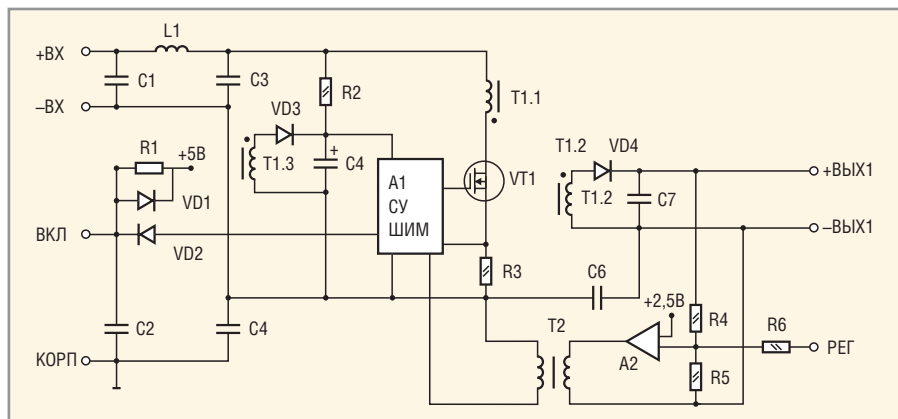


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема одноканального модуля питания

чает широкий диапазон температур и высокая удельная мощность. Например, преобразователь МАА900 имеет энергетическую плотность 452 Вт/дм<sup>3</sup>, МАА600 – 503 Вт/дм<sup>3</sup>. Выходное напряжение каналов может быть установлено в диапазоне от 3 да 68 В.

Параллельное соединение выходных каналов позволяет увеличить суммарную выходную мощность до значения  $P_{\text{сумм}} = 0,7NP_n$ , где 0,7 – рекомендуемый коэффициент загрузки модулей,  $N$  – количество модулей,  $P_n$  – номинальная выходная мощность модуля, Вт. При правильно выполненном подключении модулей электропитания разбаланс токов модулей, включённых параллельно, при номинальной суммарной выходной мощности не превышает 10...15%. Использование измерительного вывода для подключения обратной связи позволяет компенсировать падение на соединительных проводах до 5% значения выходного напряжения при номинальной мощности на выходе. Корпус модуля

электропитания может быть оборудован креплением на DIN-рейку.

Основные параметры некоторых DC/DC-преобразователей из серии МДМ представлены в таблице 2. Модули этой серии имеют самый широкий – среди российских аналогов – диапазон рабочих температур –60...125°C. Упрощённая принципиальная схема одноканального модуля питания показана на рисунке 1. Цепь обратной связи по напряжению выполнена на трансформаторе Т2. Входные и выходные цепи гальванически развязаны. Подобное схемотехническое решение хорошо себя зарекомендовало и широко применяется как в повышающих, так и в понижающих преобразователях постоянного напряжения. Модули серии МДМ имеют вход дистанционного управления, который гальванически связан с минусом входного напряжения и по параметрам согласован с сигналами уровня ТТЛ с открытым коллектором.

Таблица 2. Основные параметры модулей электропитания серии МДМ

ИВЭП	Входное напряжение, В	Выходное напряжение, В	Мощность, Вт	Масса, кг
МДМ5-1,2	10,5...15 9,5...36 21...30 18...75 17...36 (по ГОСТ 19705) 36...72 (модули электропитания мощностью 40, 80, 120, 160, 240, 320, 400 Вт могут работать и от входных сетей с напряжениями 85...154, 175...350 В)	5, 9, 12, 15, 24, 27	5	0,022
МДМ6-1,2*			6	0,022
МДМ7,5-1,2,3			7,5	0,03
МДМ10-1,2,3*			10	0,03
МДМ15-1,2			15	0,045
МДМ20-1,2*			20	0,045
МДМ30-1,2			30	0,065
МДМ40-1,2*			40	0,065
МДМ50-1,2			50	0,065
МДМ60-1			60	0,11
МДМ80-1*			80	0,11
МДМ100-1			100	0,11
МДМ120-1			120	0,184
МДМ160-1*			160	0,184
МДМ200-1			200	0,184
МДМ240-1			240	0,25
МДМ320-1*			320	0,25
МДМ400-1*			400	0,25

\* Подана заявка на включение в МОР44.001.18 редакции 2012 г.

В одноканальных модулях серии МДМ существует возможность регулировки выходного напряжения. Для увеличения выходного напряжения необходимо подключить резистор между выводами «РЕГ» и «-ВЫХ», для уменьшения выходного напряжения – между выводами «РЕГ» и «+ВЫХ». Допустимо включать параллельно выходы одного модуля с двумя или тремя каналами при условии, что они рассчитаны на одинаковое напряжение. Кроме того, выходы одного или нескольких модулей можно включать последовательно, обязательно шунтируя каждый выход обратносмещённым диодом.

Преобразователи МДМ60 имеют энергетическую плотность 1190 Вт/дм<sup>3</sup>, МДМ240 – рекордные 1996 Вт/дм<sup>3</sup>! Конструктивно модули питания серии МДМ выполняются в литых корпусах с крепёжными фланцами или без таковых. В аппаратуре модули могут устанавливаться на теплоотвод или на печатную плату.

Следует отметить, что ООО «Александр Электрик Дон» предлагает широкую номенклатуру изделий: от 3-Вт DC/DC-преобразователя до 1500-Вт. Кроме того, компания выпускает модули защиты и фильтрации, источники бесперебойного питания (всего более 150 типов устройств). Это позволяет разработчику выбрать гибкую схему построения системы электропитания в разрабатываемом изделии, уменьшить количество поставщиков и рассчитывать на дополнительные преференции от долгосрочного сотрудничества с производителем.

### Продукция ОАО НПП «ЭлТом»

Компания серийно производит ряд унифицированных источников питания с приёмкой заказчика для оборонно-промышленного комплекса России. В перечне МОР44.001.18 представлены DC/DC-преобразователи серий МП, МПШВ и МПШН. Основные параметры этих изделий приведены в таблице 3.

Модули питания «ЭлТом» – это герметизированные стабилизирующие модули питания категории «ВП» – одно-, двух- и трёхканальные, на основе DC/DC-преобразователя с гальванической развязкой между входом и выходом, с электрически нейтральным корпусом. Все модули питания работают в диапазоне температур –60...100°C.

В зависимости от вида исполнения, модули могут оснащаться синхронизацией и выключением внешним сигналом, а также подстройкой выходного напряжения. Выходные напряжения модулей – 3,3, 5, 9, 12, 15, 27 В; выходные мощности 5, 10, 15, 25 и 50 Вт. Модули питания могут применяться в аппаратуре класса 1, 2, 3 и 4; 5,1 и 5,2 по ГОСТ РВ 20.39.304. Предусмотрена возможность параллельного включения выходных каналов для работы на общую нагрузку.

Все источники питания изготавливаются во фрезерованных металлических корпусах, что обеспечивает высокую стойкость к воздействию механических и климатических факторов, электромагнитных помех и т.д. Выводы допускают трёхкратную перепайку без повреждения.

По своим конструктивным и электрическим параметрам серийно выпускаемые модули питания «ЭлТом» не уступают большинству ИВЭП, производимых российскими компаниями. Особенностью этих модулей является использование только отечественной элементной базы. Основные технические характеристики и электрические параметры ИВЭП компании «ЭлТом»:

- номинальная выходная мощность 5...50 Вт;
- удельная мощность до 670 Вт/дм<sup>3</sup>;
- входные напряжения 18...36; 9...36; 18...75 В;
- число выходных каналов 1–3;
- выходные напряжения 3,3, 5, 9, 12, 15, 27 В (по заказу возможны и другие значения);
- амплитуда пульсаций выходного напряжения не более 50 мВ;
- суммарная нестабильность выходного напряжения ±3%;
- время установления выходного напряжения не более 0,1 с;
- температурный диапазон –60...100°С.

Все серийно выпускаемые изделия защищены от перегрузки по току и короткого замыкания. Большинство моделей оснащено дистанционным включением/выключением, подстройкой выходного напряжения и возможностью внешней синхронизации. Модули питания компании «ЭлТом» зарекомендовали себя как неприхотливые и высоконадежные изделия, допускающие работу в широком спектре применений. Выпускаются модули с вертикальным и с горизонтальным расположением выводов соответственно для объёмного монтажа и монтажа

на печатную плату. Схема включения модулей питания приведена на рисунке 2.

### Продукция ЗАО «Группа компаний «Электронвест»»

Модули этой компании снабжены защитой от выходных перенапряжений, перегрузок по току и коротких замыканий на выходе с автоматическим возвратом в рабочий режим при устранении причины перегрузки, оснащены входом дистанционного включения ТТЛ-сигналом. Имеется возможность дистанционной регулировки выходного напряжения до ±10% от номинального значения и вывод сигнала, который информирует о состоянии модуля. При исправной работе модуля, на выходе «контроль» присутствует напряжение 5...12 В; отсутствие напряжения свидетельствует о неисправности или отключении модуля.

«Электронвест» выпускает модули питания серии СНП двух типов. Модули первого типа имеют два гальванически связанных либо развязанных канала. Модули питания второго типа имеют два канала с равными по абсолютному значению напряжениями противоположной полярности с общим проводом. Модули питания обоих типов предназначены для работы от источников постоянного тока с номинальными напряжениями 12 и 27 В.

Основные электрические и эксплуатационные характеристики модулей питания серии СНП:

- температурный диапазон –60...100°С;
- относительная влажность при температуре 35°С до 100%;
- пониженное атмосферное давление, мм. рт. ст. (Па): 10<sup>-6</sup> (1,33 × 10<sup>-4</sup>);
- повышенное атмосферное давление, мм. рт. ст. (Па): 2100 (2,9 × 10<sup>5</sup>);
- суммарная нестабильность выходного напряжения по каждому каналу

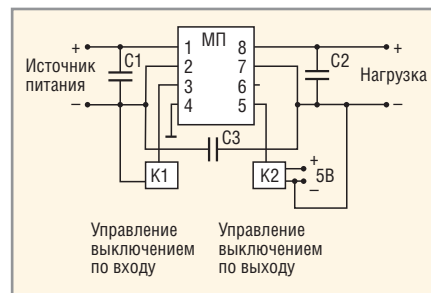


Рис. 2. Схема включения модулей питания «ЭлТом»

не превышает ±3% от  $U_{\text{вых}}$  для модулей первого типа и ±7% для модулей второго типа;

- синусоидальная вибрация амплитудой ускорения 400 м/с<sup>2</sup> (40 g) в диапазоне частот от 5 до 2500 Гц;
- механические удары с пиковым ускорением 1470 м/с<sup>2</sup> (150 g) длительностью 2...10 мс;
- механический удар с пиковым ускорением 9800 м/с<sup>2</sup> (1000 g) и длительностью 0,3...1,0 мс;
- акустический шум в диапазоне частот 50...10 000 Гц с уровнем звукового давления 150 дБ;
- срок службы 20 лет.

Все DC/DC-преобразователи компании выполнены в планарных корпусах. Основные параметры некоторых модулей питания первого типа приведены в таблице 4, второго типа – в таблице 5. Основные параметры ИВЭП (AC/DC-преобразователей) серии СПНМ220 представлены в таблице 6.

Двухканальные модули СПН и СПНМ220-25 реализованы по схеме однотактного обратногоходового преобразователя; СПНМ220-25...СПНМ220-200 – двухтактного прямоходового преобразователя; СПНМ220-500 – понижающего стабилизатора с корректором коэффициента мощности. Энергетическая плотность некоторых модификаций модулей может достигать 400 Вт/дм<sup>3</sup>.

Таблица 3. Основные параметры преобразователей серий МП, МПШВ и МПШН

Модель ИВЭП	Входное напряжение, В	Выходное напряжение, В	Мощность, Вт	Масса, кг
МП05 XX В0	18...36	3,3, 5, 9, 12, 15, 27	5	0,055
МП10 XX В0			10	0,065
МП15 XX В0			15	0,090
МП25 XX В0			25	0,175
МП50 XX В0			50	0,230
МПШВ05 XX В0В (Г)	18...75	5, 12, 15, 27	5	0,055
МПШВ10 XX В0В (Г)			10	0,065
МПШВ15 XX В0В (Г)			15	0,065
МПШВ25 XX В0В (Г)			25	0,090
МПШВ50 XX В0В (Г)			50	0,175
МПШН10 XX В0В (Г)	9...36		10	0,065
МПШН15 XX В0В (Г)			15	0,090

Таблица 4. Основные параметры модулей питания «Электронвест» первого типа

Обозначение модуля питания	Выходное номинальное напряжение, В		Пульсации выходного напряжения (размах), не более, мВ		Выходной номинальный ток, А		Масса, не более, г
	канал 1	канал 2	канал 1	канал 2	канал 1	канал 2	
СПН27-10-0512	5	12	100	60	1	0,3	60
СПН27-06-1515	15	-15	60		0,2	0,2	
СПН27-10-1505	15	-5	50	30	0,6	0,06	80
СПН27-06-0505	5	-5	100		0,6	0,6	
СПН27-06-0909	9	-9	50		0,33	0,33	
СПН27-06-1212	12	-12	50		0,25	0,25	
СПН27-30-053,3	5	3,3	100	50	5	1	

Таблица 5. Основные параметры модулей питания «Электронвест» второго типа

Обозначение модуля питания	Выходное номинальное напряжение, В		Пульсации выходного напряжения (размах), не более, мВ	Выходной номинальный ток, А	Масса, не более, г
	канал 1	канал 2			
СПН27-03-05Д	5	-5	100	0,3	60
СПН27-03-06Д	6	-6	120	0,25	
СПН27-03-09Д	9	-9	180	0,17	80
СПН27-03-12Д	12	-12	240	0,13	
СПН27-03-15Д	15	-15	300	0,1	
СПН27-05-05Д	5	-5	100	0,5	
СПН27-05-06Д	6	-6	120	0,42	175

Таблица 6. Основные параметры ИВЗП серии СПНМ220

Модель ИВЗП	Входное напряжение, В	Выходное напряжение, В	Мощность, Вт	Масса, кг
СПНМ220-25	187...253 (50/400 Гц)	5, 6, 9, 12, 15, 27, 36	25	0,28
СПНМ220-50		5, 6, 9, 12, 15, 27, 36, 48, 60	50	0,35
СПНМ220-100		5, 12, 27, 36, 48, 60	100	0,40
СПНМ220-200		5, 12, 27(24), 36, 48, 60	200	0,60
СПНМ220-300		12, 27, 36, 48, 60	300	0,80
СПНМ220-500			500	1,20

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Отечественные производители предлагают широкий спектр модулей питания с приёмкой заказчика. Для аппаратуры всех классов и всех групп по ГОСТ РВ 20.39.304 можно подобрать соответствующий модуль категории «ВП». У всех представленных в обзоре производителей цены находятся примерно на одном уровне. В большинстве случаев производитель может пойти навстречу заказчику и оперативно изменить параметры серийно выпускаемой продукции, в некоторых случаях – даже с внесением изменений в техническую документацию. Все модули питания могут быть выполнены в металлических или металлокерамических корпусах на отечественной элементной базе с приёмкой заказчика.

Разработчик военной техники в России может применить импортные модули питания. Конечно, после этого необходимо обосновать применение импортной элементной базы в соответствующих организациях (процедура долгая, но «проходимая»). Следует отметить, что российский рынок модулей

питания буквально «завален» импортом. Отечественным производителям приходится конкурировать с такими известными фирмами как Traco Power, Power One, Mean Well, Peak Electronics, Fran Mar и Ericsson. При оптовых закупках стоимость импортного модуля питания с параметрами по меньшей мере не хуже, чем у отечественного модуля категории ВП, будет гораздо ниже.

Предприятие-изготовитель не платит абсолютно ничего за то, чтобы его изделия попали в ограничительный перечень МОП 44001.18 и оказались в поле зрения разработчиков военной и специальной техники. Учитывая современные реалии, перечень МОП 44001.18 должен быть много шире – в этом большая проблема российского ОПК. Без современных комплектующих с приёмкой заказчика невозможна разработка современной военной техники, в том числе и модулей питания.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. <http://www.aeps-group.ru>.
2. <http://www.eltom.ru>.
3. <http://www.elin-gk.ru>.

**Новости мира**

**Двухрядные разъёмы поверхностного монтажа с растром 0,8 мм**

Фирма Erni Electronics расширяет свой спектр разъёмов SMT-Finepitch выпуском семейства разъёмов MicroCon. Двухрядная серия MicroCon с растром 0,8 мм предназначена для применения в промышленности, медицинской технике, в системах освещения, в автомобильной и потребительской электронике. Несмотря на небольшие размеры – габариты 50-контактного разъёма составляют 24,2 × 4,7 мм с различной монтажной высотой – разъёмы серии прочны и надёжны.



Даже в базовом исполнении разъёмы имеют усиленную внешнюю стенку. Применяются двусторонние пружинные контакты. Разъёмы MicroCon предназначены для параллельных, ортогональных (90 градусов) и компланарных соединений печатных плат. Благодаря наличию вариантов с различной монтажной высотой для разъёмов с пружинными и ножевыми контактами могут быть реализованы расстояния между платами от 5 до 20 мм для приложений с платами второго уровня. Несмотря на миниатюризацию, разъёмы имеют диапазон выравнивания при соединении в продольном и поперечном направлении ±0,7 мм. Угловое смещение составляет ±4 градуса.

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

**ЖК-модуль 8,4 дюйма с SVGA-разрешением**

Фирма Kyocera расширяет своё предложение ЖК-дисплеев 8,4-дюймовым SVGA-



# Новости мира News of the World Новости мира

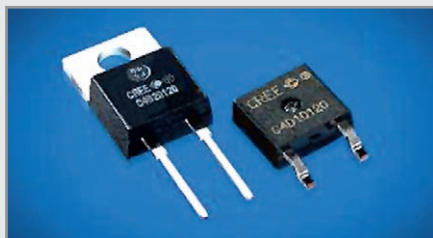
ЖК-модулем. Он обеспечивает SVGA-разрешение, имеет интегрированную схему управления светодиодами, светодиодную заднюю подсветку со сроком службы до 70 000 рабочих часов и угол наблюдения 170 градусов.

Модуль пригоден для медицинских и промышленных приложений, для работы внутри и вне помещений. Благодаря интегрированной схеме управления светодиодами, для работы прибора не требуется никаких дополнительных внешних компонентов управления задней подсветкой. Разъём LVDS обеспечивает удобство инсталляции.

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

## Карборундовые диоды Шоттки с номинальным током от 2 до 10 А

Фирма Cree расширила семейство своих 1200-вольтовых диодов Шоттки серией Z-Res на базе карборунда (SiC) из четырёх элементов поверхностного монтажа. Предлагаются полупроводники в корпусе TO-252 D-Пак промышленного стандарта на номинальные токи 2, 5, 8 и 10 А.



Разработчики микроинверторов, солнечных энергетических установок и других систем могут на этой базе создавать выпрямители переменного тока. Рабочий температурный диапазон всех элементов серии C4DXX120E –55...+175°C.

[www.cree.com/power](http://www.cree.com/power)

## Flash-SSD с объёмом памяти от 6 до 256 Гб для диапазона от –40 до +85°C

Фирма Comp-Mall предлагает SSD (Solid State Disks, твердотельные диски) промышленного применения. EverGreen и EverGreen Plus SATA Flash-Drives в формате



2,5 дюйма выполнены как WT-варианты (Wide Temperature) и управляются по L<sup>2</sup> Wear Leveling-алгоритму. Flash-контроллер обеспечивает при этом по возможности наиболее равномерное использование всего объёма памяти.

В SSD EverGreen фирмой InnoDisk блочная разбивка (256 или 512 Кб) при записи переведена на постраничную разбивку (4 Кб). Благодаря более мелкому растру при управлении алгоритмом L2 Wear Leveling требуется меньше процессов стирания. Результатом этого, по утверждению оферента, является возможность увеличения срока службы в 30 раз. Объём памяти от 6 до 256 Гб, а температурный диапазон –40...+85°C.

[www.comp-mall.de/](http://www.comp-mall.de/)

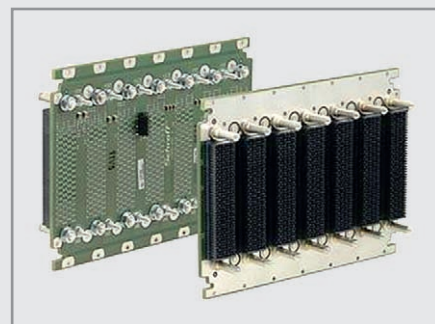
## Объединительные платы VPX со скоростью передачи данных 40 Гбит/с

Спецификация VPX, последовавшая за стандартом VMEbus, обеспечивает использование различных программных протоколов, и прежде всего, высокоскоростную последовательную передачу данных. Среди прочего она позволяет использовать протоколы PCI Express, RapidIO и Ethernet. В соответствии с данной спецификацией компания Schroff разработала новые объединительные платы.

Уже сейчас доступны две объединительные платы VPX 3 U. Первая – объединительная плата Full Mesh VPX на пять слотов, вторая – Single Star-Open VPX на семь слотов. Объединительные платы с другим количеством слотов или топологиями, соответствующими спецификации Open VPX (VITA 65), а также версии высотой 6 U находятся в разработке.

Расстояние между слотами на объединительной плате с топологией Full Mesh (пять слотов, 3 U) составляет 0,8" для стандартных печатных плат с воздушным охлаждением. На объединительной плате с топологией Single Star (семь слотов, 3 U) предусмотрено расстояние между слотами 1" с дополнительными заниженными точками привинчивания для модулей CCAs (Conduction Cooled Assemblies – модули с кондуктивным охлаждением).

Обе объединительные платы VPX, как и другие высокоскоростные объединительные платы от Schroff (AdvancedTCA, MicroTCA и CompactPCI), согласно конструкционным правилам, рассчитаны на скорость передачи данных 10 Гбит/с по одной дифференциальной паре или 40 Гбит/с по четырём дифференциальным парам. Объ-



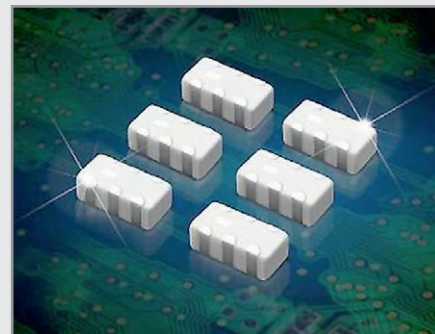
единительная плата на пять слотов оснащена соединителями Power-Bug, что позволяет устанавливать имеющиеся блоки питания Open Frame.

В качестве альтернативы объединительная плата может комбинироваться с объединительной платой питания Schroff, которая обеспечивает использование вставного блока питания CompactPCI. На семислотовой объединительной плате соединители Power-Bug крепятся с помощью стопорных гаек на специальные резьбовые шпильки через дополнительные заниженные ряды крепежных отверстий.

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

## Фильтр 2,4 ГГц с симметричным выходом

Фирма Murata анонсировала согласующий фильтр LFB182G45BG2D280 с симметричным выходом, который предназначен для беспроводных приложений на частоте 2,4 ГГц на базе ZigBee и Bluetooth Low Energy. Фильтр спроектирован для Wireless-Connectivity-SoC (System-on-Chips) компании Texas Instruments (CC253x для ZigBee и CC254x для Bluetooth).



При размерах 6 × 0,8 мм решение Murata содержит в одном корпусе все необходимые ВЧ-схемы для цепи согласования, симметрирующий трансформатор и фильтр. Элемент имеет шесть выводов. LFB182G45BG2D280 имеет несимметричный выходной импеданс 50 Ом и рассчитан на частотный диапазон 2450 МГц ± 50 МГц и на максимальную мощность 500 мВт.

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

# DC/DC-преобразователи компании International Rectifier для ответственных применений

Александр Седунов (Ленинградская обл.)

В контексте истории развития DC/DC-преобразователей компании International Rectifier приводятся сравнительные характеристики моделей специального применения.

## ВВЕДЕНИЕ

Компания International Rectifier имеет богатую историю достижений полувековую историю, обладает множеством запатентованных технологий в области производства мощных полупроводников и электронных модулей и является одним из лидеров индустрии производства изделий для силовой электроники. Более подробную информацию о компании можно получить в [1].

Важной частью номенклатуры изделий компании являются DC/DC-преобразователи для ответственных при-

менений, наиболее востребованные в таких отраслях, как авиастроение, добывающая промышленность, железнодорожный транспорт, медицинское приборостроение, судостроение и др.

В номенклатуре таких изделий компании International Rectifier имеются одно-, двух- и трёхканальные преобразователи мощностью от 5 до 120 Вт (см. таблицу 1) с номинальным входным напряжением 28 В (согласно стандарту MIL-STD-704E). Преобразователи серий ASA и ANV выдерживают скачки напряжения до 80 В/0,1 с (со-

гласно стандарту MIL-STD-704A). В серии AFL представлены преобразователи с входным напряжением 28, 50, 120 и 270 В с возможностью параллельного включения для увеличения общей мощности. Серии ATS и ANP270 выпущены относительно недавно; преобразователи ATS оснащены входными фильтрами согласно стандарту MIL-STD-461 (CE03), а преобразователи ANP270 являются аналогами серии AFL270, но имеют более высокую плотность мощности и повышенный КПД.

## ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ INTERNATIONAL RECTIFIER

Выбор схемотехнических решений при построении преобразователей специального применения для обеспе-

Таблица 1. DC/DC-преобразователи компании International Rectifier для ответственных применений

Выходная мощность, Вт	Серии преобразователей				
	одноканальные		двухканальные		трёхканальные
5	ASA		ASA		
8					ANF
12	ANF		ANF		
15	ANV		ANV		ANV
15	ANE		ANE		ATO
20	ANE				
25	<b>ATS*</b>		<b>ATS*</b>		
30	ATR	ATW	ATR	ATW	ATR
66	AFL	<b>ANP</b>			
80	AFL	<b>ANP</b>	AFL	<b>ANP</b>	
90	AFL	<b>ANP</b>			
96			AFL	<b>ANP</b>	
100			AFL	<b>ANP</b>	
108	AFL	ANP			
112	AFL	ANP			
120	AFL	ANP			

Жирным выделены новые изделия.

\* Приборы оснащены встроенным входным фильтром согласно стандарту MIL-STD-461.

Таблица 2. Сравнительные характеристики DC/DC-преобразователей первого поколения

Серия	Топология преобразования/частота, кГц	Номинальное входное напряжение (допустимый диапазон), В	Количество выходов	Выходная мощность, Вт	Выходные напряжения, В	Эффективность преобразования (КПД), %	Особенности
ANV	Двухтактный каскад/500	28 (16...40)	Один	15	5, 12, 15	72	Соответствует MIL-STD704A, 80В (0,1 с)
			Два	15	±12, ±15	72	Регулируемый выход
			Три	15	5/±12, 5/±15	72	Дополнительный линейный регулятор
ANE	Двухтактный каскад/250	28 (17...40)	Один	15	5	80	Высокий КПД
			Один	20	12, 15	83	Вход/выход для синхронизации
			Три	15	±5, ±12, ±15	83	Регулируемый выход (5 В)
ATO	Двухтактный каскад/250	28 (16...40)	Три	15	5/±12 5/±15	76 76	Дополнительный линейный регулятор
ATW	Двухтактный каскад/270	28 (16...40)	Один	30	5	78	Высокая плотность мощности (23 Вт/дюйм³)
			Один	30	12,15	80	Возможность управления
			Два	30	±5, ±12, ±15	80	Вход/выход для синхронизации
			Два	30	±24, ±40	82	Наибольшее выходное напряжение для данного поколения

Таблица 3. Сравнительные характеристики DC/DC-преобразователей второго и третьего поколений

Поколение	Серия	Топология преобразователя/ рабочая частота, кГц	Входное напряжение, В	Количество выходов	Выходная мощность, Вт	Выходные напряжения, В	Эффективность преобразования, %	Особенности
Второе (1992–1994)	ASA	Обратноходовый, 550	28 (16...40)	Один	5	5, 12, 15	66, 71	Посадочное место малой площади
				Два	5	±5, ±12, ±15	66, 68	Соответствует MIL-STD704A (80 В/0,1 с)
	AHF	Прямоходовый, 550	28 (16...40)	Один	12	5	75, 77	Посадочное место малой площади
				Два	12	12, 15	75, 77	
				Три	8	5/±15	68	
	ATR	Прямоходовый, 550	28 (16...40)	Один	30	5, 12, 15	72, 75	Возможность управления
Два				30	±12, ±15	82	Возможность внешней синхронизации	
Три				30	5/±12, 5/±15	75	Дополнительный линейный регулятор	
Третье (1994–1996)	AFL	Прямоходовый, 550	28, 50, 120, 270	Один	От 60 до 120	3,3; 5; 6; 8; 9; 12; 15; 24; 28	72...83	Высокая плотность мощности (84 Вт/дюйм³)
				Два	От 80 до 100	±5	78	Возможно параллельное включение
						±12, ±15	82, 83	Блокировка при напряжении ниже допустимого уровня

Таблица 4. Особенности DC/DC-преобразователей третьего поколения

Серия	Встроенный фильтр	Соответствие стандарту MIL-STD-704A	Вывод для регулировки напряжения	Синхронизация	Регулируемый выход	Включение/выключение	Выходное напряжение менее 3,3 В	Дополнительный линейный регулятор	Возможность параллельного включения	Исполнение SMD
ASA		+				+				+
AHF						+				+
AHV		+			+	+		+		+
ATO						+				+
AHE				+	+	+				+
ATW			+	+		+				+
ATR			+	+	+	+		+		+
AFL			+	+	+	+	+		+	+
AHP			+	+	+	+			+	+
ATS	+				+	+				

Honeywell



SICK



Panasonic

CRYDOM

DATA VISION

MITSUBISHI ELECTRIC

Kingbright

muRata

velleman

Новые полевые транзисторы **International Rectifier** с **улучшенными на 50% рабочими параметрами** позволяют увеличить срок автономного питания электроприборов, повысить эффективность инверторов на солнечных батареях и обеспечить достаточную мощность для аудио усилителей класса D высокой мощности.

- транзисторы 40 – 250 В в корпусе TO-247AC
- промышленное исполнение, MSL1
- соответствие RoHS

**ПРИМЕНЕНИЕ**

- цепи синхронного выпрямления
- активные O’Ring узлы
- мощные DC электродвигатели
- DC/AC преобразователи
- мощные усилители класса D



**Минимальное  $R_{DS(on)}$  в корпусе TO-247**



**N-канальные MOSFET транзисторы**

Наименование	Напряжение пробоя, В	Сопротивление откр. канала, мОм	Ток стока (25°C), А	Заряд затвора, нКл
IRFP4004PBF	40	1.7	195	220
IRFP4368PBF	75	1.85	195	380
IRFP4468PBF	100	2.6	195	360
IRFP4568PBF	150	5.9	171	151
IRFP4668PBF	200	9.7	130	161
IRFP4768PBF	250	17	93	180



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

Реклама

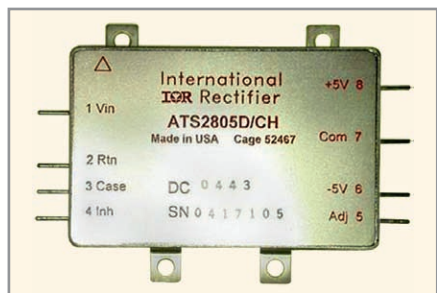


Рис. 1. DC/DC-преобразователь ATS2805D/CH в корпусе 71 × 51 × 11 мм



Рис. 2. DC/DC-преобразователь HM280515T/ES в корпусе 71 × 51 × 11 мм

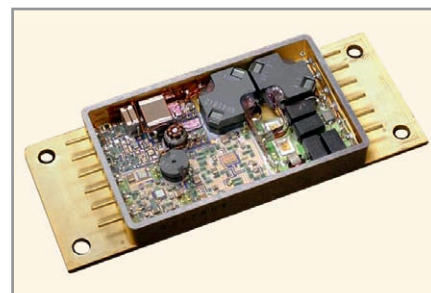


Рис. 3. Преобразователь серии HTA в корпусе 102 × 38 × 11 мм со снятой верхней крышкой

чения наивысших параметров КПД, надёжности и высокой плотности мощности является сложной задачей, с примером решения которой инженерами International Rectifier можно ознакомиться в [2]. Далее будут кратко описаны преобразователи нескольких поколений и их основные характеристики.

Преобразователи первого поколения, разработанные с 1989 по 1992 гг., строились на базе двухтактного каскада с рабочей частотой 250...500 кГц. Сравнительные характеристики преобразователей приведены в таблице 2. Преобразователи серии АНЕ имеют наибольший КПД, АТО – дополнительный линейный стабилизатор, АНВ – содержат линейный стабилизатор, за-

меняют АНЕ и АТО, когда требуется соответствие стандарту MIL-STD-704A; АТW имеют наибольшие выходные напряжения для приборов данного поколения.

Преобразователи второго поколения были разработаны в 1992–1994 гг. и выполнены по прямоходовой и обратногоходовой схемам (см. таблицу 3). Преобразователи серии АТR имеют регулируемый выход, АНF отличаются малой площадью посадочного места, АSА соответствуют стандарту MIL-STD704A по уровню входного напряжения.

Серия АFЛ относится к третьему поколению преобразователей (1994–1996 гг.), которые имеют самые лучшие показате-

ли плотности мощности и обеспечивают возможность параллельного включения для увеличения общей выходной мощности.

Сравнивая различные серии преобразователей, можно выделить следующие особенности:

- преобразователи серий АFЛ/АНP обладают наибольшим набором преимуществ, в настоящее время преобразователи АFЛ являются лидерами рынка;
- в серии АFЛ доступны преобразователи с выходным напряжением менее 3,3 В;
- преобразователи серий АSА/АНV выдерживает скачки напряжения до 80 В/0,1 с по регламенту MIL-STD-704A;
- все рассматриваемые в данном обзоре преобразователи могут удовлетворять нормам по электромагнитным излучениям стандарта MIL-STD-461 с применением соответствующих фильтров.

Преобразователи новой серии АТS/НМ (см. рис. 1 и 2) содержат встроенный фильтр, обеспечивают широкий диапазон входных напряжений (18...50 В) и имеют более привлекательную стоимость по сравнению с сериями АНF, АНV, АТW, АТО, АТR и АНЕ. Широкая номенклатура преобразователей серии АТS позволяет выбрать прибор для почти любого ответственного применения.

Для многих серий преобразователей по запросу доступны принципиальные электрические схемы, что важно для применения в военной технике, компонентная база для которой тщательно проверяется. Для удобства сравнения основные характеристики преобразователей сведены в таблицу 4.

### ПОМЕХОПОДАВЛЯЮЩИЕ ФИЛЬТРЫ

Только преобразователи серии АТS имеют встроенный фильтр для соответствия с требованиями MIL-STD-

Таблица 5. Помехоподавляющие фильтры для DC/DC-преобразователей

Серия преобразователей	Наименование фильтра	Максимальное входное напряжение, В	Максимальный входной ток, А	Соответствие СЕО3	Соответствие СS06
ASA	ASF461	50	0,42	+	
AFL	AFC461	40	4	+	
AFL	AFV461	40	4	+	
AFL	AFM704A	80	4	+	+
AFL28/АНP28	AME28-461	40	15	+	
AFL50	AME50-461	100	7	+	
AFL120, AFL270	AME270-461	400	1,5	+	
АНP270	AME270-461	400	1,5	+	
АТS	Встроенный			+	

Таблица 6. Характеристики DC/DC-преобразователя серии HTA с выходом 5 В

Параметр при различных температурах (°C)	Номинальные значения	Значения для наихудшего случая		
		при -35°C	при +25°C	при +185°C
Номинальное выходное напряжение, В	-35	4,85...5,15	5,017	
	25	4,95...5,05		5,018
	185	4,85...5,15		5,067
Входной ток без нагрузки, мА	-35	20	7,325	
	25	20		6,965
	185	30		22,995
Точность регулирования (под нагрузкой), мВ	-35...185	50 (1%)	4,34	6,05
				-2,34
Точность регулирования, мВ	-35...185	50 (1%)	5,33	6,01
				5,11
Коэффициент пульсаций напряжения, мВ/В	-35	50	11,73	
	25	50		9,67
	185	25		7,57
Эффективность преобразования, %	-35	73	76,0	
	25	75		77,4
	185	70		71,5
Частота преобразования, кГц	-35...185	500...600	543,34	542,09
				528,04

461(CE03) по электромагнитным излучениям; для всех остальных преобразователей при необходимости соответствовать этому стандарту применяются внешние помехоподавляющие фильтры (см. таблицу 5).

### ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СЕРИИ НТА

Следует выделить серию преобразователей НТА (см. рис. 3), предназначенных для эксплуатации в условиях повышенных температур, для таких применений, как оборудование нефтедобывающих платформ, приборы для геологических исследований, аэрокосмическое оборудование и др.

Основные характеристики преобразователей серии НТА (см. таблицу 6):

- возможность эксплуатации при температурах корпуса от  $-35$  до  $185^{\circ}\text{C}$ ;
- широкий диапазон входных напряжений  $150...250\text{ В}$ ;
- мощность до  $20\text{ Вт}$  в моделях с одним и двумя выходами ( $3,3$ ,  $5$ ,  $12$ ,  $15$ ,  $\pm 5$ ,  $\pm 12$  и  $\pm 15\text{ В}$ );
- КПД до  $76\%$ ;
- блокировка при входном напряжении ниже допустимого уровня;
- защита от перегрузки и короткого замыкания;
- встроенный помехоподавляющий фильтр;
- гальваническая развязка  $100\text{ МОм}/500\text{ В}$ ;
- вывод для включения/выключения;
- возможность синхронизации при параллельном включении;
- вывод для точной подстройки напряжения и компенсации падения напряжения на выходных проводниках;
- малый вес,  $\sim 70\text{ г}$ ;
- малогабаритный корпус  $102 \times 38 \times 11\text{ мм}$ ;
- высокопрочная гибридная конструкция, устойчивая к значительным ударным и вибрационным воздействиям.

### КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ

Рассматриваемые в данном обзоре DC/DC-преобразователи изготавливаются по гибридной технологии (см. рис. 3), наиболее часто используемой для высокочастотных и аэрокосмических изделий. Корпус запаивается и сохраняет герметичность на протяжении всего срока службы прибора в широком диапазоне температур, в том числе за счёт использования компонентов с малым коэффициентом

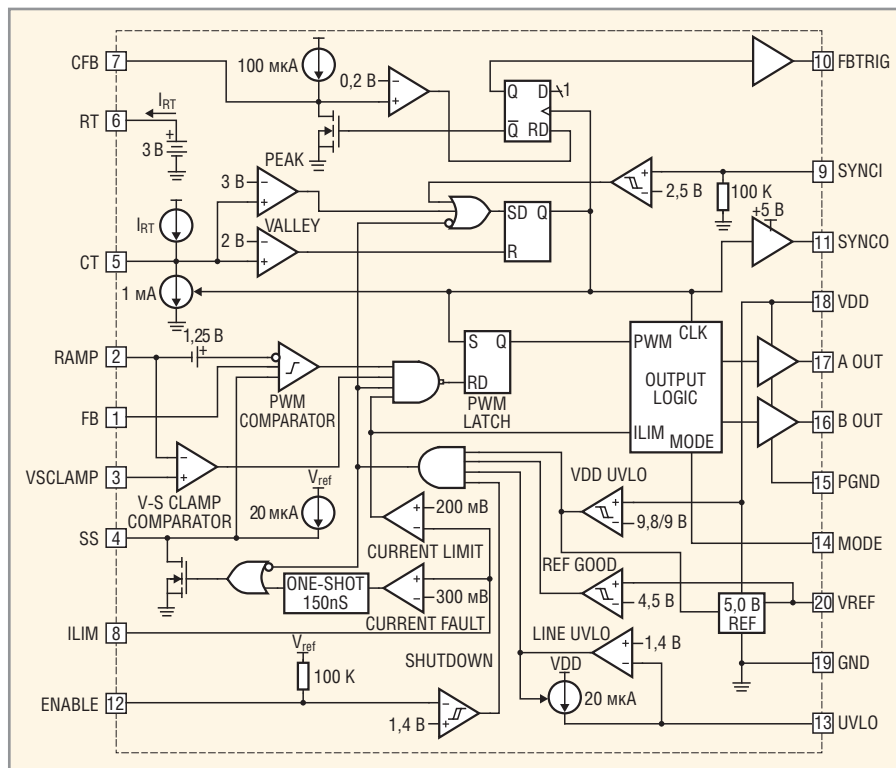


Рис. 4. Структурная схема ИС ШИМ-контроллера IR1105

температурного расширения. Проводящие дорожки и часть резисторов размещаются непосредственно на керамическом основании, что обеспечивает компактность и малый вес. Габаритные элементы, такие как трансформаторы, дроссели и конденсаторы, дополнительно закрепляются внутри корпуса эпоксидными смолами или силиконовыми герметиками с высокой теплопроводностью, что обеспечивает устойчивость к ударным и вибрационным воздействиям и отвод тепла на корпус. Преимущества и особенности гибридной технологии более подробно описаны в [3].

### СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ИС ШИМ-КОНТРОЛЛЕРА IR1105

Обладая широкой номенклатурой DC/DC-преобразователей в виде готовых изделий (см. [www.irf.com](http://www.irf.com)), компания International Rectifier также предлагает элементную базу для построения преобразователей. Так, для изолированных DC/DC-преобразователей специального применения разработана ИС ШИМ-контроллера IR1105 (см. рис. 4), используемая в новейших сериях преобразователей высокой надёжности (ARA, GHN, D-серия и др.).

Преобразователи одной из последних серий ACH, выполненные на основе контроллера IR1105, имеют диапазон входных напряжений  $15...50\text{ В}$ , температуру эксплуатации  $-50...125^{\circ}\text{C}$ , мощ-

ность  $3\text{ Вт}$  при габаритах  $25 \times 20 \times 7\text{ мм}$  и относительно низкую стоимость. Такой большой плотности мощности удалось добиться благодаря высокой степени интеграции контроллера IR1105 и малому числу дополнительных компонентов.

Основные преимущества ИС IR1105:

- режим контроля по току или напряжению;
- прямая обратная связь по напряжению для расширенного регулирования;
- высокая точность регулирования;
- встроенный драйвер с током до  $1\text{ А}$ ;
- малый ток потребления;
- импульсное регулирование тока;
- блокировка при работе с пониженным напряжением, с программируемым гистерезисом;
- встроенный генератор с регулируемым «мёртвым» временем.

Более подробная информация об ИС контроллера доступна по запросу.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Келл Г. International Rectifier: портрет компании. Новости электроники. 2007. № 7. С. 4–6
2. Высокоэффективный DC/DC-преобразователь для твердотельного усилителя мощности. Вестник электроники. 2009. № 2. С. 18–33.
3. Толстоплёночные гибридные DC/DC-преобразователи для спутниковых систем электропитания. Вестник электроники. 2009. № 1. С. 28–33.

# Микроконтроллерные платформы для приложений реального времени

Николай Кольский (Москва)

Статья посвящена концепции цифровых сигнальных микроконтроллеров, предлагаемых ведущими мировыми производителями.

В ряде современных приложений для встроенных систем управления реального времени, наряду с задачами управления, возникает необходимость в обработке сигналов, снимаемых с датчиков, и/или проведении сложных математических расчётов в предопределённые по длительности промежутки времени.

Характерными примерами подобных приложений являются скалярные и векторные технологии управления вращением электродвигателей под переменной нагрузкой. От платформы встроенной системы здесь требуются быстрый отклик на прерывания, возможность сбора и обработки данных в широком динамическом диапазоне значений, быстрое проведение математических расчётов, в т.ч. на основе алгоритмов цифровой обработки сигналов (ЦОС), в реальном масштабе времени и широкий набор периферийных устройств с цифровым и аналоговым входами/выходами.

В систему управления современным приводом трёхфазного электродвигателя закладывается не только математическая модель двигателя для проведения необходимых расчётов, но и обработка данных с датчиков тока фаз статора двигателя. Если же скорость вращения вала изменяется в широких пределах, необходима высокая точность поддержания скорости вращения/позиционирования вала или требуется управление моментом на валу на очень низких частотах вращения, то применяют методы векторного управления с обратной связью по скорости, что требует обработки данных, снимаемых с датчика скорости на валу двигателя.

В [1] упоминается 11 задач, которые должна решать система управления преобразователем частоты – основным элементом современных электроприводов переменного тока. В их числе такие многоплановые и ресурсоёмкие, как реализация различных

методов управления электродвигателем и методов формирования выходного напряжения, приём и обработка информации с датчиков, взаимодействие с системой автоматизации верхнего уровня и обеспечение интерфейса с пользователем.

В связи с многообразием задач, которые должны решать подобные системы управления, аналоговые схемотехнические решения для обработки сигналов в режиме реального времени всё чаще заменяют более гибкими цифровыми программируемыми подсистемами. Цифровые системы позволяют модифицировать алгоритмы управления в процессе разработки и эксплуатации, реализовывать процедуры автоматической калибровки; цифровые платформы не подвержены влиянию температурных и временных уходов. Кроме того, нет альтернативы цифровой системе для реализации алгоритмов расчётов на основе математической модели оборудования.

В качестве аппаратной платформы в подобных приложениях (управление сервоприводами, коррекция коэффициента мощности, управление преобразователями в системах генерации энергии на основе возобновляемых источников) часто используются микросхемы, с некоторых пор получившие название цифровых сигнальных микроконтроллеров (Digital Signal Controllers, ЦСМ). Это – относительно новый класс вычислительных платформ уровня микросхемы со стоимостью в диапазоне от полутора до нескольких десятков долларов США. Их отличительной особенностью является сочетание достоинств микроконтроллера (МК) и цифрового процессора обработки сигналов (ЦПОС).

От микроконтроллеров в конструкциях ЦСМ унаследованы высокая интеграция подсистем, упрощающая создание законченной аппаратной платформы, приспособленность архитектуры к выполнению функций управления веду-

щего приложения, широкие возможности использования высокоуровневых языков программирования (прежде всего С) и компактность кода при написании приложений управления. (В сравнении с микроконтроллером, ЦПОС до недавнего времени проигрывал в удобстве программирования, а фрагменты кода, написанные для поддержки логических переходов и операций ввода/вывода, превосходили по своему объёму функциональные аналоги для МК.)

От цифровых процессоров обработки сигналов ЦСМ взяли технологии цифровой обработки сигналов (ЦОС) в режиме реального времени при малом энергопотреблении. Это достигается за счёт специализированных узлов, типичным примером которых является модуль MAC (умножение с накоплением), разделения памяти инструкций и памяти данных (гарвардская архитектура или усовершенствованная гарвардская архитектура), специальных приёмов адресации.

Следует отметить, что поставщики ЦСМ стремятся упростить использование нового класса микросхем теми разработчикам, которые ранее специализировались в области МК или ЦПОС. С этой целью обеспечивается преемственность инструментария для разработки приложений, предлагаются программные библиотеки, реализующие стандартные алгоритмы (например, общеупотребительные коммуникационные протоколы или типовые алгоритмы ЦОС) и некоторые специальные возможности, что позволяет достаточно быстро освоить новые платформы и сделать первую итерацию в написании приложения.

В качестве примеров можно упомянуть сквозную применимость инструментария компаний Microchip и Texas Instrument (TI). У первой – это интегрированная среда разработки (IDE) MPLAB; TI предлагает использовать для разработки приложений для своих ЦСМ семейства C28x универсальную IDE для ЦПОС Code Composer Studio. Говоря о программной поддержке ЦСМ от TI, следует упомянуть библиотеку IQ-Math Library, представляющую собой набор оптимизированных ма-

тематических функций для расчётов с высокой точностью, которая позволяет упростить перевод алгоритмов, написанных под формат данных с плавающей запятой, в форму, пригодную для использования на платформе с фиксированной запятой.

Расширяется поддержка операций ЦОС процессорами с архитектурой ARM. В конце 2010 г. компания ARM Holdings plc представила вторую версию своего стандарта Cortex Microcontroller Software Interface Standard (CMSIS), который является спецификацией уровня аппаратных абстракций (hardware abstraction layer), включающей библиотеку реализации алгоритмов ЦОС (CMSIS-DSP Library). Последняя написана на языке Си и поставляется в исходных текстах, что позволяет адаптировать её компоненты под особенности конкретных приложений. Библиотека CMSIS-DSP включает векторные операции, алгоритмы фильтрации, управления (включая PID-контроллер), преобразования Фурье и ряд других типовых алгоритмов, большинство из которых реализованы в вариантах с поддержкой форматов данных с фиксированной и плавающей запятой.

Алгоритмы оптимизированы для реализации на процессорах с ядрами Cortex-M3 и Cortex-M4. Последнее ядро поддерживает набор инструкций ARM DSP SIMD (Single Instruction Multiple Data) и может содержать модуль поддержки операций с плавающей запятой.

Специализированная библиотека алгоритмов ЦОС поддерживается и таким известным поставщиком процессорных IP-ядер, как компания MIPS Technologies, архитектура которой включает расширение набора инструкций ЦОС MIPS DSP ASE. Уместно напомнить, что компания Microchip, выделяющаяся среди поставщиков ЦСМ своим системным подходом к созданию подобных конструкций, наряду с ЦСМ семейств dsPIC30F/33F предлагает семейство 32-разрядных микроконтроллеров «общего назначения» PIC32 на основе ядра MIPS32 M4K начального уровня в линейке предложений MIPS Technologies. Это ядро, по мнению экспертов BDTI (Berkeley Design Technology, ведущая организация по тестированию характеристик процессоров) [2], превосходит возможности ядра Cortex-M3 в части реализации простейших типовых функций ЦОС, которые востребованы

при создании приложений для встраиваемых систем, в основе которых лежат аппаратные платформы, особенно критичные к стоимости и энергопотреблению. Сегодня даже в МК на основе архитектуры 8051 мы можем найти модуль MAC (см. рис. 1), позволяющий существенно ускорить проведение расчётов для ряда типичных алгоритмов ЦОС, а среди микроконтроллеров, помимо ЦСМ, уместно выделить особый класс приборов, которые можно назвать микроконтроллерами с расширенными функциями поддержки ЦОС.

В качестве примера можно привести МК семейств C8051F12x и C8051F36x компании Silicon Laboratories. Их ресурсы (вычислительное ядро 8051 архитектуры с пиковой производительностью 100 MIPS, блок умножения с накоплением 16×16 MAC, использующий два такта на операцию умножения) позволяют эффективно реализовывать расчёты КИХ-фильтров, алгоритм Гертцеля (Goertzel algorithm), используемый, например, для декодирования двухчастотных сигналов тонального набора телефонного номера (DTMF decoding), преобразование Фурье (FFT algorithm). Последний

**ОАО "ВЗПП-С" - ОДИН ИЗ КРУПНЕЙШИХ ПОСТАВЩИКОВ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ**

**ОСНОВНАЯ ВЫПУСКАЕМАЯ ПРОДУКЦИЯ:**

- ИЗДЕЛИЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ В Т.Ч. ПАИС;
- МОЩНЫЕ ВЧ И СВЧ - ТРАНЗИСТОРЫ, В Т.Ч. СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ;
- ШИРОКАЯ НОМЕНКЛАТУРА ИЗДЕЛИЙ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ:
  - МОЩНЫЕ ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ;
  - МОЩНЫЕ ДИОДЫ ШОТТКИ;
  - МОЩНЫЕ БЫСТРОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЕСЯ ДИОДЫ;
- ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ МОДУЛИ ОДНОФАЗНЫХ МОСТОВ;
- СИЛОВЫЕ МОДУЛИ НА ОСНОВЕ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ И ДИОДОВ;
- СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПЯЖЕНИЯ.

Тел./факс: (473) 227-92-52  
223-69-51  
e-mail: market@vzpp-s.ru  
http://www.vzpp-s.ru

Адрес: 394033, г. Воронеж, Ленинский пр-т, д.119а, ОАО "ВЗПП-С"

**ОАО "ВОРОНЕЖСКИЙ ЗАВОД ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ - СБОРКА"**

Реклама

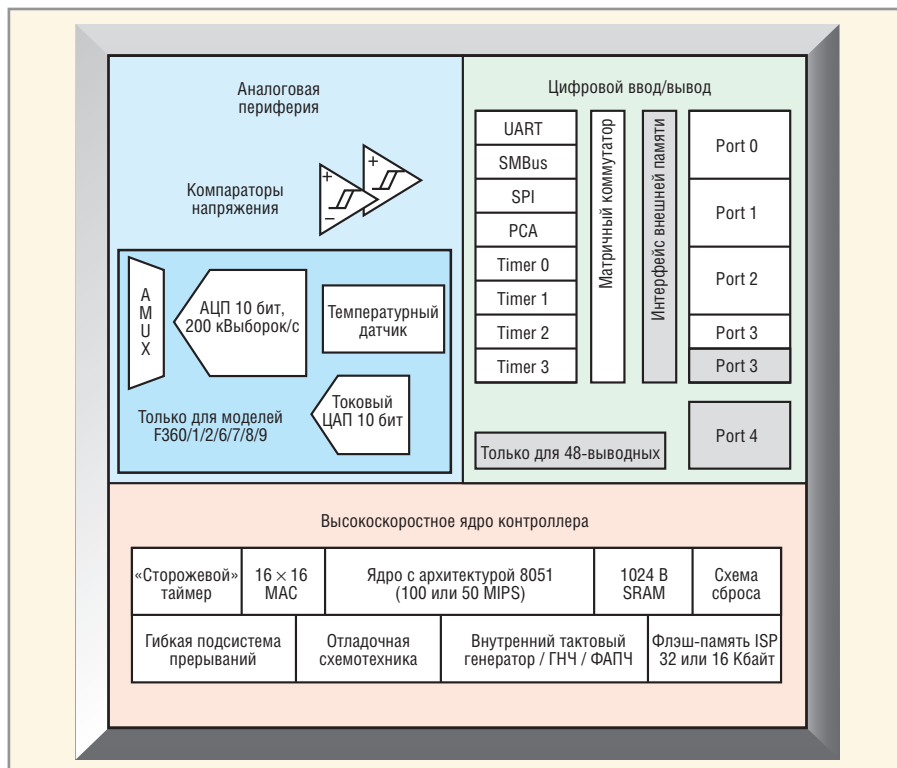


Рис. 1. Блок-схема конструкции микроконтроллера C8051F369

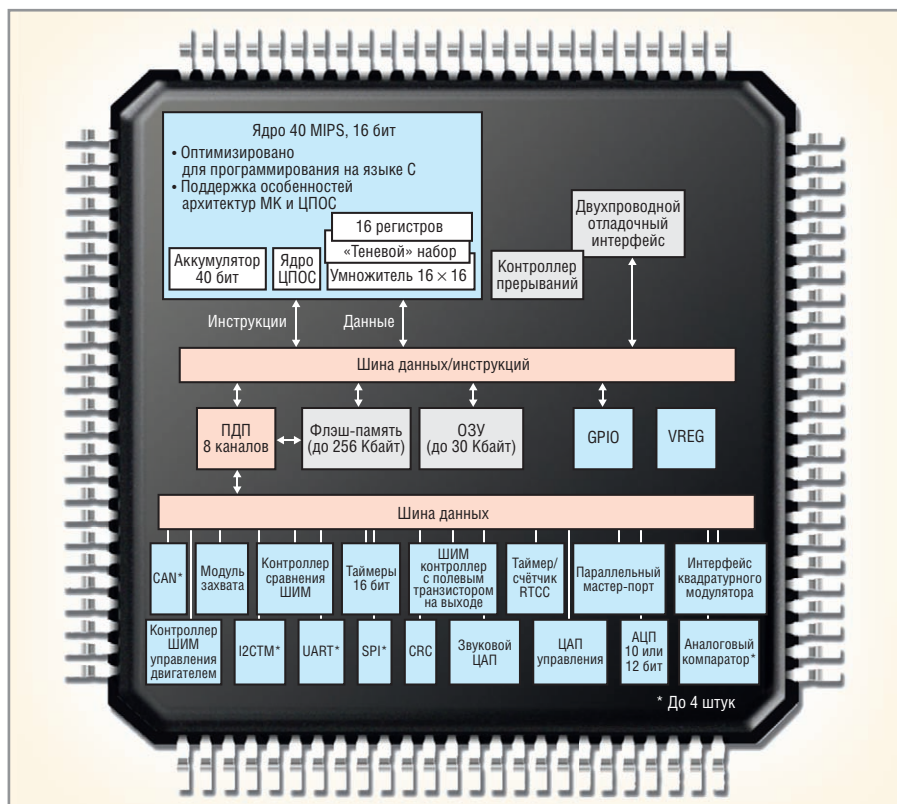


Рис. 2. Блок-схема базовой конструкции микросхем семейства dsPIC33F

алгоритм, в частности, может быть выполнен в два раза быстрее и с использованием меньших ресурсов памяти, по сравнению с его реализацией без модуля MAC. При расчёте КИХ-фильтра 20-го порядка расходуется менее 10% ресурсов вычислительного ядра, что позволяет сократить энергопотребление; расчёты на основе алгоритма Герт-

целя при использовании MAC можно проводить вдвое быстрее.

Однако включение специализированной аппаратной поддержки ускорения одной лишь, пусть и весьма распространённой, операции в микроконтроллерах компании Silicon Laboratories принципиально отличается от системного подхода к проблеме, проде-

монстрированного компанией Microchip. Когда в 2000 г. эта компания представила своё видение концепции ЦСМ, было заявлено, что новые микросхемы не окажутся микроконтроллерами, в конструкцию которых просто добавлен модуль MAC. Архитектура новых приборов dsPIC30 создавалась «с нуля», с учётом того, что они должны поддерживать типовой набор возможностей ЦПОС (наряду с MAC, это технология сдвигового регистра и усовершенствованные возможности адресации) и при этом сохранить преимущество с архитектурой PIC18.

Для входа на новый рынок компания Microchip Technology даже сформировала специальное подразделение. Созданное его специалистами 16-разрядное ядро dsPIC30F имеет два класса команд: микроконтроллерные инструкции и команды цифровой обработки сигналов. Оба класса равноправно интегрированы в архитектуру контроллера и обрабатываются одним ядром, которое построено на основе модифицированной гарвардской архитектуры, имеет 40-разрядное АЛУ, поддерживает команды умножения  $17 \times 17$  за один цикл ( $16 \times 16$  для умножения со знаком) и имеет два аккумулятора разрядностью 40 бит.

Память данных контроллеров dsPIC разделена на два блока (X и Y), и каждый блок памяти данных имеет независимый модуль генерации адресов. Микроконтроллерные команды могут работать только с X-областью памяти, инструкции ЦОС работают с обеими областями памяти и поддерживают доступ к двум операндам из разных областей памяти. Для ряда инструкций dsPIC возможно одновременное чтение, обращение к данным в памяти, к рабочему регистру и запись результата в память. В ЦСМ dsPIC30F реализованы различные типы адресации, а система команд оптимизирована для программирования на языке C. Ядро ЦСМ другого семейства ЦСМ dsPIC33F (см. рис. 2) компании Microchip полностью аналогично ядру dsPIC30F, за исключением того, что команда выполняется вдвое быстрее (за два такта).

Семейства полностью совместимы по набору инструкций, программной модели и способам адресации, что позволяет использовать библиотеки и исходные коды программ, написанные для dsPIC30F. В микросхеме dsPIC33F переработана система тактирования, реализована ФАПЧ с дробным коэффициентом

том умножения, конфигурируемым программно, что позволяет получить набор частот от 12,5 до 80 МГц с шагом 0,25 МГц. В составе периферии микросхем семейства dsPIC33F могут быть до девяти 16-битных таймеров общего назначения, до восьми модулей захвата, до восьми 16-битных модулей сравнения/генерации ШИМ, интерфейс квадратурного модулятора, до двух АЦП с конфигурируемой разрядностью, интерфейсы SPI, I<sup>2</sup>C и CAN. В семействе предлагаются микросхемы, оснащённые ЦАП, позволяющим создавать звуковые подсистемы голосового качества.

Высокое быстродействие и эффективная система команд позволяет использовать ЦСМ dsPIC30F/33F в широком спектре приложений реального времени для обработки данных с датчиков, управления электродвигателями и преобразователями питания, а также в задачах распознавания речи и эхо-подавления, биометрической идентификации по отпечаткам пальцев.

Некоторые весьма известные компании предлагают микросхемы микроконтроллерного класса с весьма глубокой встроенной поддержкой алгоритмов ЦОС, не применяя к ним, однако,

термин ЦСМ. Компания Infineon уже несколько лет предлагает микросхемы семейства TriCore (например, TC1130), поддерживающие операции с плавающей запятой и такие технологии ЦПОС, как двоично-инверсную адресацию (bit reversed addressing) и циклический буфер (circular buffer), и используя для них термин «микроконтроллер» или «микроконтроллер реального времени».

Компания Analog Devices представляет микросхемы семейства Blackfin как конвергентные процессоры (convergent processor). С 2009 г. в лексиконе специалистов корпорации TI появился термин «микроконтроллер реального времени» применительно к процессорам на основе ядра F28x. Поэтому следует обращать внимание не только на терминологию поставщиков, но и выяснять, что может данный процессор и какими средствами это обеспечивается.

Среди основных поставщиков микросхем с возможностями ЦСМ числятся компании TI, Freescale Semiconductor, Microchip Technology (по данным аналитической компании Forward Concepts). Однако микросхемы с функци-

ональными возможностями и характеристиками, а также со стоимостными показателями ЦСМ предлагают также компании Atmel, Infineon, Renesas, Analog Devices, Fujitsu и с недавних пор NXP.

К классу ЦСМ не принято относить процессоры платформ DaVinci и OMAP (Open Multimedia Applications Platform) корпорации Texas Instruments и процессоры Freescale на основе архитектуры Power с сопроцессором AltiVec. Возможно потому, что их производительность избыточна, а периферия не оптимизирована для целевых промышленных приложений ЦСМ, хотя возможности архитектуры позволяют совместить функции управления и цифровой обработки сигналов.

### Конструктивные особенности ЦСМ

Обобщёнными особенностями приложений, для которых созданы ЦСМ, являются широкий динамический диапазон значений сигналов, с которыми приходится работать процессорам и их периферийным подсистемам, разнообразие их природы (напряжение, время, частота), малая длительность



## Инновационный подход к проектированию электроники





**ТороR версия 5.2 NEW**  
Топологический трассировщик печатных плат



**SimOne**  
Моделирование электронных схем

**Выставка Radel**  
23-25 ноября 2011 г.  
место: E3  
Санкт-Петербург  
Петербургский СКК,  
пр. Гагарина, д. 8

Реклама

Санкт-Петербург Тел.: +7 (812) 448-0444 • Факс: +7 (812) 448-0339 • info@eremex.ru • www.eremex.ru  
Москва Тел.: +7 (495) 232-1864 • Факс: +7 (495) 232-1654 • info@eremex.ru • www.eremex.ru

временных интервалов, отводимых на математическую обработку и реализацию управляющих воздействий, разнообразие целей таких управляющих воздействий.

Если в качестве типового приложения рассмотреть управление электродвигателем, то, как поясняется [1], для нормального функционирования привода необходимо ограничивать момент и ток двигателя допустимыми значениями в переходных процессах пуска, торможения и приложения нагрузки. Далее, в зависимости от области применения электропривода, в широчайших пределах могут изменяться требования к диапазону и точности регулирования скорости. В механизмах, испытывающих значительные рабочие перегрузки, необходимо непрерывно регулировать момент двигателя для ограничения динамических ударных нагрузок, тогда как в электроприводах металлообрабатывающих станков и намоточных машин требуется точная регулировка усилия.

Для решения задач регулирования скорости и момента в современном электроприводе применяют методы скалярного или векторного управления. Первый относительно прост в реализации, но управление моментом на его основе инерционно, и, кроме того, при скалярном управлении нельзя регулировать одновременно и момент, и скорость [1]. Векторное управление реализовано на алгоритмах, которые требуют больших вычислительных ресурсов процессора для математических расчётов и собственно функций управления. Все эти операции должны выполняться в режиме реального времени (характерное время составляет около 50 мкс), для чего требуется достаточно мощный процессор.

Иногда дополнительно к непосредственному управлению двигателем, приходится реализовать и другие функции. Например, для предотвращения проникновения в сеть нежелательных гармоник необходимо производить

коррекцию коэффициента мощности. Высокопроизводительный ЦСМ позволяет реализовать схему корректора коэффициента мощности как дополнительную функцию, не снижая эффективность основной функции векторного управления электродвигателем. Это позволяет обойтись без дополнительного контроллера корректора коэффициента мощности, что снижает стоимость системы.

В отличие от рекомендуемого [1] подхода к построению системы управления электродвигателем на основе двух и более процессоров с умеренными требованиями к каждому, сегодня более предпочтительными оказываются решения на базе однопроцессорных платформ, которые на практике оказываются не дороже и не сложнее в программировании. При этом в качестве процессора выступает либо СпК-микросхема на основе усовершенствованного ядра ЦСМ, поддержанного специализированными сопроцессорами, либо (с появлением микросхем LPC4300) многоядерная микросхема с гетерогенными вычислительными ресурсами.

Алгоритмы векторного управления (как, впрочем, и ряд других, благодаря которым и появилась концепция ЦСМ) являются сложными с математической точки зрения, поэтому при выборе процессора недостаточно просто оценить такую характеристику, как производительность в MIPS. Требуется более глубокий анализ того, что стоит за объявленной производительностью. Основным требованием является возможность выполнять вычисления равномерно. Даже если микроконтроллер имеет поддержку операции MAC и выполняет её за один цикл, зачастую узким местом становится шина, которая не успевает передать данные, требуемые для выполнения этой операции, за один цикл, что растягивает её выполнение на несколько программных циклов.

В целом при выборе ЦСМ, наряду с формальными показателями в виде мак-

симальной тактовой частоты (в МГц) и производительности (в MIPS или Мфлопс), приходится анализировать формат данных (фиксированная запятая или плавающая запятая), разрядность представления данных и разрядность шин передачи данных внутри микросхемы, особенности аппаратных усовершенствований ядра ЦСМ и набора специализированных инструкций, наличие средств аппаратной поддержки/ускорения алгоритмов расчёта и управления. Все эти показатели приходится рассматривать с учётом сложности программирования, обеспечения необходимых погрешностей данных при их сборе, оцифровке и проведении расчётов, ограничений в производительности процессора и допустимой стоимости законченной платформы.

Поддержка формата данных с плавающей запятой и большая разрядность (от 32 бит) позволяют сократить число циклов на реализацию алгоритмов и объём кода, а также упростить программирование, сократив время отладки. В таблице проиллюстрирована возможность сокращения количества циклов при реализации некоторых алгоритмов с использованием формата данных с плавающей запятой, поддерживаемого ЦСМ типа TMS320F2833x корпорации TI.

Большая разрядность позволяет либо без дополнительных ухищрений обеспечить необходимую точность представления данных и поддерживать погрешность вычислений на нужном уровне, либо, в дополнение к этому, сократить количество циклов при реализации некоторых алгоритмов. Так, поддержка 32-разрядной MAC-операции ЦСМ позволяет выполнить две 16-разрядные MAC-операции за один цикл.

Использование ЦСМ с большой разрядностью, поддерживающих формат данных с плавающей запятой, стало естественным путём сокращения трудозатрат при написании приложения. С развитием технологий микроэлектронного производства, снижающих стоимость микросхем, стоит уделить пристальное внимание именно 32-разрядным платформам ЦСМ. Однако и в этом случае следует анализировать конкретные реализации формата с точки зрения обеспечения необходимой точности представления данных: если в 32-разрядном представлении числа в формате с плавающей запятой под мантиссу отведено 24 разряда, то разрешение окажется меньше, чем в

#### Сокращение количества циклов при реализации некоторых алгоритмов при использовании формата данных с плавающей запятой

Операция	Число циклов/ядро C28x/ 32 бита/фиксированная запятая	Число циклов/ядро F2833x/ 32 бита/плавающая запятая	Отношение числа требуемых циклов
Деление	70	24	2,92
Извлечение квадратного корня	60	27	2,56
Синус, косинус	92	44	2,09
Арктангенс (Atan2)	118	53	2,33
Комплексное преобразование Фурье (FFT complex (256))	27 000	11 000	2,45
БИХ-фильтр (IIR cascaded)	14 на фильтр	8 на фильтр	1,75

случае 32-разрядного представления в формате с фиксированной запятой.

Сегодня в сегменте 32-разрядных ЦСМ существуют различные предложения. Среди них есть приборы, основанные на внутрифирменных архитектурах компаний Renesas (ядро SH-2A), Fujitsu (ядро FR60), Atmel (семейство AVR UC3), и открытые архитектуры (в первую очередь, ARM и MIPS), которые по сути являются микроконтроллерами с расширенной поддержкой алгоритмов ЦОС (микросхемы Atmel, STMicroelectronics, NXP), а также приборы, реализованные на базе ЦПОС (семейства TMS320F280xx, TMS320F2833x/C2834x, TMS320F2823x/F28xx от TI и семейство Blackfin от Analog Devices).

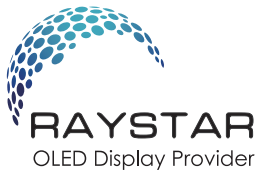
Среди «ЦПОС с возможностями управления» (по определению Analog Devices) Blackfin есть приборы BF51x с рабочей тактовой частотой до 400 МГц, в составе периферии которых, помимо широкого набора коммуникационных интерфейсов, три модуля ШИМ и интерфейс квадратурного модулятора. Микросхема BF516 поддерживает интерфейс Ethernet 10/100, а BF518 – протокол IEEE 1588, хотя целевым рынком для этой платформы является

всё-таки оборудование VoIP, где широко востребовано сочетание возможностей микроконтроллерного управления и поддержки функций ЦОС.

Уникальной особенностью недорогих ЦСМ семейств F2803x/F2806x от TI (семейство Piccolo, см. рис. 3) является наличие ускорителя исполнения алгоритмов управления (Control Law Accelerator, CLA), работающего независимо от ядра процессора при поддержке контуров управления. Ускоритель представляет собой 32-разрядный сопроцессор, поддерживающий операции с плавающей запятой, оснащённый контроллером прерываний и возможностью обмена данными с подсистемами ШИМ и АЦП, минуя основное вычислительное ядро. Наиболее функциональные ЦСМ F2806x в бюджетном семействе микросхем Piccolo (тактовая частота до 80 МГц) также содержат модули для проведения операций с данными в формате с плавающей запятой и алгоритма преобразования Витерби (Viterbi), что позволяет эффективно реализовывать, например, коммуникации по силовой проводке (семикратное ускорение по сравнению с чисто программным решением).

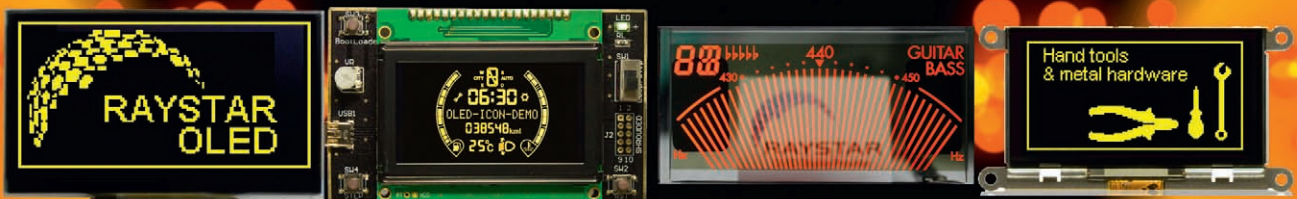
Стоимость микросхем F2806x в партиях от 1000 шт. начинается приблизительно с 5 долл. США. Их можно использовать в системах управления реального времени, таких как электроприводы, генераторы энергии на основе возобновляемых источников, транспортные средства на основе гибридных силовых установок.

Говоря о высоком уровне характеристик ЦСМ от TI, поддерживающих 32-битный формат данных с фиксированной запятой, следует отметить, что ЦСМ F2812, имея тактовую частоту 150 МГц, при работе в системе управления электродвигателем позволяет обрабатывать в реальном времени данные, собираемые при частоте дискретизации, превышающей требования критерия Найквиста в несколько раз; 12-битный аналого-цифровой преобразователь ЦСМ F2809 с частотой дискретизации 12,5 МГц позволяет получать эффективное число разрядов (ENOB) до 10,9 и сохранять его неизменным во всем диапазоне температур от -40 до 125°C. Микросхемы TMS320C28x и TMS320F28x поддерживают технологию ШИМ с 16-битным разрешением при частоте в контуре управления 100 кГц и 12-бит-



## Лучшая замена ЖК-панелям

### OLED-дисплей Raystar



Специсполнение по ТЗ заказчика

Прозрачные модели

АВТОМОБИЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА • СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ • ИЗМЕРИТЕЛИ МОЩНОСТИ • БЫТОВАЯ ТЕХНИКА • МЕДИЦИНСКИЕ ПРИБОРЫ

#### Характеристики

- Яркость экрана от 500 до 2000 кд/м<sup>2</sup>, обеспечивает считывание изображения при ярком солнечном свете
- Высокий контраст 2000:1
- Широкий угол обзора до ±175°
- Цвет свечения: жёлтый, зелёный, красный, белый, синий
- Формат изображения: 122×32, 128×64, 240×64, 256×64 и 96×64 точки
- Низкая потребляемая мощность: 10 мА (схемы управления — токовые)
- Светозащитная схема: не требуется система подсветки
- Короткое время отклика: 10 мкс при температуре +25°C
- Широкий диапазон рабочих температур от -40 до +80°C
- Малая толщина модуля дисплея, небольшой вес
- Срок службы: 50 000 ч для белого и синего цвета; 100 000 ч для жёлтого, зелёного, красного цветов

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ RAYSTAR OPTRONICS

PROSOFT® 20 ЛЕТ

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

Реклама

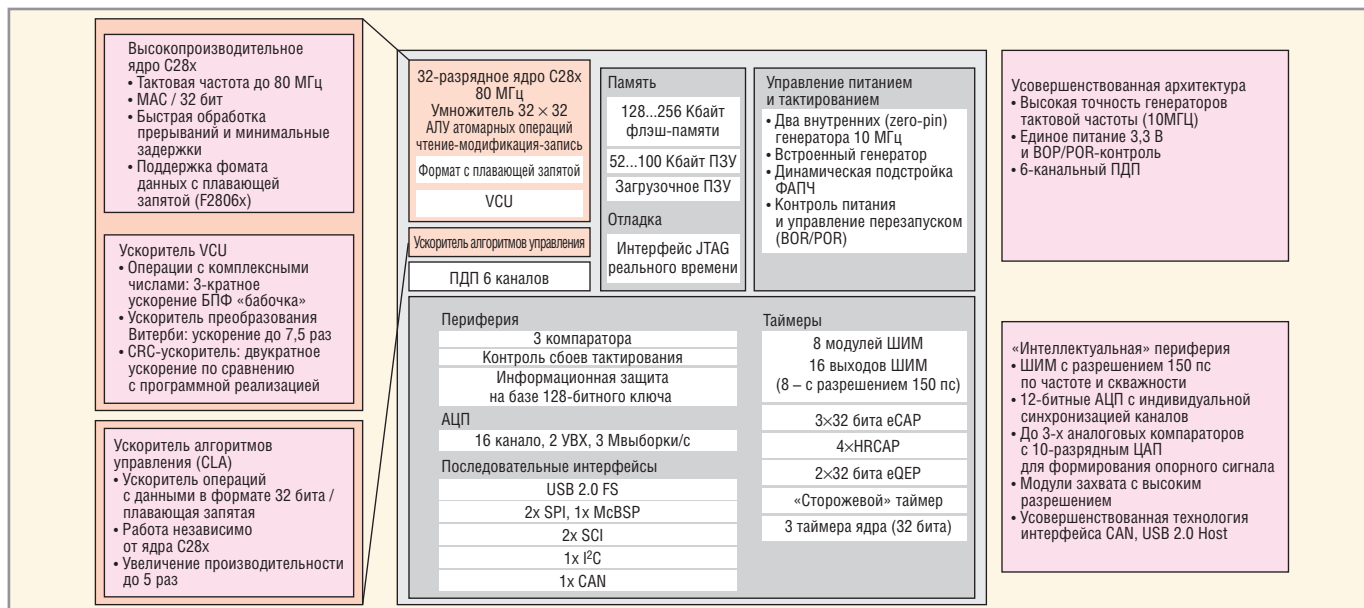


Рис. 3. Блок-схема ЦСМ семейства Piccolo компании Texas Instruments

ным при 1,5 МГц, что позволяет обеспечить «короткую» переходную характеристику с меньшими амплитудными искажениями.

В 2007 г. компания TI представила первые ЦСМ, поддерживающие операции с плавающей запятой (семейство TMS320F2833x). Центральное вычислительное ядро микросхем F2833x построено по модифицированной гарвардской архитектуре и отличается наличием двух параллельно работающих вычислителей с фиксированной и плавающей запятой. Принцип организации конвейера ЦСМ F2833x таков, что, начиная со второй стадии декодирования, конвейер раздваивается и команды для работы с данными в формате с фиксированной запятой направляются на «верхний» конвейер, а с плавающей запятой – на «нижний». Эти приборы при сравнимой стоимости уступали в производительности таким процессорам, как C67x с тактовой частотой до 350 МГц и сдвоенным блоком MAC или же ЦПОС семейства SHARC компании Analog Devices с рабочей тактовой частотой 400 МГц, также имеющим сдвоенный MAC-модуль. Однако F2833x отличались удобством программирования и интеграцией периферийных подсистем, которые были необходимы для реализации типичных приложений ЦСМ. Среди микросхем ЦСМ семейства F2833x можно найти изделия с 18 каналами ШИМ, шесть из которых поддерживают оригинальную технологию ШИМ высокого разрешения (HRPWM). Набор коммуникационных интерфейсов включает CAN, I<sup>2</sup>C, UART, SPI и McBSP

(Multi-channel Buffered Serial, многоканальный буферизированный последовательный порт).

В качестве примера микросхем класса ЦСМ с внутрифирменными архитектурами можно привести серию Fujitsu MB91470 на базе ядра FR60 (одно из последних в семействе Fujitsu RISC), в котором, по утверждению специалистов компании, были проведены работы по оптимизации работы внутренних шин.

В конструкцию MB91470 включён модуль  $\mu$ DSP (микроЦПОС). В микросхемах Fujitsu MB91470 этот модуль-сопроцессор программируется отдельно и имеет собственные ресурсы памяти для хранения программы и данных. Это позволяет главному вычислительному ядру быстро реагировать на прерывания даже при выполнении программы модулем  $\mu$ DSP, не оказывая негативного влияния на скорость её выполнения. Конструкция сопроцессора  $\mu$ DSP оптимизирована для выполнения инструкций умножения с накоплением и ряда других типовых алгоритмов ЦОС, что позволяет выполнять их за один цикл при работе на полной тактовой частоте 80 МГц. На базе MB91470/480 можно построить систему управления одним или двумя трёхфазными двигателями.

Суперскалярный микроконтроллер SH7239 компании Renesas обеспечивает производительность, характерную для недорогих ЦПОС, за счёт конструктивных особенностей, присущих цифровым сигнальным процессорам (гарвардская архитектура, специализированные возможности поддержки

алгоритмов ЦОС) и высокопроизводительным процессорам (суперскалярная архитектура ядра SH-2A, тактовая частота до 160 МГц). При этом набор инструкций SH7239 оптимизирован для высокоуровневого программирования на языке C, а время отклика на запрос прерывания составляет не более 40 нс.

Гарвардская архитектура микроконтроллера SH7239 предотвращает возникновение конфликтов на шине при извлечении инструкций и данных. Флэш-память, созданная на основе технологии MONOS (metal oxide nitride oxide silicon), позволяет работать с ней на скорости, характерной для ОЗУ; ядро SH-2A обеспечивает выполнение двух инструкций за один цикл, его работа может быть поддержана заказным модулем для выполнения операций с данными в формате с плавающей запятой с двойной точностью. В число периферийных подсистем микроконтроллера входит шестиканальный блок 16-разрядных таймеров, который позволяет организовать несколько каналов захвата/сравнения и генерировать сигналы ШИМ для управления электродвигателями (в т.ч. в режиме трёхфазной комплексной ШИМ). Дополнительные возможности управления электромоторами обеспечиваются интерфейсом квадратурного модулятора и поддержкой модулем таймера возможностей для постороения системы управления отключением двигателя.

Все упомянутые семейства ЦСМ с внутрифирменными архитектурами обладают достоинствами микросхем, конструкции и программное обеспечение которых долгое время обраба-

тывались в рамках эволюционного развития.

Наряду с внутрифирменными архитектурами, на рынке ЦСМ для промышленных применений увеличивается сегмент микросхем на базе открытых архитектур, в первую очередь ARM. Ядро Cortex-M3 может служить основой для микросхем, используемых в приложениях, обычно возлагаемых на ЦСМ. Пример – специализированный микроконтроллер TMPM370FYFG компании Toshiba. Конструкция этого МК на основе ядра Cortex-M3 позволяет реализовать алгоритмы векторного управления двигателями благодаря интегрированному аппаратному ускорителю Vector Engine и схемотехническому решению двухканального программируемого драйвера двигателя (Programmable Motor Driver, PMD), разработанного Toshiba для управления трёхфазными моторами. В составе периферии TMPM370FYFG – двухканальный интерфейс квадратурного модулятора, ОУ и компаратор для реализации аварийного останова, многоканальный 12-разрядный АЦП с временем преобразования 2 мкс, многоканальный 16-разрядный таймер, SIO/UART (4 канала), схема перезапуска питания, контроля напряжения и детектор частоты колебаний.

Но если конструкция прибора TMPM370FYFG является сочетанием открытой архитектуры и внутрифирменного ускорителя и драйвера, то ЦСМ типа LPC43xx компании NXP – это существенно открытое решение, в котором алгоритмы ЦОС реализуются на базе ядра ARM Cortex-M4, а второе ядро этой микросхемы – Cortex-M0 – позволяет организовать конфигурируемую подсистему ввода/вывода с развитыми возможностями.

Особенностями архитектуры Cortex-M4 является поддержка исполнения за один цикл операций MAC и SIMD (Single Instruction Multiple Data), арифметических операций с насыщением (saturating arithmetic instructions) и возможность интеграции в ядро модуля вычислений в формате с плавающей запятой с одинарной точностью. Производительность 32-разрядного процессора на базе ядра Cortex-M4 может достигать 1,25D MIPS/МГц (набор инструкций Thumb-2).

Ядро Cortex-M0 составляет третью часть ядра Cortex-M3 (12 000 эффективных вентилях против 43 000), оснащено трёхступенчатым конвейером с 32-разрядной шиной данных и поддерживает

32 прерывания с четырьмя приоритетами. В числе первых лицензиатов нового ядра – компании NXP, STMicroelectronics, Texas Instruments и Freescale Semiconductor. И если для двух последних использование Cortex-M4 в качестве основы для ЦСМ может создать проблемы внутренней конкуренции, то для первых двух это ядро – «золотой ключик» для открытия новой ниши.

Развитие ЦСМ на базе архитектуры ARM только начинается. Но с учётом размеров «экосистемы» ARM Connected Community (свыше 800 компаний,

среди которых разработчики и производители, создатели «железа» и программных продуктов, законченных платформ и средств разработки приложений и встроенных систем) оно имеет хорошие перспективы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Современные преобразователи частоты: методы управления и аппаратная реализация. Силовая электроника. 2004. № 1. С. 50–54.
2. An Independent Analysis of the MIPS Technologies MIPS32 M4K Synthesizable Processor Core. BDTI, 2007.



[www.prosoft.ru/ocd](http://www.prosoft.ru/ocd)

## WIND RIVER

### Комплекс внутрисхемной отладки Wind River OCD

- Мощное JTAG-решение для полного цикла разработки устройств
- Исчерпывающая информация об устройстве вне зависимости от его состояния и работоспособности ОС
- Поддерживает многопоточность и многоядерные процессоры
- Интегрированная среда на базе Eclipse
- Совместим с ОС VxWorks, Wind River Linux и ThreadX

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ WIND RIVER**

**ProSOFT® 20 ЛЕТ**

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

Реклама

# Монолитные интегральные схемы СВЧ на основе технологии GaAs MESFET

Алексей Голиков, Евгений Копылов, Татьяна Голикова (г. Томск)

С развитием технологии MESFET на GaAs стало возможным производство интегральных схем СВЧ. В России лишь несколько предприятий не утратили технологию производства ИС и модулей с рабочими частотами свыше 100 ГГц. В данной статье описаны интегральные схемы UHF- и S-диапазонов – усилителей промежуточной частоты, усилителей мощности, двойных балансных активных модуляторов и демодуляторов, коммутаторов – в корпусном и бескорпусном исполнении. Приборы реализованы на основе технологии GaAs MESFET с проектными нормами 0,5 мкм.

## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день большинство монолитных интегральных схем (МИС) СВЧ изготавливается по технологии GaAs pHEMT, использование которой позволяет реализовать великолепные характеристики схем СВЧ-тракта (усилителей, смесителей, модуляторов, коммутаторов и т.д.) вплоть до диапазона частот Ка. Появляются и сравнительно новые технологии для реализации узкого круга задач, например, технология GaN HEMT для построения усилителей мощности.

Когда отечественные производители электронной компонентной базы начали осваивать новые технологии и верхние диапазоны частот, остался незаполненным сегмент рынка монолитных ИС UHF-, L- и S-диапазонов частот. Используя технологию МИС, основанную на полевых транзисторах Шоттки (GaAs MESFET) с проектными

нормами длины затвора 0,5 мкм, в ОАО «НИИПП» была разработана серия универсальных микросхем СВЧ для диапазонов UHF и S: усилители промежуточной частоты, усилители мощности, двойные балансные активные модуляторы и демодуляторы, коммутаторы в корпусном и бескорпусном исполнении.

## УСИЛИТЕЛИ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ

Для обеспечения широкополосного согласования, МИС выполнена по двойной каскадной схеме и предназначена для использования в качестве универсального усилителя в трактах ПЧ, когда необходимо обеспечить высокую равномерность коэффициента передачи и низкий коэффициент шума. Микросхема согласована по входу и выходу и имеет КСВН не хуже 1,5 в рабочей полосе частот. Основные па-

раметры микросхемы приведены в таблице 1.

## ДВОЙНЫЕ БАЛАНСНЫЕ МОДУЛЯТОРЫ/ДЕМОДУЛЯТОРЫ

Микросхемы выполнены по активной дифференциальной схеме Гильберта, входные фазорасщепители для формирования синфазно-противофазных сигналов LO и RF интегрированы в кристалл ИС. Выходной каскад построен по дифференциальной схеме, питаемой генератором тока, что позволяет реализовать разнообразные схемы включения и получить как широкополосный тракт с низкой неравномерностью сигнала ПЧ, так и узкополосный, с коэффициентом преобразования несколько десятков децибел.

Микросхемы 6405ПС1-2 предназначены для использования в цепях, реализующих функцию аналогового перемножения сигналов (смесители, модуляторы, демодуляторы, синхронные и фазовые детекторы, аттенюаторы, цепи АРУ, фазовые модуляторы/манипуляторы и др.), и могут быть эффективно использованы в режимах модуляции А1А-А2В, J2А, J2В, R2А, H2А, H2В, А3Е, R3Е, H3Е, J3Е, В8Е, А3С, R3С, J3С, А3Е, С3Е, J3Е, а также для BPSK, QPSK и их синхронной демодуляции. Основные параметры микросхемы приведены в таблице 2.

## УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ

С целью обеспечения высокой линейности передаточной характеристики и оптимизации коэффициента полезного действия двухтактный выходной каскад ИС работает в классе А и реализован по дифференциальной схеме, питаемой генератором тока. Входной каскад ИС выполнен в виде несимметричного токового моста, обеспечивающего согласованную синфазную подачу сигнала и синфазно-противофазный ток нагрузки каскада. Усилитель предназначен для широкого класса устройств, идеально подходит для симметричных фидеров, дипольных антенн и в качестве предварительного каскада для балансных усилителей мощности. Основные па-

Таблица 1. Типовые характеристики МИС 6405УР1 и 6405УР2

Характеристики	6405УР1	6405УР2
Частотный диапазон, ГГц	0,01...2	
Коэффициент усиления, дБ	18...20	12...14
Точка 1-дБ компрессии по выходу, дБм	10	5
Коэффициент шума, дБ	3...4	
Уровень интермодуляционных искажений третьего порядка, дБм	24	20
Напряжение питания и ток потребления, В/мА	12/50	5/50

Таблица 2. Типовые характеристики МИС 6405ПС1 и 6405ПС2

Тип микросхемы	6405ПС1	6405ПС2
Частотный диапазон RF, LO, IF, ГГц	0,01...3	
Коэффициент преобразования SSB, дБ	-2	-4
Точка 1-дБ компрессии по выходу, дБм	10	
КСВН входов RF и LO, дБ	1,5	Высокоомные входы
Уровень интермодуляционных искажений третьего порядка на входе RF, дБм	22	15
Напряжение питания и ток потребления, В/мА	4...5/70	9...12/60

параметры микросхемы приведены в таблице 3.

## ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ СВЧ

Схемы выполнены на GaAs ПТШ и отличаются крайне низкой потребляемой мощностью и широкой полосой рабочих частот, начинающейся от постоянного тока. Напряжение управления составляет 0/-5 В, однако легко преобразуется в уровни TTL при помощи несложной схемы. В стандартном включении, ИС не требует внешних элементов. Микросхема разработана для построения симплексных приёмопередатчиков, матриц переключателей для радио- и сотовой связи, систем импульсно-кодовой модуляции, глобального позиционирования (GPS/ГЛОНАСС) и портативных систем. Приборы выпускаются в бескорпусном исполнении и в стандартном пластиковом корпусе SO-8. Основные параметры микросхемы приведены в таблице 4.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная номенклатура микросхем позволяет производить современные изделия военной техники, проводить их модернизацию и реали-

Таблица 3. Типовые характеристики МИС 6405УВ1 и 6405УВ2

Тип микросхемы	6405УВ1	6405УВ2
Частотный диапазон, ГГц	0,01...2	
Коэффициент усиления, дБ	23	26
Точка 1-дБ компрессии по выходу, дБм	23	26
КСВН входа, дБ	1,4	
Уровень интермодуляционных искажений третьего порядка, дБм	38	41
Напряжение питания и ток потребления, В/мА	4/95, 10/100	4/120, 12/140

Таблица 4. Типовые характеристики МИС 6405КП1 и 6405КП2

Тип микросхемы	6405КП1 (корпус SO-8)	6405КП2 (бескорпусная)
Частотный диапазон, ГГц	0...2	0...6
Прямые потери в открытом канале, дБ	1...1,5	
Изоляция закрытого канала, дБ	25...27	
Точка 1-дБ компрессии по выходу, дБм	25	27
КСВН входов/выходов в открытом состоянии	1,1...1,25	
КСВН входов/выходов в закрытом состоянии	1,2...1,5	1,2...1,4
Уровень интермодуляционных искажений третьего порядка, дБм	38	41
Напряжение управления и ток потребления по цепи управления, В/мкА	-5/20	

зовывать программы по замещению импорта (аналоги продукции фирм Hittite, M/ACom Technology, Mini-Circuits и др.). Отметим, что предприятие готово к выпуску не только серийных, но и заказных ИС по технологии GaAs, оптимизированных под задачи потребителя. Так, по заказу были разрабо-

таны схемы цифрового быстродействующего пятиразрядного программируемого делителя частоты и ВПСК-модулятора с низкой потребляемой мощностью. Готовятся к серийному выпуску ИС квадратурных модуляторов и демодуляторов, частотно-фазового детектора.

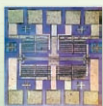


ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ «РОСТЕХНОЛОГИИ»  
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «РОССИЙСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»



Открытое акционерное общество  
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ»

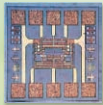
### ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ СВЧ



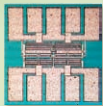
■ МАЛОШУМЯЩИЕ УСИЛИТЕЛИ НА РАБОЧИЕ ЧАСТОТЫ ДО 2 ГГц



■ ДЕЛИТЕЛИ ЧАСТОТЫ НА РАБОЧИЕ ЧАСТОТЫ ДО 0,5 ГГц



■ ОГРАНИЧИТЕЛИ МОЩНОСТИ НА РАБОЧИЕ ЧАСТОТЫ ДО 22 ГГц



■ УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ НА РАБОЧИЕ ЧАСТОТЫ ДО 10,5 ГГц

■ УСИЛИТЕЛИ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ НА РАБОЧИЕ ЧАСТОТЫ ДО 2 ГГц

■ СХЕМЫ СМЕШЕНИЯ ПО ПОСТОЯННОМУ ТОКУ НА РАБОЧИЕ ЧАСТОТЫ ДО 40 ГГц

■ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ НА РАБОЧИЕ ЧАСТОТЫ ДО 40 ГГц

■ ДВОЙНЫЕ БАЛАНСНЫЕ МОДУЛЯТОРЫ/ДЕМОДУЛЯТОРЫ НА РАБОЧИЕ ЧАСТОТЫ ДО 3 ГГц

■ ДВОЙНЫЕ БАЛАНСНЫЕ МОДУЛЯТОРЫ/ДЕМОДУЛЯТОРЫ НА РАБОЧИЕ ЧАСТОТЫ ДО 3 ГГц

### МОДУЛИ СВЧ ВОЛНОВОДНО-ПОЛОСКОВОЙ КОНСТРУКЦИИ



■ ШИРОКОПОЛОСНЫЕ БАЛАНСНЫЕ СМЕСИТЕЛИ НА РАБОЧИЕ ЧАСТОТЫ 26-178 ГГц



■ КОМБИНИРОВАННЫЕ БАЛАНСНЫЕ СМЕСИТЕЛИ НА РАБОЧИЕ ЧАСТОТЫ 130-150 ГГц



■ МОДУЛЬ СВЧ ПРИЕМОПЕРЕДАЮЩИЙ ТРЕХМИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН

■ ШИРОКОПОЛОСНЫЕ ДВУХКАНАЛЬНЫЕ СМЕСИТЕЛИ НА РАБОЧИЕ ЧАСТОТЫ 0,95-18 ГГц

■ СВЧ МОДУЛЬ ПРИЕМОПЕРЕДАЮЩИЙ ДЛЯ БЛИЖНЕЙ РАДИОЛОКАЦИИ НА РАБОЧИЕ ЧАСТОТЫ 58-64 ГГц

■ МОДУЛЬ СВЧ ДАЛЬНОМЕРНО-РАДИОМЕТРИЧЕСКИЙ ПРИЕМОПЕРЕДАЮЩИЙ НА РАБОЧИЕ ЧАСТОТЫ 78-119 ГГц

■ МОДУЛЬ СВЧ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПРИЕМОПЕРЕДАЮЩИЙ НА РАБОЧИЕ ЧАСТОТЫ 5-16 ГГц

Предприятие принимает заявки на заказные СВЧ модули и интегральные схемы СВЧ

ОАО «Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов»  
634034, Россия, г. Томск, ул. Красноармейская, 99 а,  
тел. отдела маркетинга: (382 2) 48 81 59,  
факс: (382 2) 55 45 47, e-mail: sneg@mail.tomsknet.ru, www.niipp.ru

Реклама

# Программируемые источники переменного тока CHROMA ATE серии 61600

Ангелина Шадейко (Москва)

В статье кратко описываются программируемые источники питания переменного тока серии 61600 компании Chroma ATE, которая является мировым лидером в области разработки и производства программируемых источников питания и электронных нагрузок средней и большой мощности.

Источники электропитания переменного тока серии 61600 (см. рис. 1) устанавливают новый стандарт для высокоэффективных источников электропитания. Они имеют богатые функциональные возможности, такие как моделирование помех в линиях электропитания, программируемый вы-

ходной импеданс, режим всесторонних измерений, синтез форм колебаний и программное обеспечение для стандартных испытаний. Кроме того, компания Chroma Ate поставляет программное обеспечение для испытаний по аэрокосмическим стандартам, включая MIL-STD-704F, RTCA DO-160D и ABD100. Всё это делает источники питания Chroma 61600 идеальными устройствами для проведения разнообразных испытаний оборудования силовой электроники, бортовой электроники и военной техники в лабораториях и на производстве.

Программируемые источники электропитания переменного тока серии 61600 выдают чистое, инструментально-точное напряжение переменного и постоянного тока. Они обеспечивают изменение во времени выходного напряжения от 0 до 300 В и частоты от 15 Гц до 1,5 кГц (см. рис. 2 и 3). Удобное в использовании программное обеспечение позволяет редактировать профиль автоматической работы источника и регистрацию измеренных данных в ходе испытаний.

Основные функциональные возможности источников серии 61600:

- режим выхода AC+DC для моделирования смещения по постоянному току;
- программируемое ограничение по напряжению и току;
- возможность измерения  $U, F, I_{rms}, I_{pk}, I_{inrush}, P_n, P_a, C_F, C_P$  и т.д.;
- высокое значение отношения  $I_{pk}/I_{rms} = 6$  (для проверки пусковых токов);
- управление фазой;
- повторный вызов девяти различных напряжений и частот одной кнопкой;
- программируемая скорость нарастания для изменения напряжения и частоты;
- аналоговый вход усилителя мощности;
- программируемый аналоговый интерфейс (по заказу);
- интерфейсы GPIB (по заказу) и RS-232 (модели 61601-61605);
- защита от перегрузки (OP), максимально-токовая (OC), от перенапряжения (OV) и перегрева (OT);

Технические параметры источников питания 6160X компании Chroma ATE

Параметры	Модель		
	61601	61602	61603
Число выходных фаз	1		
<b>Номинальные выходные параметры по переменному току</b>			
Мощность на фазу, ВА	500	1000	1500
<b>Напряжение</b>			
Предел/фаза	150 В/300 В/Auto		
Погрешность	0,2% + 0,2% (от полной шкалы)		
Дискретность, В	0,1		
Коэффициент искажений	0,3% при 50/60 Гц 1% при 15 Гц...1 кГц (тип.)		
Нестабильность по сети питания, %	0,1		
Нестабильность по нагрузке, %	0,2		
<b>Максимальный ток (в одной фазе)</b>			
Среднеквадратическое значение	4 А/2 А (150 В/300 В)	8 А/4 А (150 В/300 В)	12 А/6 А (150 В/300 В)
Пиковое значение	24 А/12 А (150 В/300 В)	48 А/24 А (150 В/300 В)	72 А/36 А (150 В/300 В)
<b>Частота</b>			
Диапазон	DC, 15 Гц...1 кГц		
Погрешность, %	0,15		
<b>Номинальные параметры выходного напряжения постоянного тока</b>			
Мощность, Вт	250	500	750
Напряжение	212 В/424 В		
Ток	2 А/1 А (212 В/424 В)	4 А/2 А (212 В/424 В)	6 А/3 А (212 В/424 В)
<b>Номинальное напряжение электропитания</b>			
Диапазон напряжений, В	90...250		
Диапазон частот, Гц	47...63		
Максимальный ток	10 А при 90 В	18 А при 90 В	22 А при 90 В
Коэффициент мощности, мин.	0,97		
<b>Измерения</b>			
<b>Напряжение</b>			
Предел/фаза	150 В / 300 В		
Погрешность	0,2% + 0,2% (от полной шкалы)		
Разрешение, В	0,1		
<b>Ток</b>			
Предел (пик.), А	24	48	72
Погрешность (с.к.з.)	0,4% + 0,3% (от полной шкалы)		
Погрешность (пик.)	0,4% + 0,6% (от полной шкалы)		
<b>Мощность</b>			
Погрешность	0,4% + 0,4% (от полной шкалы)		
Разрешение, Вт	0,1 Вт		
<b>Температура</b>			
Рабочая, °С	0...40		
Хранения, °С	-40...85		
Безопасность и ЭМС	CE (включая ЭМС и LVD)		
Размеры (В × Ш × Г), мм	133,35 × 482,6 × 569,5		
Вес, кг	20		

- графический интерфейс пользователя – программная панель (по заказу);
- включение нескольких источников по схеме ведущих – ведомый для обеспечения выходной мощности до 90 кВА.

Источники серии 61600 формируют очень чистое выходное напряжение переменного тока с типичным коэффициентом нелинейных искажений не более 0,3%. Благодаря схеме коррекции коэффициента мощности, источники обеспечивают максимальный КПД. Передовая технология цифровой обработки сигналов позволяет реализовать прецизионные и высокоскоростные измерения, например, с.к.з. напряжения и тока, активной мощности, коэффициента мощности и коэффициента амплитуды тока.

Режимы DC и AC+DC расширяют возможности использования, когда требуется постоянная составляющая переменного напряжения. Кроме того, источники электропитания серии 61600 оснащены аналоговым входом для подключения генератора сигналов произвольной формы. Тем самым, они способны моделировать

любую форму колебаний напряжения, отмеченную в условиях эксплуатации.

Благодаря ЖК-дисплею и поворотному регулятору, источники электропитания Chroma 61600 предлагают разностороннее управление с передней панели. Кроме того, пользователи могут управлять источниками дистанционно, через интерфейс GPIB, RS-232 или APG (аналогового программирования).

Программа автоматического контроля, защита от перегрузки, максимально-токовая защита, защита от перенапряжения и от перегрева гарантируют качество и надёжность при самых требовательных испытаниях.

Источники питания 61511/61512/61611/61612 позволяют работать в параллельном режиме, обеспечивая суммирование выходной мощности нескольких (максимум пяти) источников питания переменного тока. Таким образом, можно получить выходную мощность до 90 кВА. Пользователь также может использовать усилитель мощности A615103 в качестве альтернативного варианта параллель-



Рис. 1. Источник питания Chroma 61605

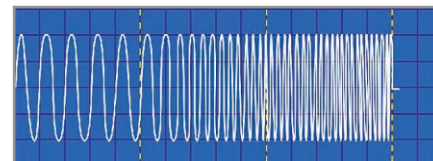


Рис. 2. Изменение частоты выходного сигнала

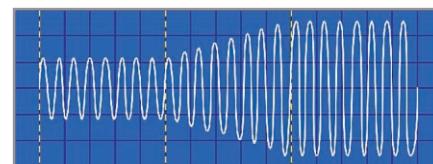


Рис. 3. Изменение амплитуды выходного сигнала

ного включения источников. Технические характеристики некоторых источников серии 61600 приведены в таблице. ©

# Chroma

## МИРОВОЙ ЛИДЕР ПО ПРОИЗВОДСТВУ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ И ЭЛЕКТРОННЫХ НАГРУЗОК

### ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

МОЩНОСТЬ ОТ 0 ДО 5000 Вт

ЭЛЕКТРОННЫЕ НАГРУЗКИ

ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

МОЩНОСТЬ ОТ 30 ДО 4500 Вт

Реклама

ЗАО «ТЕСТПРИБОР» ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ CHROMA ATE, [HTTP://WWW.CHROMAATE.COM](http://www.chromaate.com)

125480, Г. МОСКВА, УЛ. ГЕРОЕВ ПАНФИЛОВЦЕВ, Д. 24, ОФ. 718; ТЕЛ/ФАКС: (495) 225-67-37, (495) 496-95-55;  
E-MAIL: [TESTPRIBOR@TEST-EXPERT.RU](mailto:TESTPRIBOR@TEST-EXPERT.RU), [HTTP://TESTPRIBOR.PF](http://TESTPRIBOR.PF)

# Защита электрических и электронных компонентов, работающих в жёстких промышленных условиях

## Вальдемар Руф (Германия)

Для надёжной защиты электрических и электронных компонентов в жёстких промышленных условиях компания Pentair Technical Products предлагает ассортимент настенных корпусов и промышленных шкафов под маркой Hoffman. Изделия этой марки реализуются в Европе через компанию Schroff GmbH.

Корпуса Hoffman удовлетворяют самые разнообразные требования. Изделия серии CONCEPTLINE – это прочные настенные корпуса из стали, монтируемые в помещениях, со степенью защиты IP 66. В них можно устанавливать регулируемые по глубине 19" уровни или монтажные панели. Изделия серии INLINE – это прочные малые корпуса из стали для внутреннего настенного монтажа. Они имеют степень защиты IP 66 и подходят для установки монтажных рельсов или панелей. Надёжные ударопрочные корпуса серии QLINE выполнены из поликарбоната и имеют степень защиты IP 67. Настенные корпуса серии A-48 выполнены из стекловолокна. Их можно устанавливать на улице и использовать в любой

агрессивной среде. Патентованный быстроразъёмный фиксатор обеспечивает лёгкость применения. Все корпуса различных размеров доступны на складе (рис. 1).

Также предлагаются изделия серии PROLINE, представляющие собой гибкую и модульную платформу для промышленных шкафов. Предлагаемые на выбор элементы облицовки и принадлежности позволяют сконструировать распределительные шкафы наиболее востребованных типов. Доступны каркасы 12 размеров (высота: 1600, 1800 и 2000 мм; ширина: 600 и 800 мм; глубина: 400, 500, 600 и 800 мм). Наряду с боковыми стенками из стали и обычной стальной передней дверью, можно выбрать переднюю дверь из стекла. С обратной стороны можно

установить стальную дверь или сплошную заднюю стенку из стали. Верхняя крышка и панель основания, а также три варианта цоколя дополняют ассортимент элементов облицовки. Для индивидуальной установки внутренних компонентов можно использовать монтажную панель или 19" кронштейны с соответствующими заглубляющими рельсами для создания 19" уровня (рис. 2).

Для шкафов PROLINE имеется специальная услуга – «Сборка на заказ» (АТО, или Assembly To Order). Таким образом, кроме готовых шкафов, со склада можно без дополнительных затрат заказать шкаф, индивидуально сконфигурированный из представленного ассортимента деталей. Услуга «Сборка на заказ» повышает гибкость и обеспечивает быструю поставку нужных изделий. Кроме того, клиенты получают возможность заказать шкаф в неполной комплектации (например, без элементов облицовки).

Более подробная информация на сайте [www.schroff.ru](http://www.schroff.ru).



Рис. 1. Прочные настенные корпуса для промышленности



Рис. 2. Гибкие и модульные промышленные шкафы

Новости мира News of the World Новости мира

**ABI Research: к 2014 г. 802.11ac будет доминировать на рынке Wi-Fi**

По данным исследования ABI Research, беспроводной протокол IEEE 802.11ac ожидает стремительный рост. Небольшой объём поставок чипов с поддержкой этого стандарта в 2012 г. сменится значительным ростом поставок в 2013, а в 2014 г. они будут доминировать на рынке. Чипы с поддержкой лишь одного 802.11ac будут занимать относительно малую нишу. Подавляющее большинство беспроводных модулей будут двухдиапазонными – 802.11n/802.11ac.



Производители Wi-Fi чипов, такие как Broadcom, Intel, Qualcomm Atheros и Texas Instruments, будут пытаться сохранить или увеличить свою долю на рынке, переходя на 802.11ac как можно быстрее.

Между тем, аналитики отмечают, что, несмотря на ранний дебют, протокол 802.11ad даже к 2016 г. будет занимать весьма умеренную позицию на рынке. Этот новейший стандарт, продвигаемый альянсом Qualcomm Atheros и Wilocity, будет входить в состав двух- и трёхдиапазонных чипов, но высокая стоимость не будет способствовать массовому спросу.

<http://www.abiresearch.com/>

**Сплошные передние панели без крепёжных винтов**

Если сплошные передние панели в корпусах и блочных каркасах оклеиваются плёнкой с печатью, на передних панелях не должно быть видно крепёжных винтов. Иначе плёнка будет их закрывать, что делает невозможным демонтаж передней панели. Для блочных каркасов eигорасPRO и корпусов ratiорасPRO компания Schroff разработала возможность использования сплошных передних ЭМС-панелей без видимых крепёжных винтов.

Передние панели представляют собой прочные алюминиевые листы толщиной 2,5 мм с токопроводящей или непроводящей тыльной стороной. Для установки передней панели в блочный каркас или корпус сверху и снизу используются специ-



альные горизонтальные рельсы с дополнительной кромкой.

Передняя панель вставляется в образующий кромкой паз. Необходимость в привинчивании панели отпадает. Кроме того, кромка закрывает края передней панели по всей ширине, тем самым фиксируя панель и защищая её от прогибания в горизонтальном направлении. Для повышения степени ЭМС-экранирования между задней стороной передней панели и горизонтальными рельсами можно установить контактную пружину из нержавеющей стали.

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

**Встроенные рёбра охлаждения для лучшего теплоотвода**

19-дюймовая кассета – это механический вставной блок, предназначенный для установки одной или нескольких печатных плат. Таким образом, установленные в кассете печатные платы образуют закрытую функциональную единицу большего размера и с возможностью проверки. Поскольку плотность установки электронных компонентов постоянно растёт, у таких кассет увеличивается потребность в теплоотводе. Компания Schroff в серии кассет PRO учла данное требование и разработала новую боковую стенку со встроенными ребрами охлаждения. При этом поверхность кассет увеличивается на 65% при высоте кассет 3U и на 88% при высоте 6U. За счёт увеличенной поверхности становится возможным отвод большего количества тепла. При мощности потерь установленного оборудования 10 Вт дополнительно можно получить  $\Delta T$  около 5 К.

При гладкой боковой стенке стандартной кассеты PRO тепло отводится в основном



через перфорированную верхнюю крышку или панель основания. Такое исполнение боковых стенок кассет направлено на минимизацию использования материала и максимальное увеличение полезного внутреннего пространства. При необходимости эти боковые стенки можно заменить боковыми стенками с ребрами охлаждения.

Внешние размеры кассет с боковыми стенками обоих вариантов одинаковые. Только горизонтальное монтажное пространство при использовании боковых стенок с ребрами охлаждения уменьшается примерно на 7 мм.

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

**Тонкослойные полосовые фильтры**

Компания TDK-EPC представляет тонкослойные полосовые фильтры серии TFSB с базовой площадкой 1,0 × 0,5 мм. Монтажная высота на печатной плате составляет 0,3 мм. Таким образом, по утверждению производителя, фильтры являются самыми миниатюрными в мире элементами своего рода. Рассчитанные на диапазон 2,4 и 5 ГГц, они пригодны для Bluetooth- и WLAN-приложений. Полосовые фильтры базируются на тонкослойной микромонтажной технологии, которую TDK разработала для производства магнитных головок жёстких дисков. Рабочий температурный диапазон –40...+85°C.

[www.channel-e.ru](http://www.channel-e.ru)

**Микроконтроллер для статических однофазных счётчиков электроэнергии**

Фирма Renesas Electronics представляет 16-разрядный микроконтроллер 78K0R/LG3-M. С этим элементом могут разрабатываться статические однофазные счётчики электроэнергии. Микроконтроллер содержит 16-разрядное ядро с тактовой частотой 20 МГц с Flash-памятью 128 Кб, а также 7 Кб ОЗУ.

Он содержит специальную схему расчёта электрической мощности, аналого-цифровой преобразователь, схему управления ЖК-дисплеем, а также часы реального времени с самостоятельным питанием.

Микроконтроллер 78K0R/LG3-M MCU первоначально рассчитан на использование в обычных приложениях счётчиков, однако он может также использоваться вместе с другими Powerline- и беспроводными коммуникационными решениями Renesas для создания интеллектуальных счётчиков электроэнергии.

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

# Тепловой контроль с тепловизорами Testo



**Дмитрий Михайлов (Москва)**

**Предприятиям необходима надёжная техническая диагностика. Один из наиболее эффективных методов – тепловизионный контроль. Компания Testo AG представляет два новых высокоточных тепловизора, ориентированных на применение в электронике.**

Для получения достоверных сведений о техническом состоянии оборудования, определения соответствия оборудования предъявляемым требованиям, а также в целях предотвращения возможных неполадок или даже аварий предприятиям необходима надёжная техническая диагностика. Одним из наиболее эффективных и точных методов контроля состояния оборудования на сегодняшний день является тепловой метод.

Дело в том, что наиболее распространённым и в то же время верным признаком грядущей поломки электронного оборудования является перегрев составляющих его компонентов (таких как платы, микросхемы, резисторы). Для многих предприятий в последние годы данный признак стал ещё и очевидным. Это стало возможно благодаря приборам, позволяющим буквально заглянуть внутрь процесса, – тепловизорам.

Тепловизоры регистрируют инфракрасное (тепловое) излучение, создавая «картины» распределения поверхностной температуры объекта. Тепловые снимки (термограммы) позволяют «рассмотреть» участки аномального пе-

регрева и сделать выводы относительно технического состояния объекта.

Избыточный нагрев электронных компонентов одновременно является последствием неисправности, а в случае, если он не будет вовремя диагностирован, и причиной аварии. Поскольку повышение температуры происходит стремительно, экспоненциально (в порядке геометрической прогрессии), стадия, когда чинить оборудование будет уже бесполезно, может наступить чрезвычайно скоро (возможно, спустя всего несколько часов после возникновения неисправности), в зависимости от нагрузки. На рис. 1 показано, как при помощи тепловизора можно выявить перегрев узла автоматики.

## НОВЫЕ ВЫСОКОТОЧНЫЕ ТЕПЛОВИЗОРЫ TESTO

Компания Testo AG (Германия), объявляет о начале выпуска двух новых моделей тепловизоров – testo 885 и testo 890.

Обе модели – представители нового поколения тепловизионных камер Testo, высокоточные приборы, объединяющие в себе ключевые преиму-

щества тепловизоров, выпущенных ранее, и располагающие рядом абсолютно новых эксплуатационных возможностей.

Тепловизоры выполнены в дизайне «видеокамеры» с крупным откидным дисплеем и эргономичной вращающейся рукояткой. Благодаря им вы сможете расположить прибор наиболее удобным для вас образом, например, при съёмке труднодоступных участков над головой или на уровне пола, как показано на рис. 2.

Управление приборами может осуществляться как с использованием сенсорного дисплея, так и при помощи традиционного джойстика.

Новинки соответствуют классу тепловизоров hi-end, это значит, что они позволяют получать максимально чёткие и детализированные термограммы.

Так, детектор testo 885 обладает разрешением  $320 \times 240$  пикселей (76 800 температурных точек), которое при желании может быть улучшено на один класс путём «прошивки» по технологии Testo SuperResolution. В этом случае в распоряжении пользователя окажется тепловизионная камера с разрешением матрицы  $640 \times 480$  пикселей.

testo 890 – первый тепловизор Testo, снабжённый детектором с максимальным на сегодняшний день для тепловизоров разрешением  $640 \times 480$  пикселей. Таким образом, используя testo 890, пользователь получает превосходные термографические снимки, состоящие из 307 200 температурных точек. Применение инновационной технологии Testo SuperResolution позволит добиться ещё более внушительных характеристик –  $1280 \times 960$  пикселей. Данный показатель на сегодняшний день является непревзойдённым, но, что более важно, превосходное разрешение обеспечивают максимальную детализацию в случае, когда объект измерения очень мал. Это окажется особенно кстати при использовании тепловизора в микроэлектронике.

Как и вся оптика для тепловизоров Testo, высококачественный объектив testo 890 изготовлен из германия, и в данной категории новинка являет-

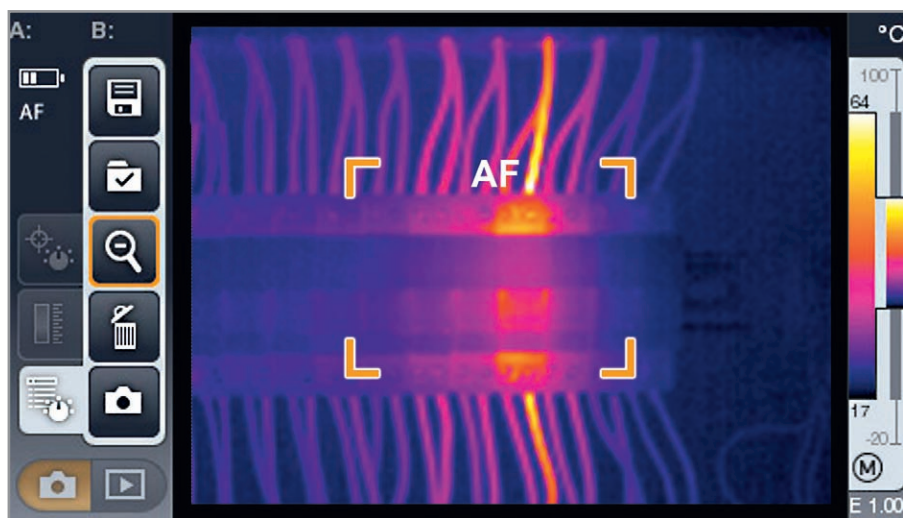


Рис. 1. Тепловизор помогает выявить перегрев узла автоматики

На правах рекламы

ся лидером – стандартный объектив тепловизора testo 890 имеет угол обзора 42°.

Тепловизор testo 885 также снабжён широкоугольным объективом, но с углом обзора в 30°, благодаря чему вы сможете получать полное представление о распределении температур на поверхности объекта измерений, даже делая снимки с близкого расстояния.

Температурная чувствительность (NETD) тепловизоров – важная характеристика, которая отражает возможность тепловизора «улавливать» перепады температур. NETD тепловизора testo 885 – 30 мК, testo 890 – 40 мК. Это означает, что оба прибора способны сделать очевидной самую незначительную температурную разницу.

Среди новых функций тепловизоров в этой связи примечателен *Мастер создания панорамных изображений*. Функция позволяет создавать цельное (панорамное) изображение из множества отдельных снимков. Кроме того, тепловизоры располагают функцией автофокуса (автоматического фокусирования) на проблемном участке.

Технология SiteRecognition (*Распознавание места замера*) окажется полезной при проведении повторной тепловизионной диагностики схожих между собою объектов. Благодаря ей, testo 885 автоматически распознаёт и соотносит термограммы схожих объектов, избавляя пользователя от трудоёмких процедур отбора, просмотра и сравнения большого количества термограмм.

testo 890 позволяет создавать полностью радиометрические видеозаписи (Fully Radiometric Video), регистрирующие тепловые процессы в режиме реального времени. Функция станет идеальным решением в случае, если необходимо отследить нагрев объекта «в динамике». Рисунок 3 демонстрирует тепловизионную видеосъёмку.

Поскольку любой фрагмент записи содержит температурные показания по каждому пикселю, можно с точностью проанализировать все стадии процесса нагрева в течение определённого отрезка времени. Помимо этого, технология позволяет создавать серии отдельных изображений в заданные временные интервалы. По желанию диапазон измеряемых температур может быть расширен до 1200°C.

Оба тепловизора снабжены встроенной цифровой камерой и функцией



Рис. 2. Поворотная рукоятка тепловизора testo 885 обеспечивает максимум удобства при проведении обследований в труднодоступных местах

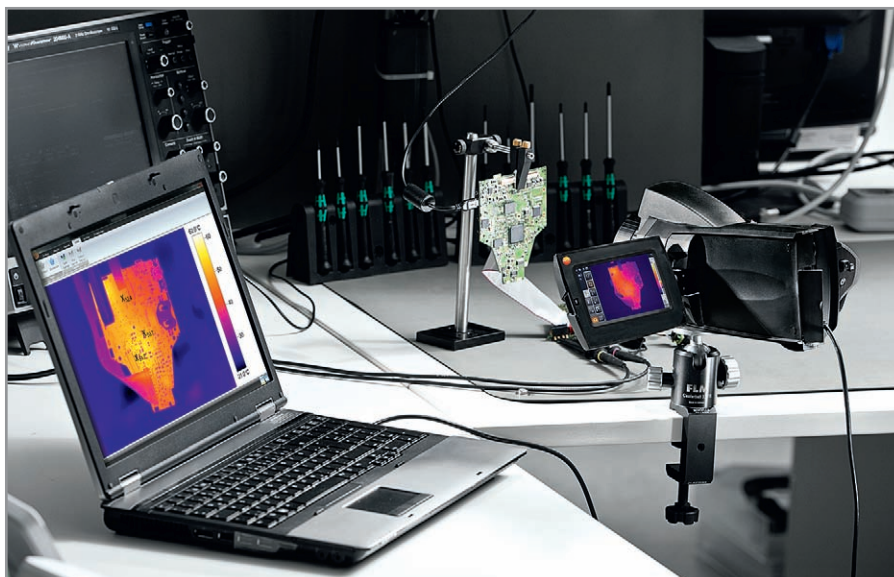


Рис. 3. Тепловизионная видеосъёмка с новым тепловизором testo 890

записи голосовых комментариев для удобства последующей обработки результатов обследований. Кроме того, используя профессиональное программное обеспечение Testo IRSOFT, поставляемое с любым из тепловизоров Testo, вы сможете не только подробно проанализировать результаты обследований, но подготовить всеобъемлющий и профессиональный отчёт.

Узнать подробнее о термографии и тепловизорах вы можете на интернет-портале «Мир термографии» – <http://termografia.ru>.

Получить подробную консультацию можно в российском отделении Testo AG – ООО «Тэсто Рус» (<http://testo.ru>) по тел. (495) 221-6213, факсу (495) 221-6216 или электронной почте [info@testo.ru](mailto:info@testo.ru).

# Решение проблемы выбора между параллельным и последовательным интерфейсом памяти во встраиваемых системах на базе Cortex-M3 с функцией SPIFI

Печатается с разрешения NXP Semiconductors

**Роб Косаро, Жене Картер (Нидерланды)**

Компания NXP разработала функцию периферийного оборудования (вначале она будет поддерживаться новыми микроконтроллерами LPC1800 на базе ядра ARM Cortex-M3), которая позволит разработчикам встраиваемых систем использовать внешнюю последовательную флэш-память вместо более крупной и дорогой параллельной флэш-памяти. Эта функция периферийного оборудования, получившая название SPI Flash Interface (SPIFI, подана заявка на патент), отображает внешнюю последовательную флэш-память в карте распределения памяти микроконтроллера, благодаря чему чтение данных из неё может происходить, как из встроенной памяти. Теперь разработчики смогут создавать системы, которые легче конфигурируются, умещаются в более компактном корпусе, требуют меньше места на плате, стоят дешевле и при этом удовлетворяют всем требованиям к производительности.

## Потребность во внешней флэш-памяти

Встраиваемые приложения на базе 32-разрядного микроконтроллера всё чаще нуждаются в различных передовых функциях для управления мультимедиа, фотографиями и другим ресурсоёмким контентом. Это в первую очередь относится к системам с человеко-машинным интерфейсом, от которых сегодняшние пользователи привычно ожидают наличия графического дисплея для взаимодействия с окнами, фотографиями, зву-

ковыми и анимационными файлами и т.п. Кроме того, поскольку продукция становится всё более интернациональной, она должна поддерживать различные языки с использованием не только латинского алфавита. Все эти требования накладывают дополнительные условия на ресурсы системной памяти.

Большинство 32-разрядных микроконтроллеров оснащаются встроенной флэш-памятью, которая способна поддерживать функции, связанные с интенсивным обменом

данными, однако зачастую имеет недостаточный объём для обслуживания приложения в целом. Обычно объём флэш-памяти не превышает 1 Мб. Этого, как правило, достаточно для размещения основной части критически важного кода, но не для хранения всего, что нужно приложению, например, справочных таблиц, изображений, фотографий, звуковых файлов, текстов на нескольких языках и т.д. Поэтому разработчики часто используют внешнюю флэш-память. В настоящее время доступны модули объёмом более 8 Мб.

## Выбор между параллельной и последовательной памятью

Выбирая между параллельной и последовательной памятью, разработчики всегда должны были искать компромисс, чтобы сбалансировать множество параметров. Параллельная флэш-память часто работает быстрее, чем последовательная, но при этом требует использования большего числа выводов, большего числа дорожек на печатной плате и занимает на ней больше места.

На рис. 1 приведена диаграмма пропускной способности типичных устройств с параллельной и последовательной флэш-памятью. Как видно из диаграммы, для параллельной флэш-памяти фиксированное время доступа без буферизации составляет около 90 нс. При таких условиях скорость обмена данными 16-битной параллельной флэш-памяти достигает 22 Мб/с. У последовательной флэш-памяти на максимальной тактовой частоте 80 МГц скорость обмена 80 Мбит/с. Для устройств с четырёхканальным (quad) интерфейсом, таким образом, наибольшая скорость обмена данными равна 40 Мб/с. В этом расчёте не учитывались управляющие биты, однако устройства quad SPI поддержива-

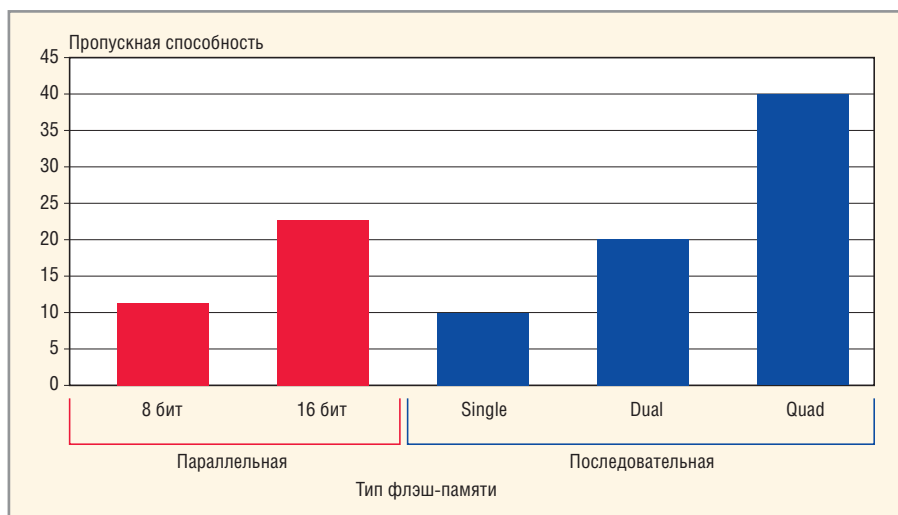
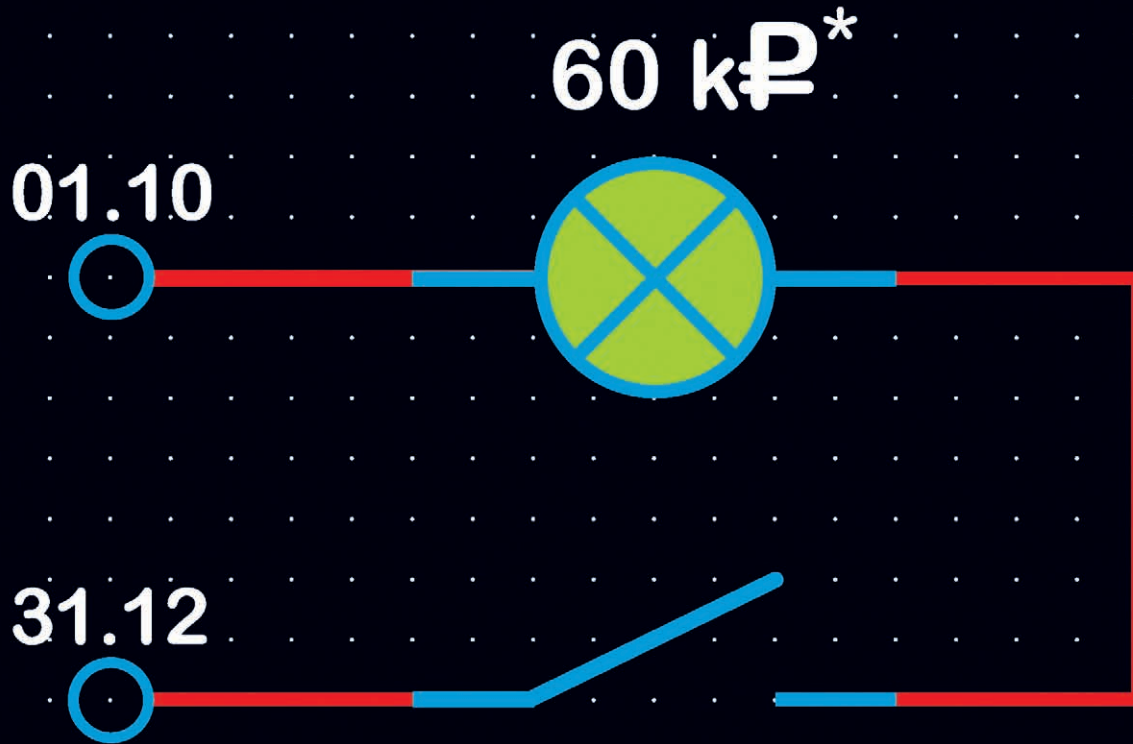


Рис. 1. Типичные скорости обмена данными для последовательной и параллельной флэш-памяти



**В промышленном масштабе**

## ВКЛЮЧИ ЛЕГАЛЬНЫЙ **p-cad**

\* В рамках акции все пользователи нелегального ПО P-CAD смогут приобрести бессрочные лицензии по цене всего 60 000 рублей за одно рабочее место (НДС не облагается). Цена действительна при покупке лицензий не менее чем на 10 рабочих мест. Пользователь получает право на использование любой версии P-CAD, что подтверждается выдачей серийного номера и сертификата на каждое лицензируемое рабочее место. **Внимание!** Легальный P-CAD закончится 31.12.2011.

**Воронеж** СиСофт Воронеж, [www.csoft.vrn.ru](http://www.csoft.vrn.ru), +7 (4732) 39-3050, [cad@csoft.vrn.ru](mailto:cad@csoft.vrn.ru) **Екатеринбург** РПК-Урал, [www.cad.ru](http://www.cad.ru), +7 (343) 359-8759, [ric@ural.cad.ru](mailto:ric@ural.cad.ru) **Казань** СиСофт Казань, [www.kazan.csoft.ru](http://www.kazan.csoft.ru), +7 (843) 570-5431, [info@kazan.csoft.ru](mailto:info@kazan.csoft.ru) **Киев** Аркада, [www.arcada.com.ua](http://www.arcada.com.ua), +38 (044) 502-3335, [common@arcada.com.ua](mailto:common@arcada.com.ua) **Москва** НПП "Родник", [www.rodnik.ru](http://www.rodnik.ru), +7 (499) 613-7001, [info@rodnik.ru](mailto:info@rodnik.ru) • Русская Промышленная Компания, [www.cad.ru](http://www.cad.ru), +7 (495) 744-0004, [info@cad.ru](mailto:info@cad.ru) • Евроинтех, [www.eurointech.ru](http://www.eurointech.ru), +7 (495) 749-4578, [sales@eurointech.ru](mailto:sales@eurointech.ru) • Софтлайн, [www.softline.ru](http://www.softline.ru), +7 (495) 232-0023, [info@softline.ru](mailto:info@softline.ru) • СиСофт, [www.csoft.ru](http://www.csoft.ru), +7 (495) 913-2222, [sales@csoft.ru](mailto:sales@csoft.ru) • АйДиТи, [www.idtsoft.ru](http://www.idtsoft.ru), +7 (495) 287-4812, [idt@idtsoft.ru](mailto:idt@idtsoft.ru) **Нижний Новгород** СиСофт Нижний Новгород, [www.csoft.nnov.ru](http://www.csoft.nnov.ru), +7 (831) 434-1870, [info@dsg.nn.ru](mailto:info@dsg.nn.ru) **Новосибирск** СиСофт Новосибирск, [www.nsk.csoft.ru](http://www.nsk.csoft.ru), +7 (383) 362-0444, [info@nsk.csoft.ru](mailto:info@nsk.csoft.ru) **Омск** СиСофт Омск, [www.mcad.ru](http://www.mcad.ru), +7 (3812) 31-0210, [csoft@mcad.ru](mailto:csoft@mcad.ru) **Самара** СиСофт Самара, [www.samara.csoft.ru](http://www.samara.csoft.ru), +7 (846) 373-8130, [info@samara.csoft.ru](mailto:info@samara.csoft.ru) **Санкт-Петербург** НИП-Информатика, [www.nipinform.ru](http://www.nipinform.ru), +7 (812) 321-0055, [info@nipinform.ru](mailto:info@nipinform.ru) • СиСофт Санкт-Петербург-Бюро ESG, [www.csoft.spb.ru](http://www.csoft.spb.ru), +7 (812) 496-6929, [esg@csoft.spb.ru](mailto:esg@csoft.spb.ru) **Томск** Томская Софтверная Компания, [www.truesoft.ru](http://www.truesoft.ru), +7 (3822) 22-4066, [altium@truesoft.ru](mailto:altium@truesoft.ru)

**Altium**

Акция продлится до 31 декабря 2011 года.

Более подробную информацию можно получить у авторизованных дилеров, а также отправив запрос по адресу [altium@nanocad.ru](mailto:altium@nanocad.ru) или позвонив по телефону (495) 645-8626.

ЗАО "Нанософт" – официальный дистрибьютор Altium Designer (P-CAD)

  
**NANOCAD**

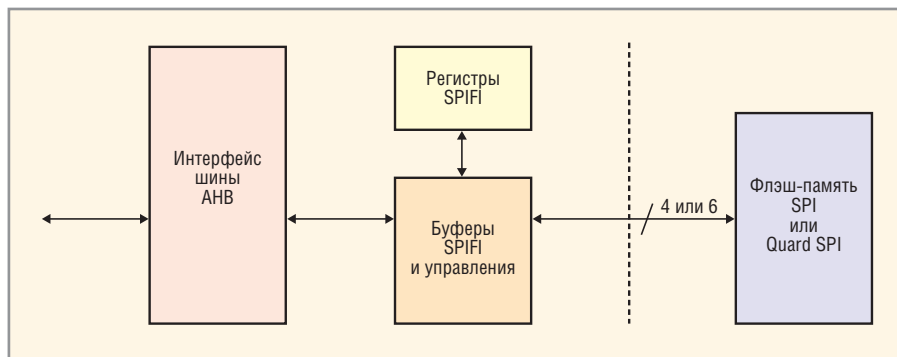


Рис. 2. Блок-схема периферийного устройства SPIFI

ют пакетную передачу данных, используемую интерфейсом SPIFI. Благодаря этому интерфейс SPIFI приближается к таким скоростям обмена данными.

Как видно из рис. 1, типичная 16-битная параллельная флэш-память обеспечивает скорость обмена данными 20 Мб/с. В системах с 32-битным микроконтроллером и 32-битной шиной внешней памяти (таких как системы NXP) разработчики могут использовать совместно два 16-битных параллельных устройства, чтобы обеспечить скорость обмена данными 40 Мб/с. Однако увеличение скорости приводит к удорожанию системы. В описанной конфигурации используется два модуля параллельной флэш-памяти, каждый из которых помещён в отдельный корпус с десятками выводов, причём размер корпуса, число выводов и место, необходимое на печатной плате, могут оказаться больше допустимых пределов.

Последовательная флэш-память, которая обычно использует простой четырёхвыводной интерфейс SPI (Serial Peripheral Interface), может стать хорошей альтернативой параллельной флэш-памяти в тех случаях, когда размеры, потребляемая мощность и стоимость имеют критически важное значение, однако такая память работает гораздо медленнее. Из рис. 1 видно, что типичная SPI флэш-память с частотой 50 МГц передаёт данные на скорости примерно 5 Мб/с (это в восемь раз меньше, чем у конфигурации с двумя 16-битными параллельными устройствами). Следует также учесть, что в большинстве микроконтроллеров интерфейс SPI подключается к матрице периферийных устройств, поэтому сначала данные поступают в код драйвера, который помещает их во встроенное ОЗУ, и лишь после этого они становятся до-

ступными процессору. Это может приводить к задержкам, так как каждая порция данных, считанных с последовательной флэш-памяти, должна пройти через программный уровень интерфейса SPI. Для некоторых приложений стандартный интерфейс SPI может оказаться недостаточно быстрым.

Новый формат флэш-памяти Quad SPI, в котором используется модифицированная шестивыводная конфигурация SPI, отличается существенно более высоким быстродействием, чем традиционные форматы SPI. Как видно из рис. 1, Quad SPI обеспечивает обмен данными на скорости 40 Мб/с, такой же, как и при использовании двух 16-битных параллельных устройств. Устройства Quad SPI зачастую обходятся гораздо дешевле параллельных, поскольку требуют значительно меньше выводов и умещаются в более компактных корпусах. На первый взгляд, флэш-память Quad SPI может стать хорошей заменой параллельной флэш-памяти во встраиваемых системах, однако на практике оказывается, что современные 32-битные микроконтроллеры не способны поддерживать максимальную скорость работы флэш-памяти Quad SPI. Это связано с тем, что интерфейс Quad SPI, как и традиционный интерфейс SPI, подключается к матрице периферийных устройств микроконтроллера.

### ОТКАЗ ОТ КОМПРОМИССА

Компания NXP разработала новую функцию периферийного оборудования, SPI Flash Interface (SPIFI), которая избавляет от необходимости компромисса между параллельным и последовательным подключением. Благодаря патентуемой в настоящее время функции SPIFI недорогая SPI флэш-память и новая Quad SPI флэш-память отображаются в карте рас-

пределения памяти микроконтроллера ARM Cortex-M3, что обеспечивает лишь минимальное снижение производительности внешней SPI флэш-памяти по сравнению с внешней параллельной флэш-памятью. Поскольку весь объём внешней флэш-памяти отображается в карте распределения памяти микроконтроллера, он может получать доступ к этой памяти напрямую, без помощи программного интерфейса (API) или библиотек.

Например, при использовании флэш-памяти Quad SPI периферийное устройство SPIFI поддерживает скорость передачи данных до 40 Мб/с. Не жертвуя производительностью, разработчик может выбрать менее дорогое, компактное, легко конфигурируемое SPI флэш-устройство.

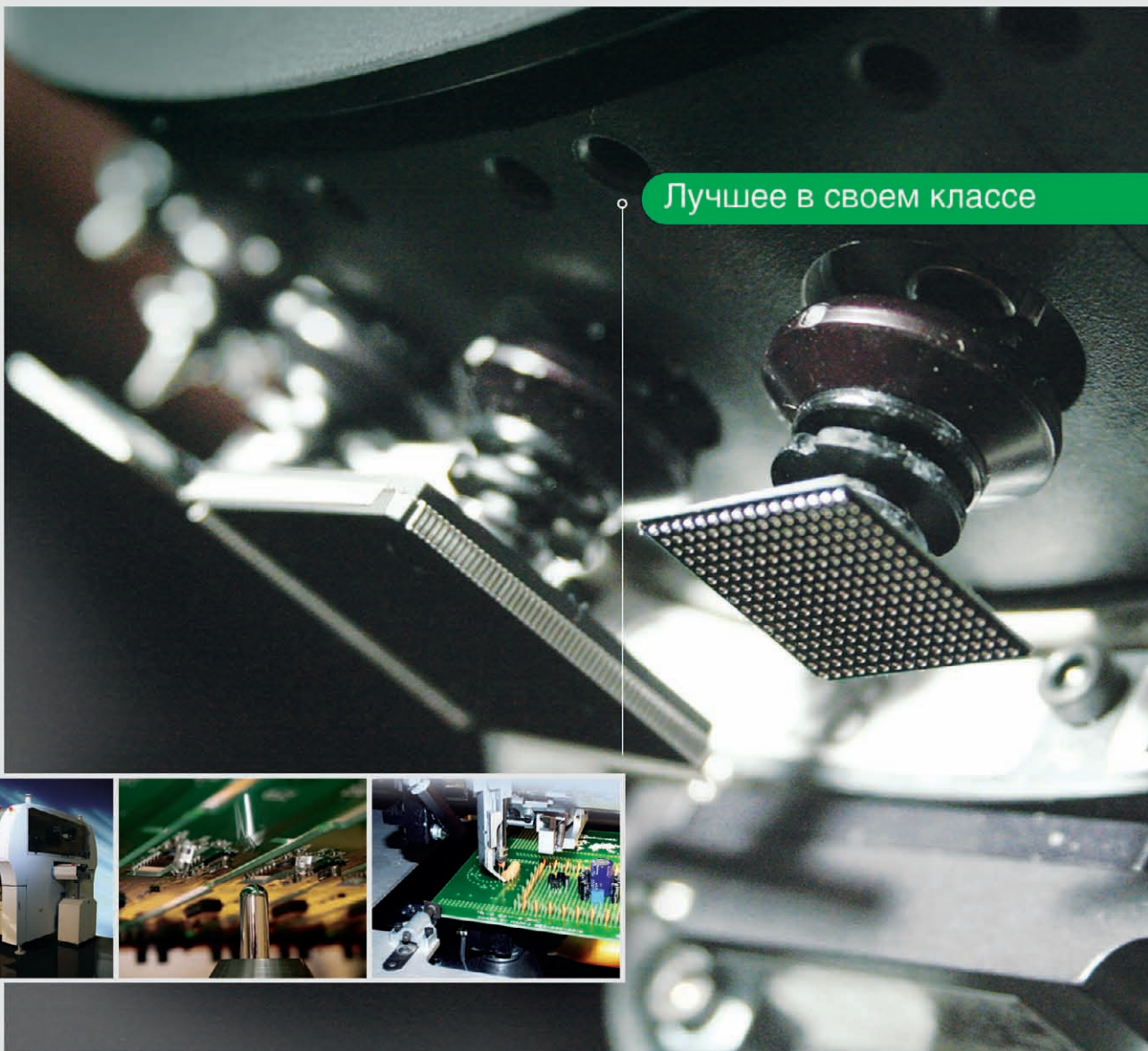
Кроме того, разработчик может выбрать и более компактный недорогой микроконтроллер, так как системе не потребуется громоздкий интерфейс для внешней параллельной памяти. Периферийное устройство SPIFI позволяет создавать компактные, эффективные и недорогие встраиваемые системы, которые лучше используют ресурсы памяти.

Специализированная функция SPIFI первоначально будет поддерживаться серией LPC1800 микроконтроллеров ARM Cortex-M3 компании NXP. Она также будет доступна в новых линейках продукции, включая серию недорогих Cortex-M0 и цифровых последовательных контроллеров (DSC) Cortex M4.

SPIFI поддерживает большинство последовательных устройств флэш-памяти, в том числе с возможностью чтения/записи сразу по четырём каналам, и упрощает конфигурирование и программирование. Эта функция задействует четыре или шесть выводов (в зависимости от типа последовательной флэш-памяти), работает с малым количеством регистров, оптимизирована для эффективного выполнения обращений к памяти и использует программные команды, которые снижают нагрузку на ЦПУ и рационализируют взаимодействие с памятью.

### КАК РАБОТАЕТ SPIFI

На рис. 2 представлена блок-схема периферийного устройства. SPIFI подключается к матрице АНВ (Application High-Speed Bus – шина высо-



Лучшее в своем классе

## Оборудование и материалы для электроники

- Проектирование и оснащение предприятий «под ключ»
- Сборочно-монтажное SMD оборудование
- Эффективные решения для монтажа «в отверстия» для выводных компонентов
- Системы очистки и хранения печатных плат
- Оборудование для инспекции и тестирования печатных узлов
- Оборудование и технологии для производства печатных плат (подложек)
- Оборудование для обработки провода
- Обрабатывающие центры и инструмент
- Паяльное оборудование Weller
- Компрессорное оборудование Jun-Air
- Промышленная мебель Treston и антистатическое оборудование
- Материалы для производства и обслуживания электронной техники
- Измерительная техника
- Нестандартное оборудование и оснастка по спецификациям заказчика

ГРУППА КОМПАНИЙ «КЛЕВЕР». 11 ЛЕТ РАБОТЫ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ

**КЛЕВЕР ЭЛЕКТРОНИКС**

Тел.: +7 (495) 952-5999 • Факс: +7 (495) 952-5099 • E-mail: [info@clever.ru](mailto:info@clever.ru) • Web: [www.clever.ru](http://www.clever.ru)

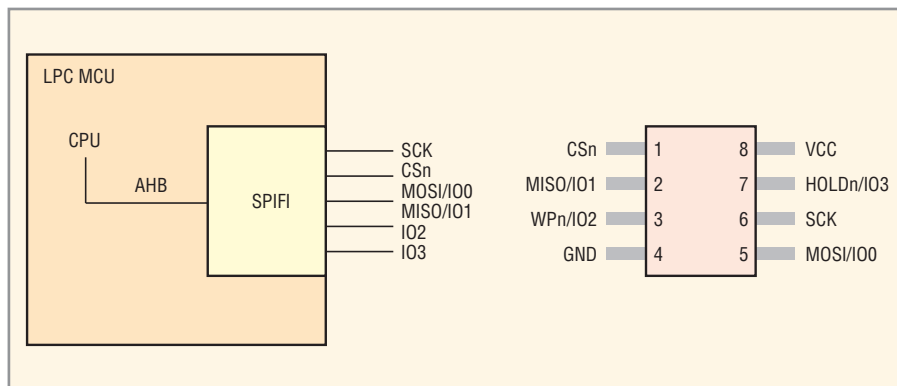


Рис. 3. Физический интерфейс периферийного устройства SPIFI

коскоростных приложений) микроконтроллера, используемой ядром процессора и встроенной памятью. Периферийное устройство SPIFI представляет содержимое внешней флэш-памяти SPI в карте распределения памяти микроконтроллера. После того как загрузочный код, содержащийся в интегрированном ПЗУ, инициализирует интерфейс SPIFI, внешняя память SPI для процессорного ядра выглядит как встроенная память.

### Инициализация

Все драйверы, необходимые для работы интерфейса SPIFI, хранятся в ПЗУ. При чтении производится лишь один вызов подпрограммы для инициализации периферийного устройства SPIFI. После выполнения инициализации всё содержимое флэш-памяти SPI становится доступным процессору и/или каналам DMA, как обычная память: с доступом по байтам, полусловам и словам. Для стирания и программирования достаточно просто вызвать функцию API, которая имеет доступ к командам в ПЗУ, таким образом, использование внешней памяти SPI становится столь же простым, что и встроенной флэш-памяти.

### Загрузка с устройства SPIFI

Для систем, которым требуется загрузка с внешней последовательной флэш-памяти, микроконтроллер NXP LPC1800 был оснащён механизмом, позволяющим использовать SPIFI в качестве источника загрузки. Источник загрузки можно выбрать двумя способами. Чтобы определить, с какого интерфейса осуществлять загрузку, в первом используются выводы микроконтроллера, во втором – программа пользователя, хра-

нящаяся в энергонезависимой памяти. Благодаря использованию энергонезависимой памяти удаётся избежать назначения выводам двух функций.

### Физический интерфейс

На рис. 3 представлен физический интерфейс периферийного оборудования SPIFI. Для обычных устройств SPI он использует четыре вывода, а для конфигураций с памятью Quad SPI – два дополнительных.

Различные производители последовательной флэш-памяти и устройств используют или требуют использования разных команд и форматов команд. Периферийное устройство SPIFI обладает достаточной гибкостью, чтобы обеспечить совместимость с большинством обычных устройств SPI флэш-памяти, и содержит расширения, гарантирующие совместимость с будущими устройствами.

### Сокращённый набор регистров

Компактный набор регистров обеспечивает периферийному устройству SPIFI множество интеллектуальных возможностей, не усложняя его использование. Для управления функцией SPIFI, взаимодействия с внешней памятью SPI, хранения и считывания данных, а также для мониторинга операций требуется всего восемь регистров. Поскольку встроенный в ПЗУ программный интерфейс API управляет процессами установки, программирования и стирания, операции с внешней памятью SPI в приложении выполняются путём вызова лишь нескольких подпрограмм. В итоге периферийное устройство SPIFI легко конфигурировать и поддерживать в различных приложениях.

### Программные команды

Внешняя память отвечает на команды, посылаемые программным обеспечением микроконтроллера, и на команды, автоматически отправляемые периферийным устройством SPIFI, когда его ПО считывает некоторую область последовательного флэш-устройства в карте распределения памяти. Команды разделяются на следующие поля: код операции, адрес, вспомогательное поле и данные. Поле адреса, вспомогательное поле и поле данных являются опциональными, их наличие зависит от кода операции. Некоторые устройства поддерживают режим, в котором код операции при выполнении команд чтения указывается неявным образом для повышения производительности. Поля данных подразделяются на поля входных и выходных данных – в зависимости от кода операции. Все команды для внешней памяти SPI могут выполняться путём вызова подпрограмм API из ПЗУ. Драйвер SPIFI API, хранящийся в ПЗУ, обеспечивает доступ к содержимому внешней памяти SPI с помощью простых команд загрузки, это сокращает размеры кода приложения и упрощает его написание.

### Выполнение операций независимо от ЦПУ

ПО SPIFI может считывать данные из внешней памяти и записывать их в ОЗУ или на периферийные устройства без помощи ЦПУ. Например, микроконтроллеры с интегрированным контроллером ЖК-дисплея позволяют использовать эту возможность для повышения производительности и экономии энергии. Изображения могут храниться во внешней памяти и извлекаться из неё контроллером ЖК-дисплея. Поскольку контроллер ЖК-дисплея считывает основную часть данных с последовательных адресов, периферийное устройство SPIFI может осуществлять упреждающую выборку адресов, чтобы они были готовы к использованию, когда понадобятся, – по существу, без состояний ожидания. Вся операция происходит без обращения к ЦПУ, при этом нет необходимости предварительно загружать изображения во встроенное ОЗУ. Это означает, что система сможет использовать микроконтроллер с меньшим объёмом встроенного ОЗУ или высвободит

дить имеющееся ОЗУ для других задач. Кроме того, поскольку изображения извлекаются из памяти непосредственно контроллером ЖК-дисплея, дисплей сможет быстрее обновлять графические данные, обеспечивая более плавное выполнение таких простых операций, как открытие или закрытие окна. Для экономии энергии возможно также снижение тактовой частоты системы без заметного влияния на рабочие характеристики дисплея.

### НЕПОСРЕДСТВЕННОЕ ИСПОЛНЕНИЕ КОДА

С программной точки зрения, микроконтроллер способен исполнять код непосредственно из внешней памяти SPI. Это бывает полезно при обновлении системы на месте эксплуатации или при замене функций, первоначально установленных во встроенной флэш-памяти. Аттестованный код обновления может быть записан во внешнюю флэш-память. Если, например, адреса функций системы находятся в таблице, размещённой во встроенной флэш-памяти, можно перепрограммировать таблицу, поместив в неё адрес подпрограммы, которая теперь находится во внешней флэш-памяти. И наоборот, если страница, содержащая начало оригинальной подпрограммы, хранится во встроенной флэш-памяти, можно поместить на эту страницу оператор дальнего перехода к новой подпрограмме во внешней флэш-памяти. В любом случае для исполнения нового кода его не нужно будет загружать во встроенное ОЗУ, поскольку периферийное устройство SPIFI обеспечивает непосредственное исполнение из внешней памяти.

Однако исполнение кода из внешней памяти никогда не будет столь же быстрым, как при использовании встроенной памяти. Периферийное устройство SPIFI не предназначено для работы с функциями реального времени, которые требуют пиковой производительности, но для менее важных фрагментов кода SPIFI может оказаться весьма привлекательным вариантом.

### ФУНКЦИИ ЗАПИСИ ВО ВРЕМЯ ИСПОЛНЕНИЯ ИНСТРУКЦИЙ

SPIFI поддерживает функции записи во время исполнения инструкций,

т.е. интерфейс может легко и быстро программировать или стирать содержимое внешней памяти, даже когда процессор выполняет код, содержащийся во встроенной флэш-памяти. Поскольку периферийное устройство SPIFI способно работать самостоятельно без взаимодействия с ЦПУ, система может выполнять свои функции, не прерывая работы, пока происходит перепрограммирование последовательной флэш-памяти.

Эта функция полезна для обновления программного обеспечения на месте эксплуатации системы, так как позволяет записывать данные во внешнюю память, не прерывая выполнение кода критически важного приложения. Например, в интеллектуальном счётчике функции измерения должны работать постоянно, даже во время обновления программного обеспечения. Благодаря интерфейсу SPIFI коммунальная компания может сконфигурировать систему на запись любого нового кода во внешнюю флэш-память без приостановки активных измерительных функций с последующей интеграцией нового кода в систему. Аналогично, если система имеет USB-порт, новый код можно записать на портативный USB-диск и перенести во внешнюю флэш-память, не прерывая критически важные операции.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Новая патентуемая в настоящее время функция NXP SPI Flash Interface (SPIFI), которая первоначально будет поддерживаться новыми микроконтроллерами LPC1800 Cortex-M3 на базе ядра ARM, обеспечит отображение внешней последовательной флэш-памяти в карте распределения памяти микроконтроллера с возможностью считывания данных, как из встроенной памяти. Благодаря этому разработчики смогут использовать большие объёмы внешней флэш-памяти, снизить стоимость готовой системы и минимизировать её размеры.

Периферийное устройство SPIFI позволяет использовать компактную недорогую последовательную флэш-память для удовлетворения требований к производительности системы. Разработчики получают множество преимуществ последовательной флэш-памяти – низкую стоимость, небольшой размер, простоту конфигурирования – без заметного снижения производительности. Кроме того, SPIFI позволяет выбирать микроконтроллеры без параллельного интерфейса для создания более компактных недорогих систем с требуемым уровнем производительности.

Компания NXP планирует обеспечить поддержку функции SPIFI другими семействами Cortex-M, включая недорогую серию Cortex-M0 и готовящуюся к выпуску серию цифровых сигнальных контроллеров Cortex-M4. ©



**СПЕКТР**

**НА ПУТИ  
К ВЕРШИНЕ  
УСПЕХА**

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



Тел.: +7 (495) 2206493, (981) 7090482, (960) 276-28-41  
Факс: +7 (812) 3332755 (авт.)  
info@spectr-pcb.ru • www.spectr-pcb.ru

# Применение ИС цифровых изоляторов ADUM7441 и ADUM3473 для гальванической развязки интерфейса RS-232

Алексей Кузьминов (Москва)

**В статье приведены принципиальные схемы, рисунки печатных плат и фотографии готовых устройств гальванически изолированного интерфейса RS232 на основе новых ИС цифровых изоляторов ADUM7441 и ADUM3473. Даны рекомендации по самостоятельному изготовлению тороидальных трансформаторов и дросселей, использующихся в DC/DC-преобразователях гальванической развязки, а также фотошаблоны для макетных плат.**

Микросхемы цифровых изоляторов ADUM744X, впервые выпущенные в планарных корпусах QSOP16 (размер  $5 \times 6$  мм, шаг выводов 0,635 мм), по своим скоростным и изоляционным свойствам не отличаются от стандартных микросхем ADUM120X, давно использующихся в гальванических развязках различных интерфейсов, в том числе и RS-232. В настоящее время стали выпускаться и преобразователи интерфейса RS-232 в корпусах аналогичного размера ( $5 \times 6$  мм) с шагом выводов 0,65 мм (например, ADM3202ARUZ, корпус TSSOP16) и ещё более миниатюрные – TRS3243ECRHBR (корпус QFN32 размером  $5 \times 5$  мм с шагом выводов 0,5 мм). Малый размер таких корпусов позволяет экономить место на плате, а стоимость размещённых в них микросхем значительно ниже, чем в корпусах SOIC и DIP.

Однако разработчики неохотно идут на применение микросхем в подобных корпусах, прежде всего потому, что на макетной плате такой корпус установить трудно – необходимо изготавливать печатную плату с достаточно высоким разрешением и распаять ИС в автоматизированном режиме.

Определённой проблемой является реализация изолированных DC/DC-преобразователей напряжения питания – необходимых элементов гальванической развязки. Недорогие преобразователи с нерегулируемым выходом создают много помех, преобразователи со стабилизированным выходом имеют высокую стоимость, а использование трансформаторных драйверов (например, MAX253 или встроенного в мик-

росхему ADUM3473) для DC/DC-преобразователей собственной разработки наталкивается на трудности приобретения или изготовления импульсных трансформаторов.

Применение микросхем цифровых изоляторов ADUM7441 в гальванически изолированном интерфейсе RS-232 позволяет конструировать уникальные по своей простоте схемы, поскольку в микросхеме ADUM7441 присутствуют сразу три приёмника и один передатчик.

В схеме, показанной на рисунке 1, в качестве преобразователя интерфейса RS-232 использована микросхема TRS3243, оснащённая редко встречающимся неинвертирующим приёмником (выводы 2 и 19, DD1), который позволяет напрямую управлять выводом RST внешнего микроконтроллера сигналом DTR интерфейса RS-232. Второй сигнал интерфейса RTS в этой схеме управляет включением/выключением питания (Vdd) микроконтроллера. Таким образом, с помощью двух сигналов интерфейса RS-232 (DTR и RTS) можно управлять работой микроконтроллера либо в штатном режиме, либо в режиме внутрисистемного программирования (in-system-programming, ISP).

Линии данных TxD и RxD интерфейса RS-232 сопрягаются с линиями данных микроконтроллера RxD (сигнал RxDM) и TxD (сигнал TxDM) стандартным образом [1, 4] с помощью инвертирующих приёмников микросхемы TRS3243, что упрощает схему. В качестве изолированного DC/DC-преобразователя (+5 В → 5 В iso) использован прибор C10205BA (DA1, см. рис. 1). Вместо него может быть использована

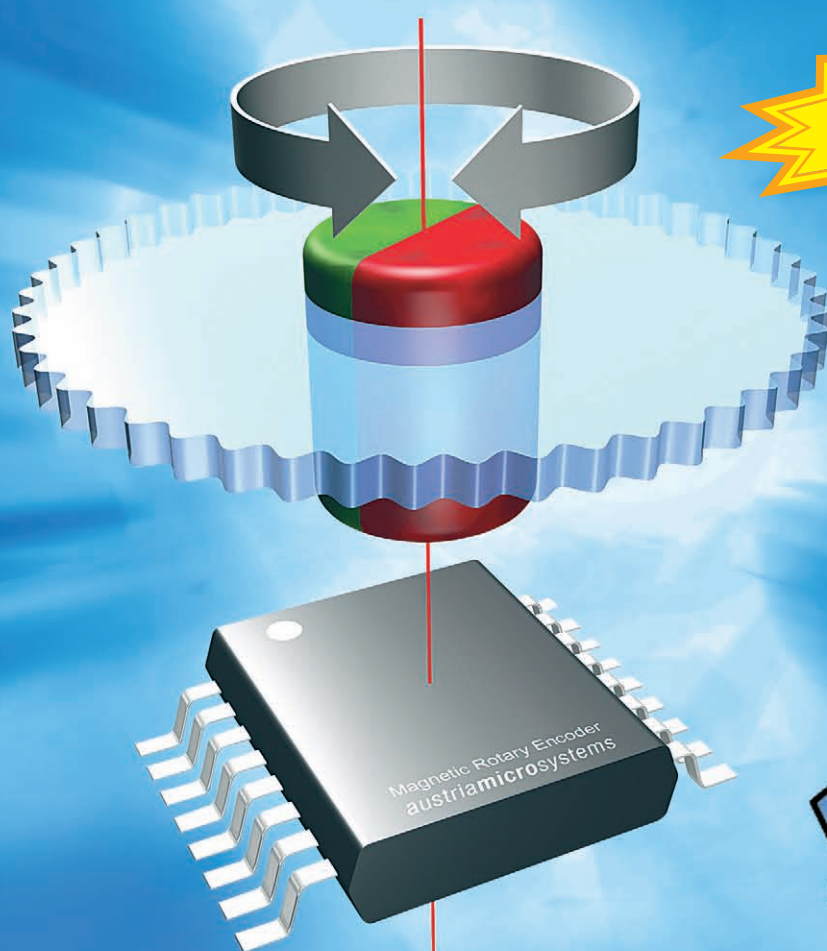
микросхема DCR010505P, включенная по схеме рис. 2. На рисунке 3 приведён пример схемы подключения микроконтроллера с активным низким уровнем сигнала RST (P89LPC982, DD1) к выходу гальванической развязки на базе ИС TRS3243.

В схеме, показанной на рисунке 4, в качестве преобразователя интерфейса RS-232 использована микросхема ADM3202. Поскольку у этого преобразователя только два приёмника (инвертирующих), недостающий неинвертирующий приёмник выполнен на основе резистора (R1) и защитного стабилитрона UCLAMP3301D (VD1) с напряжением стабилизации 3,3 В (или обычного стабилитрона BZT52C4V7 на 4,7 В).

Работу неинвертирующего приёмника на основе резистора и стабилитрона иллюстрируют осциллограммы, приведённые на рисунке 5а. Входной сигнал RS-232 DTR (нижняя осциллограмма жёлтого цвета), имеющий уровни напряжения  $\pm 9,6$  В и, соответственно, полный размах 19,2 В (на осциллограмме «Vamp(1) = 19,2 В»), подаётся на резистор R1. Когда сигнал RS-232 имеет высокий уровень (+9,6 В), стабилитрон UCLAMP3301D ограничивает его на уровне 3,3 В (верхняя осциллограмма рис. 5а голубого цвета «Vtop(2) = 3,35 В»). Когда сигнал RS-232 имеет низкий уровень (-9,6 В), стабилитрон работает как диод с прямым падением напряжения около 0,6 В (на осциллограмме это состояние выходного сигнала отмечено «Vbas(2) = -678 mV»). Таким образом, сигнал DTRa, снимаемый с катода стабилитрона, практически имеет уровни TTL.

Далее сигнал DTRa подаётся на вход цифрового изолятора ADUM7441 (см. рис. 4). На осциллограмме рис. 5б это верхний график жёлтого цвета. Пройдя через гальваническую развязку, сигнал DTRa появляется на выводе 13 DD2 уже как сигнал RST, который подаётся на соответствующий вывод микроконтроллера (см. рис. 3); на осциллограмме рис. 5б это голубой

# ПРОГРАММИРУЕМЫЕ МАГНИТНЫЕ ДАТЧИКИ УГЛА ПОВОРОТА



**150°C**

**ae** austriamicrosystems

## ХАРАКТЕРИСТИКИ

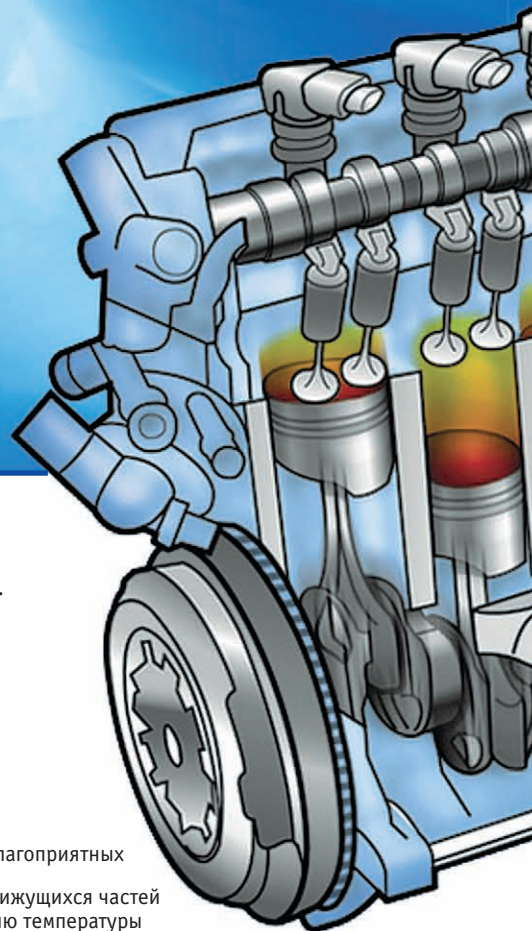
- разрешение 8, 10 и 12 бит
- точность до 0,0875° (4096 позиций)
- интерфейсы
  - синхронный последовательный интерфейс
  - широтно-импульсная модуляция
  - инкрементный
  - аналоговый
  - управляющие сигналы для бесколлекторного двигателя постоянного тока
- программирование «нулевой позиции»
- высокая скорость (до 30 000 об/мин)
- функция «кнопки»
- магнитная чувствительность 20...80 мТл
- диапазон рабочих температур от -40 до +150°C
- маленький корпус SSOP 16 (5,3×6,2 мм)
- ультранизкий ток потребления 30 мкА

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

- поворотные выключатели
- контроль позиции АС/DC-моторов
- офисная техника: принтеры, сканеры и др.
- контроль положения клапанов, вентилях
- замена оптических энкодеров
- датчик угла поворота руля
- датчик позиции педали «газа»
- робототехника
- автоматика

## ПРЕИМУЩЕСТВА

- энкодер на одном кристалле
- не требуется калибровка
- идеально подходит для применения в неблагоприятных условиях окружающей среды
- высокая надёжность за счет отсутствия движущихся частей
- устойчивость к разьёму и изменению температуры окружающей среды



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ AUSTRIAMICROSYSTEMS

**PROSOFT**<sup>®</sup>  
COMPONENTS

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА  
Тел.: (495) 232-2522 • info@prochip.ru • www.prochip.ru

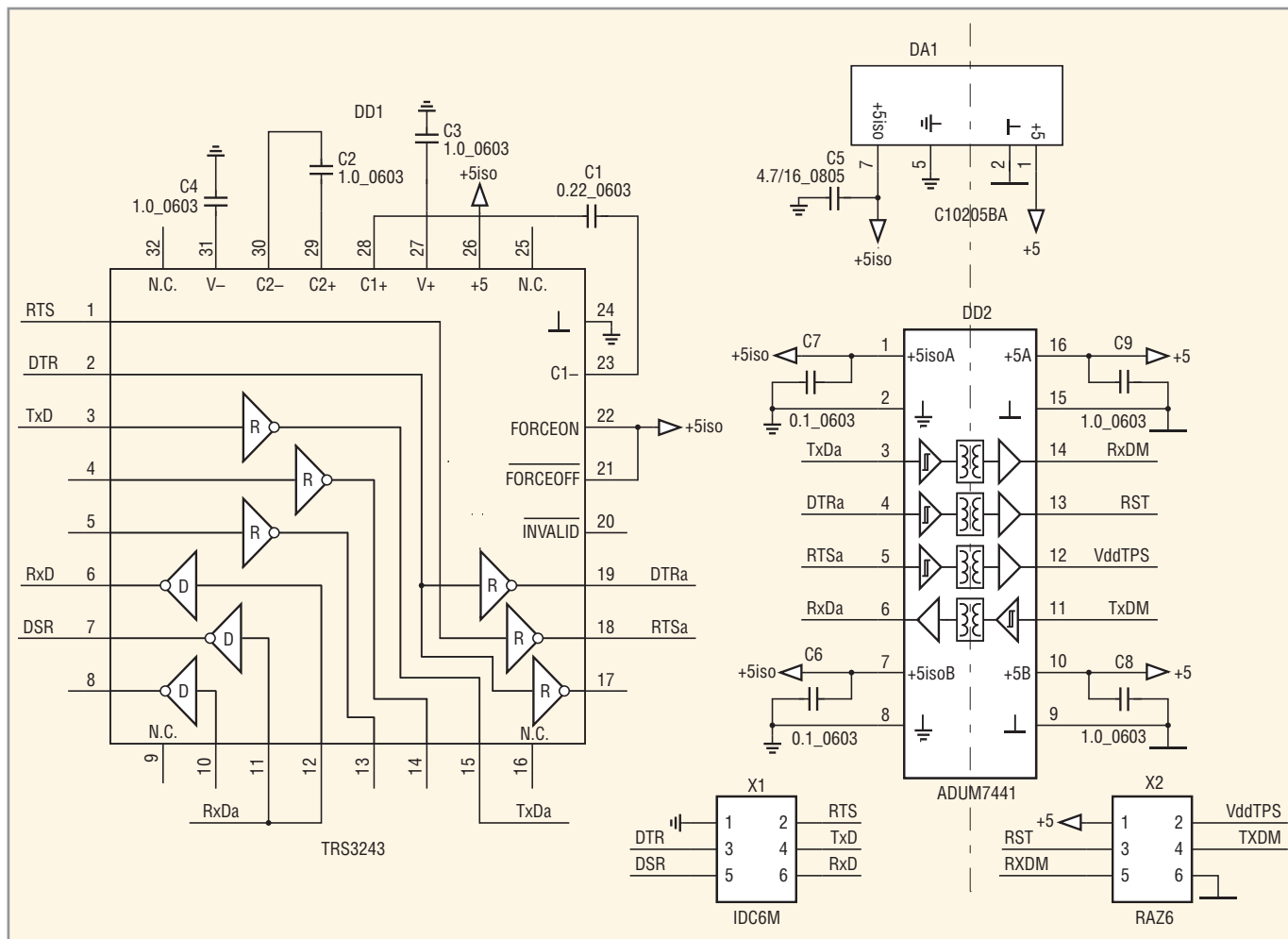


Рис. 1. Схема гальванической развязки интерфейса RS232 на базе преобразователя TRS3243ECRHBR, цифрового изолятора ADUM7441 и DC/DC-преобразователя C10205BA

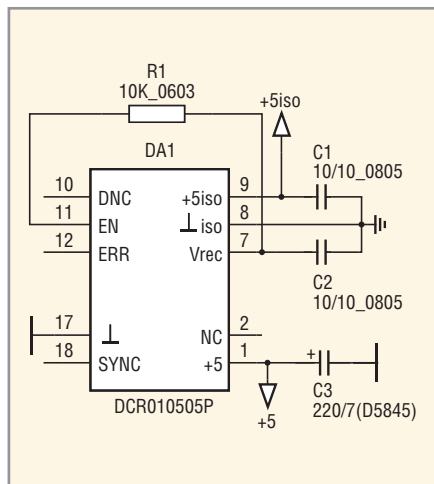


Рис. 2. Схема применения ИС DCR010505P в преобразователе напряжения

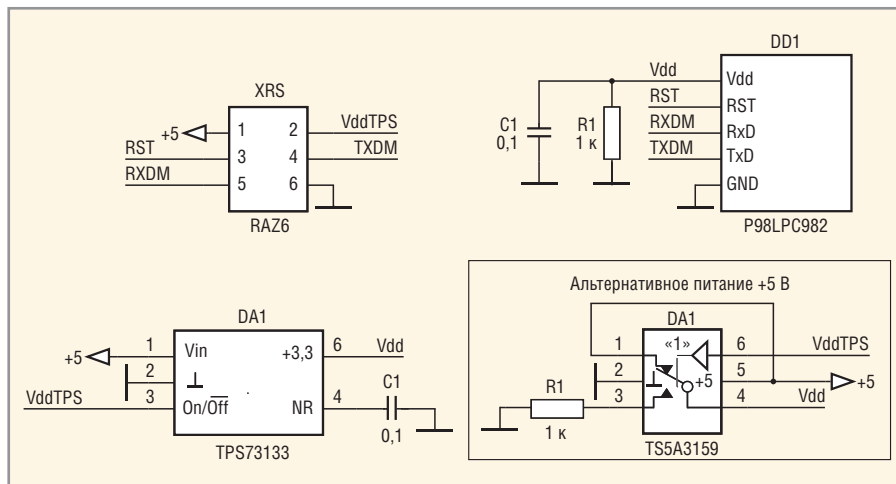


Рис. 3. Пример схемы подключения микроконтроллера с активным низким уровнем сигнала RST к выходу гальванической развязки на базе ИС TRS3243

график «Vamp(2) = 4.94 V». Необходимо отметить, что микросхема ADUM7441 оборудована схемой защиты входа от положительных и отрицательных перенапряжений. Эта схема отсекает небольшое отрицательное напряжение (-0,6 В), которое является следствием работы стабилитрона в режиме обычного диода, и не влияет на работу развязки. Таким

образом, сигнал RST имеет уровни напряжения, находящиеся в диапазоне работы TTL (0 В и +5 В). Если на вход гальванической развязки подать «чистый» TTL-сигнал, снятый с приёмника преобразователя RS-232, то на выходе гальванической развязки появится сигнал, аналогичный нижней осциллограмме голубого цвета (см. рис. 5б).

В верхнем правом углу рисунка 5 отображена частота сигналов 57,6 кГц («57.5877 kHz»), которая соответствует максимальной скорости работы интерфейса RS-232 (115 200 бод).

Разводка печатных плат гальванических развязок для схем, приведённых на рисунке 1 (см. рис. ба) и рисунке 4 (см. рис. бб), и схемы включения DC/DC-преобразователя по схеме

**innODISK**  
Beyond your imagination

**EverGreen**

A Perfect HDD Replacement Solution!



**Отличная замена  
жесткому диску**

**Твердотельные накопители для баз данных**

- \* большой рабочий ресурс
- \* высокая производительность
- \* экономичность
- \* MLC-технология с архитектурой L2
- \* поддержка SMART



**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ INNODISK**

**PROSOFT® 20 ЛЕТ**

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

Реклама

**Активный компонент  
вашего бизнеса**



**PROSOFT**<sup>®</sup>  
COMPONENTS

Опираясь на многолетний опыт применения компонентов, ПРОСОФТ предлагает

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

**SHARP**  
*Grayhill*

**BULGIN**  
**Switchcraft**

**anadigm**<sup>™</sup>  
**HARTING** Pushing Performance

**NUO**

**RFHIC**  
www.rfhic.com

**CREE**

**MPS**  
Monolithic Power Systems

**austriamicrosystems**

**MICROMETALS**

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

Реклама

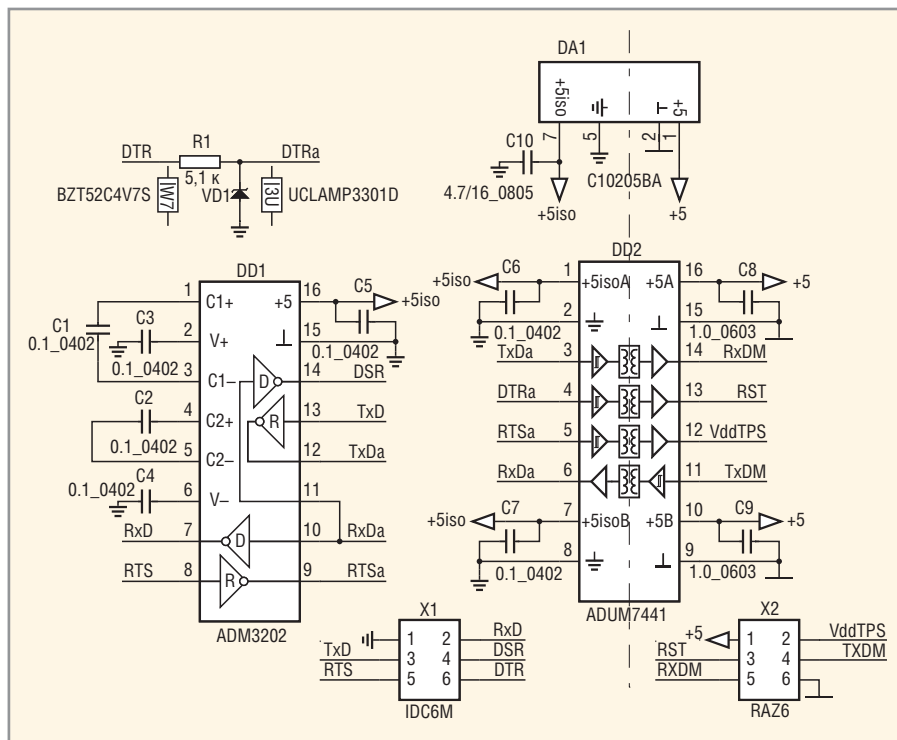


Рис. 4. Схема гальванической развязки на базе преобразователя ADM3202ARUZ, защитного стабилизатора UCLAMP3301D (или BZT52C4V7) и цифрового изолятора ADUM7441

рис. 2 (см. рис. 6в) сделаны с помощью программы Sprint LayOut 5. Сами платы (см. рис. 7) изготовлены с помощью метода, достаточно подробно описанного в [2, 3].

Вторая группа проблем, с которой столкнулся автор, связана с изготовлением DC/DC-преобразователя, как автономного (например, на основе трансформаторного драйвера MAX253), так и встроенного в микросхему гальванической развязки ADUM3473.

Следует отметить, что существуют и другие ИС, имеющие встроенный 5-В преобразователь, например, ADUM524X

и ADUM54XX. Однако в процессе работы первая ИС очень сильно нагревается (до 50°C), даже без нагрузки, что затрудняет конструктивное исполнение малогабаритных устройств на её основе. Микросхема ADUM54XX выпускается в достаточно габаритном корпусе WSOIC16 и стоит существенно дороже. В итоге от использования микросхем ADUM54XX и ADUM524X пришлось отказаться.

### МОТОЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

Главной проблемой отечественных разработчиков DC/DC-преобразова-

телей является изготовление высоко-частотного импульсного трансформатора, поскольку номенклатура готовых моточных изделий такого типа почти не представлена на российском рынке. Тип магнитопровода, как правило, ферритового кольца, определяется частотой работы трансформатора, которая приведена в описании трансформаторного драйвера. Например, для микросхемы MAX253 частота работы составляет 350...500 кГц, а для драйвера микросхемы ADUM3473 она вдвое выше (500...1000 кГц).

При работе ВЧ-трансформатора обязательно возникают потери на перемагничивание (гистерезис), потери в контурных токах и т.п. Феррит характеризуется максимальной граничной частотой работы, при которой потери не превышают 10% ( $\text{tg}\delta < 0,1$ ). Например, для отечественных ферритов марки 2000НМ эта граничная частота составляет 0,45 МГц, 1500НМ – 0,6 МГц, 1000НМ – 1,0 МГц. Отсюда следует, что для трансформатора преобразователя на ИС MAX253 (0,35...0,5 МГц) оптимальной маркой феррита является 2000НМ, а для ADUM3473 (0,5...1,0 МГц) – 1500НМ и 1000НМ.

Можно приобрести импортные ферриты, потери в которых несколько меньше, например, феррит марки N87 немецкой фирмы EPCOS (приблизительно соответствует 2200НМ). Кроме того, кольца из феррита N87 EPCOS имеют скруглённые кромки и специальное диэлектрическое покрытие, которое выдерживает

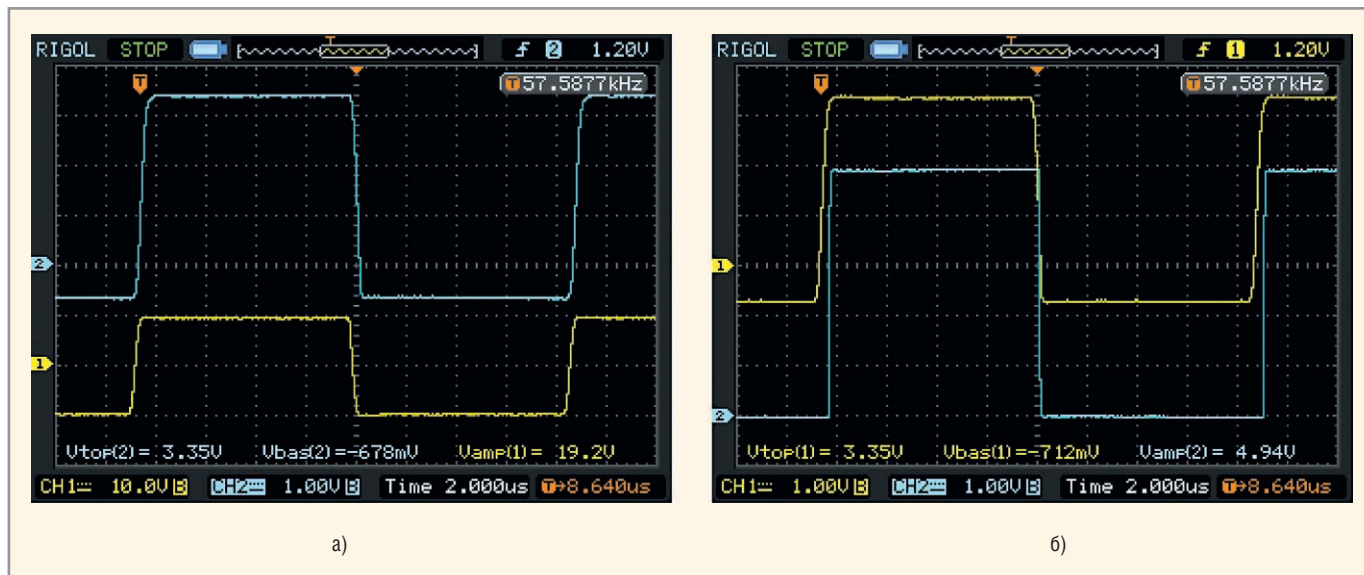


Рис. 5. Осциллограммы работы преобразователя RS232 → TTL

(а) На базе защитного стабилизатора UCLAMP3301D, (б) входные и выходные сигналы цифрового изолятора ADUM7441

вадет достаточно высокую температуру.

Если исходить из мощности трансформатора, то при достаточно малом токе (потребление тока преобразователями RS-232 и гальваническими развязками в сумме не превышает 20 мА) размеры кольца могут быть минимальными. Например, для работы ИС MAX253 рекомендуется использовать ферритовый сердечник тороидальной формы Philips 213CT050-3B7 с внешним диаметром  $d = 4,8$  мм и высотой  $b = 1,27$  мм. Трансформатор, изготовленный на таком сердечнике, должен содержать две первичные обмотки по 22 витка с общей индуктивностью 832 мкГн. Коэффициент трансформации составляет примерно 1,3, т.е. две вторичные обмотки должны содержать по 28 витков.

Вручную намотать такое количество витков провода на кольцо диаметром менее 5 мм и высотой менее 1,5 мм, да ещё оставить зазор между обмотками практически невозможно. На кольцах же диаметром более 6 мм трансформатор можно намотать без особых проблем. Стоимость отечественных ферритовых колец и колец EPCOS N87 (например,  $R6,3 \times 3,8 \times 2,5$  мм) диаметром до 7 мм не превышает 5 руб. за штуку. Необходимо также отметить, что в настоящее время фирма EPCOS выпустила новый материал N95, имеющий ещё меньшие потери, чем N87.

Число витков двух первичных обмоток определяется индуктивностью, которая указана в описании микросхемы преобразователя. Например, для MAX253 рекомендуется индуктивность каждой из двух первичных обмоток 200 мкГн, для ADUM3473 – в два раза меньше (за счёт удвоенной частоты). Поскольку индуктивность пропорциональна квадрату числа витков, то индуктивность двух обмоток по 200 мкГн, соединённых последовательно, составляет 800 мкГн.

Чтобы определить число витков первичной обмотки, следует намотать на имеющееся кольцо пробную обмотку – 10–30 витков провода диаметром 0,15 мм марки ПЭЛ – и измерить её индуктивность. Например, для кольца 2000НМ  $R4 \times 2,5 \times 1,2$  мм 20 витков соответствуют индуктивности 78 мкГн, 30 витков – 140 мкГн; для кольца 1500НМ  $R5 \times 3 \times 1,5$  мм 15 витков соответствуют 55 мкГн, 20 витков – 93 мкГн, 30 витков – 220 мкГн. Для

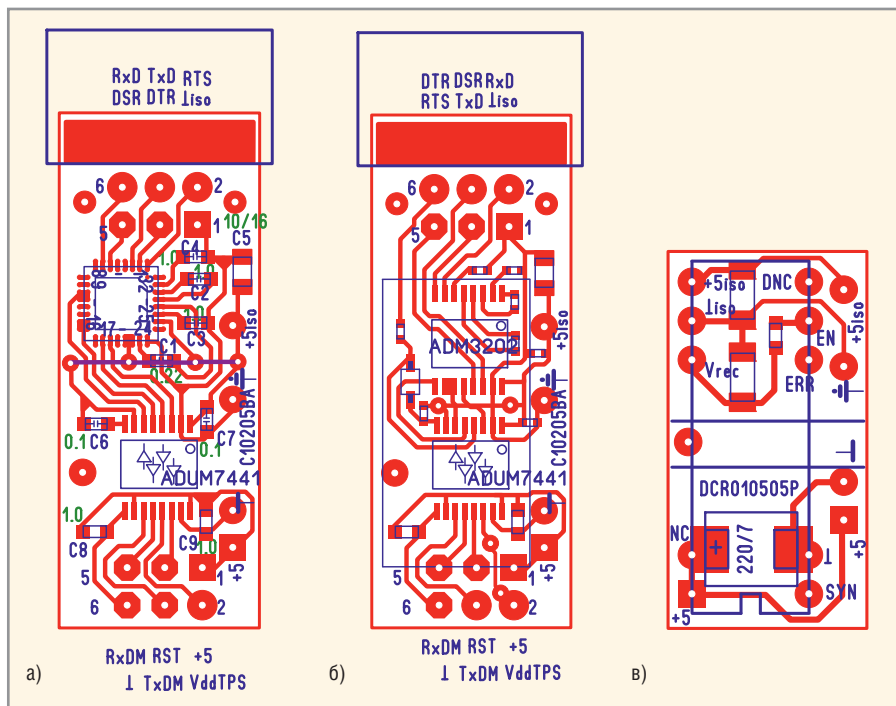


Рис. 6. Варианты разводки печатных плат для схем, приведённых на рис. 1а, 4б и 2в

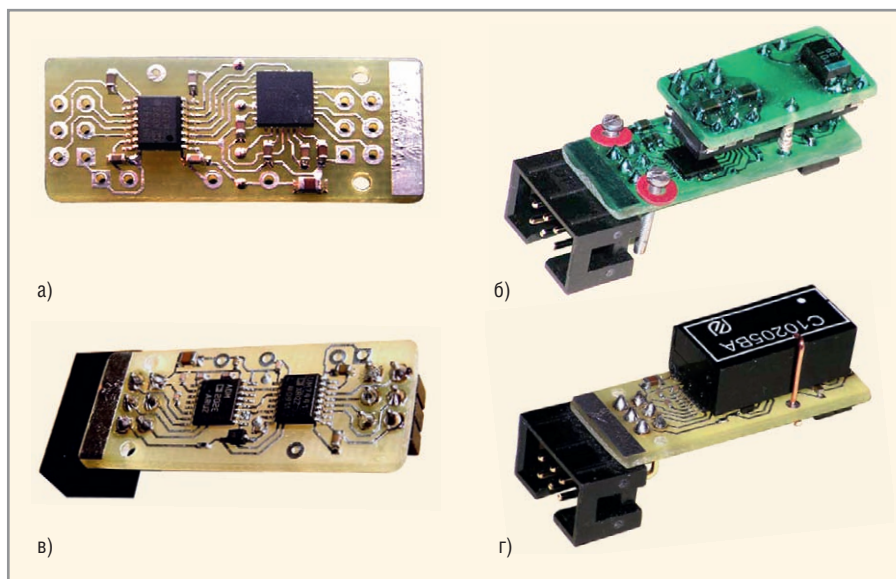


Рис. 7. Фотографии готовых устройств на печатных платах

(а) Плата по схеме рис. 1 без установленных разъёмов и DC/DC-преобразователя, (б) та же плата с разъёмами и установленным преобразователем на микросхеме DCR010505P (см. рис. 2), (в) готовая плата по схеме рис. 4 без преобразователя, (г) та же плата с установленным преобразователем C10205BA

кольца EPCOS N87  $R6,3 \times 3,8 \times 2,5$  мм 10 витков соответствуют индуктивности 88 мкГн, 15 витков – 200 мкГн, 32 витка – 890 мкГн. Рекомендуемый коэффициент трансформации для преобразователя на ИС MAX253 составляет 1,5...2, поэтому количество витков каждой из двух вторичных обмоток должно быть в диапазоне 23–30 при 15 витках провода в каждой первичной обмотке.

Для обеспечения необходимой изоляции, обмотки должны располагаться на кольце так, чтобы расстояние меж-

ду крайними концами первичной и вторичной обмоток (их внутренних частей) превышало 2...2,5 мм. Желательно, чтобы провод был намотан «виток к витку», а не «в навал», т.е. на внутренней части кольца каждый виток должен касаться соседнего без зазора. При расположении обмоток в два слоя с каждой стороны, диаметре провода 0,15 мм и количестве витков во вторичных обмотках 25 (коэффициент трансформации  $25/15 \approx 1,7$ ) удаётся оставить зазор 2,5 мм между обмотками на внутренней поверхности

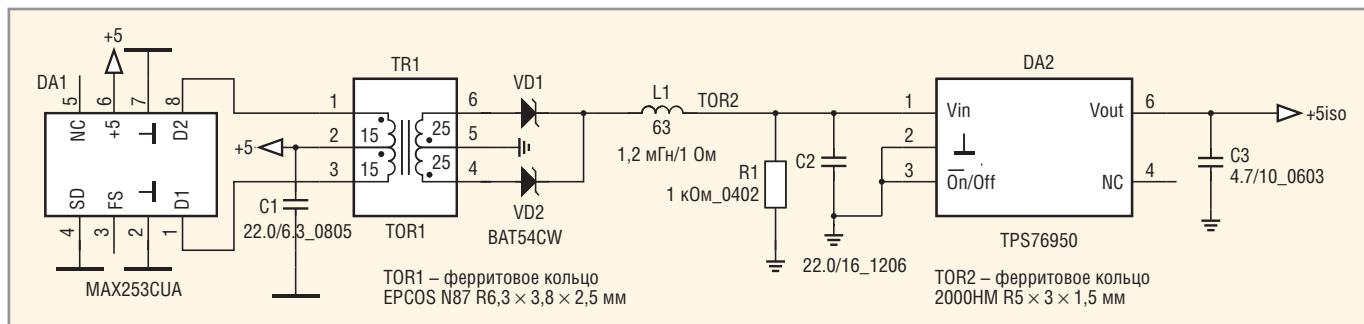


Рис. 8. Схема DC/DC-преобразователя на базе микросхемы трансформаторного драйвера MAX253CUA

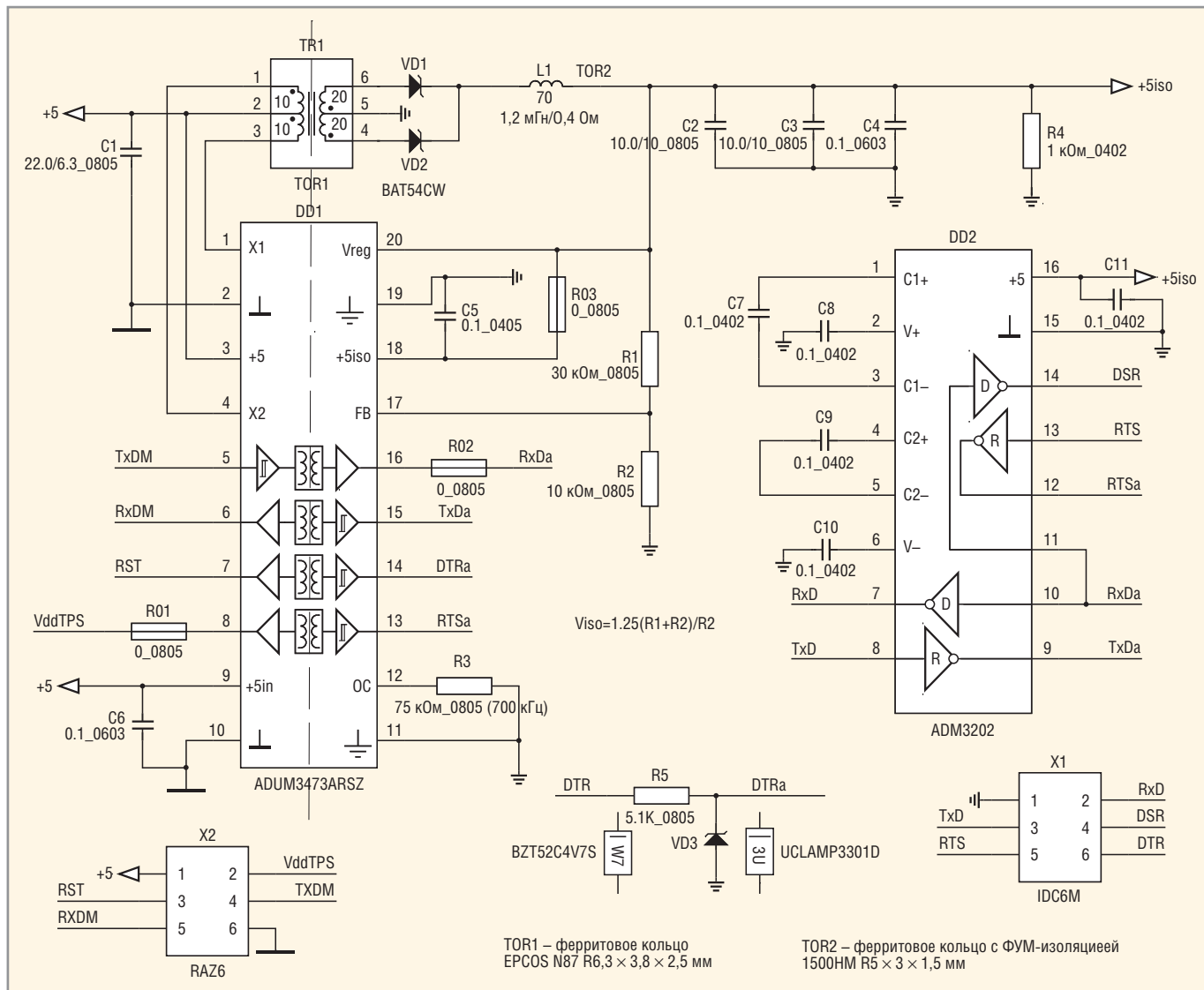


Рис. 9. Схема гальванической развязки интерфейса RS232 на базе цифрового изолятора ADUM3473 и преобразователя ADM3202

кольца. Наматывать обмотки следует двойным проводом, а затем соединить конец первой обмотки с началом второй – это и будет средняя точка. Учитывая рекомендуемую индуктивность 60...100 мкГн для ИС ADUM3473, можно определить, что каждая первичная обмотка должна иметь по 10 витков (88 мкГн). Рекомендуемый коэффициент трансформации для ADUM3473 составляет 2, поэтому в каждой вторичной обмотке должно быть по 20 витков.

Сглаживающий дроссель лучше наматывать на ферритовом кольце. Рекомендуемая минимальная индуктивность такого дросселя для преобразователя на ИС MAX253 составляет 22 мкГн с активным сопротивлением не более 1 Ом, для ADUM3473 – 47 мкГн (1 Ом). Для изготовления дросселя подойдут отечественные ферритовые кольца марок 1500HM или 2000HM самых маленьких диаметров (4 и 5 мм). Поскольку у таких колец довольно острые кромки и они не имеют изолирую-

щего покрытия, перед намоткой провода необходимо сгладить кромки наждачной бумагой.

Можно использовать провод типа ПЭЛШО (ПЭЛО), который имеет прочную, двойную изоляцию. Недостатком такого провода является диаметр внешней оплётки 0,3 мм при диаметре жилы 0,1 мм, поэтому на маленькое кольцо помещается небольшое количество витков провода. Если же кольцо со сточенными кромками предварительно обмотать нарезанными вдоль

полосками ленты ФУМ (фторопласт 0,2 мм), то обмотки можно выполнить проводом ПЭЛ. Для разнообразия дроссель для DC/DC-преобразователя на MAX253 был сделан первым способом, а дроссель для ADUM3473 – вторым.

В схеме, показанной на рисунке 8, применён стабилизатор +5 В на ИС TP576950 (DA2) с малым падением напряжения (35 мВ при токе 50 мА). Входное напряжение стабилизатора составляет приблизительно 7,5 В без нагрузки и падает до 5 В при токе нагрузки в 100 мА. Размах ВЧ-пульсаций выходного напряжения составляет около 7 мВ при токе нагрузки 100 мА и 5 мВ при токе нагрузки в 50 мА. Трансформатор TR1 намотан на ферритовом кольце EPCOS N87 R6,3 × 3,8 × 2,5 мм. Две первичные обмотки содержат по 15 витков провода ПЭЛ 0,15 и намотаны в два слоя. Две вторичные обмотки содержат по 25 витков того же провода в два слоя. Дроссель L1 намотан на ферритовом кольце 2000NM R5 × 3 × 1,5 мм, содержит 63 витка провода ПЭЛШО 0,1, имеет индуктивность около 1,2 мГн и активное сопротивление 1 Ом. Намотка произведена в два слоя (точнее, на внешней поверхности кольца витки расположены в один слой до полного заполнения (виток к витку), а на внутренней поверхности – в два слоя). Номиналы и размеры конденсаторов и резистора для поверхностного монтажа указаны на схеме. Резистор R1 обеспечивает минимальную нагрузку преобразователя.

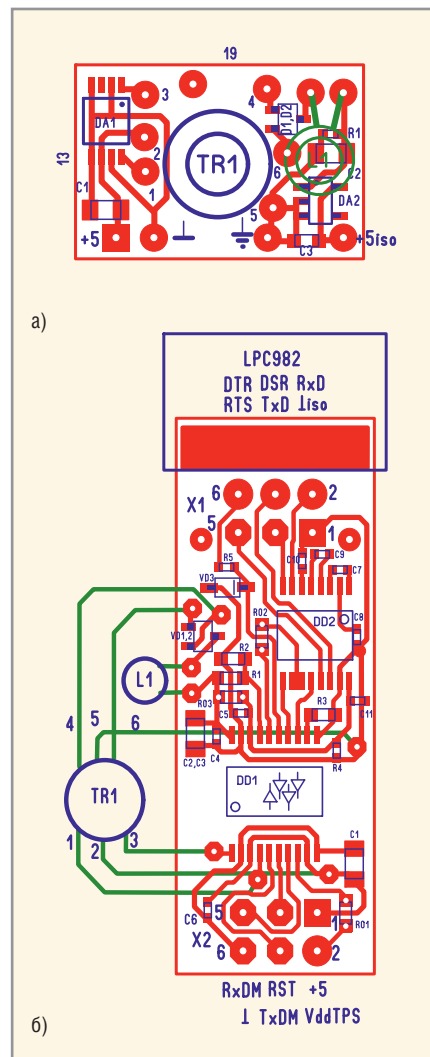
В схеме, приведённой на рисунке 9, резисторы R1 и R2 определяют выходное стабилизированное напряжение DC/DC-преобразователя, равное +5 В, R3 – частоту его работы (700 кГц), R4 – необходимую минимальную нагрузку. Трансформатор TR1 намотан на ферритовом кольце EPCOS N87 R6,3 × 3,8 × 2,5 мм. Две первичные обмотки содержат по 10 витков провода ПЭЛ 0,15 и намотаны в один слой. Две вторичные обмотки содержат по 20 витков того же провода в один слой. Дроссель L1 намотан на ферритовом кольце 1500NM R5 × 3 × 1,5 мм, предварительно обмотанном двойным слоем ленты ФУМ, содержит 70 витков провода ПЭЛ 0,15, имеет индуктивность около 1,2 мГн и активное сопротивление 0,4 Ом. Номиналы и размеры конденсаторов и резисторов для поверхностного монтажа указаны на схеме.

Выходное напряжение DC/DC-преобразователя (+5 V iso) стабильно вплоть до максимального тока нагрузки в 100 мА (в отсутствие преобразователя ADM3202). Размах высокочастотных пульсаций составляет менее 1 мВ при токе нагрузки 100 мА. При уменьшении тока нагрузки до 50 мА размах пульсаций снижается, и оценить его с помощью осциллографа автору не удалось.

**ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ**

Как упоминалось выше, разводка печатных плат DC/DC-преобразователя на ИС MAX 253 (см. рис. 10а) и гальванической развязки на ADUM3473 (см. рис. 10б) сделана автором с помощью программы SprintLayout 5.

Фотошаблоны плат (для MAX253 и ADUM3473) напечатаны лазерным принтером (HP-3015) на матовой плёнке GRM A4, предназначенной для печати негативов. В отличие от кальки, матовая плёнка имеет более ровную и однородную поверхность, поэтому негатив получается более качественным для дорожек шириной более 0,2 мм (плата с ИС MAX253 разведена так, что ширина дорожек составляет 0,4 мм, а самые узкие дорожки на плате с ADUM3473 имеют ширину 0,3 мм). Плотность негатива, напечатанного на матовой плёнке, несколько выше, чем на фотоплёнке при использовании метода фоторепродукции, что позволяет сде-



**Рис. 10. Варианты разводки печатных плат**  
(а) DC/DC-преобразователя по схеме рис. 8, (б) гальванической развязки по схеме рис. 9



**KERAFOL®**  
Качество из Германии



Реклама

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



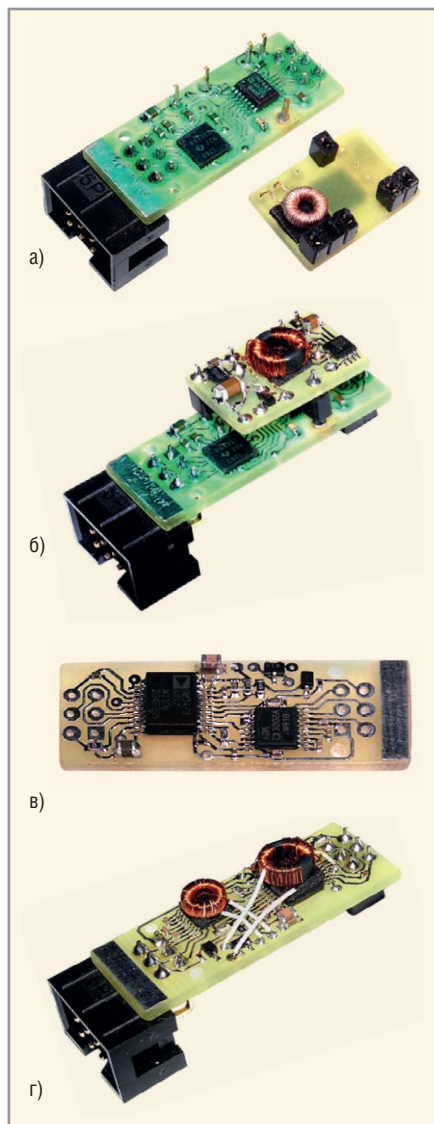
Официальный дистрибьютор в России: ЗАО «РЕОМ СПб»

**KERATHERM®**  
Материалы для отвода тепла

Россия, 196105, Санкт-Петербург, пр-т. Ю. Гагарина, д. 1

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

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



**Рис. 11. Фотографии готовых устройств на печатных платах**

(а) Плата гальванической развязки по схеме рис. 1 без установки DC/DC-преобразователя (левая плата) и обратная сторона платы DC/DC-преобразователя по схеме рис. 8 (правая плата), (б) та же плата с установленным преобразователем, (в) плата гальванической развязки на базе ADUM3473 по схеме рис. 9 без трансформатора, дросселя и разъёмов, (г) та же плата в собранном виде

лать более качественную засветку фоторезиста. Негатив может быть напечатан лазерным принтером и на универсальной прозрачной плёнке LOMOND 0710421. В обоих случаях для печати желательно использовать новый картридж.

При печати негатива непосредственно из программы SprintLayout качество печати в местах изломов линий недостаточно высокое. Для получения качественного негатива автор рекомендует следующую процедуру. Из программы SprintLayout негатив «распечатывается» в файл

\*.pdf, при этом разрешение монохромного принтера устанавливается максимальным, т.е. 4000 dpi. Затем файл \*.pdf распечатывается на лазерном принтере с максимальным разрешением (1200 dpi). В настройках принтера необходимо выбрать максимальную плотность тонера, наилучшее качество отпечатка, а также самую плотную бумагу.

Хотя максимальное разрешение современных лазерных принтеров не превышает 1200 dpi, за счёт ретуширования, предусмотренного в программном обеспечении принтера, линии получаются плавными.

Фотошаблон может быть также распечатан и на струйном принтере. Максимальное разрешение современных струйных принтеров составляет 2400 dpi. Автор экспериментировал с принтером Canon Pixma MG5140, имеющим максимальное разрешение 9600 × 2400 dpi. При использовании прозрачной плёнки LOMOND 0708411, предназначенной для струйной печати, качество негатива заметно выше, чем у лазерного принтера, однако несколько хуже, чем у фотоплёнки при использовании метода фоторепродуцирования. Недостаточное разрешение принтера приводит к тому, что наклонные линии имеют ступенчатую форму, а вертикальные линии – размытые границы.

Помимо плёнки LOMOND 0708411, автор экспериментировал с двумя другими плёнками: Full Mark TPICL20 и Avery Zweckform Z2503. Плёнка TPICL20 показала результат, аналогичный результату плёнки LOMOND 0708411, а вот плёнка Z2503 приятно удивила полным отсутствием дефектов в виде прозрачных точек. Хотя эта плёнка в 3,5 раза дороже плёнки LOMOND, она предпочтительнее для печати негатива на струйном принтере.

Сами печатные платы (см. рис. 11) изготовлены с помощью метода, описанного в [2, 3]. Трансформатор DC/DC-преобразователя на ИС MAX253 приклеен к поверхности платы со стороны расположения компонентов двухсторонней липкой лентой (см. рис. 11б), а дроссель – к обратной стороне платы (см. рис. 11а). Трансформатор гальванической развязки на базе микросхемы ADUM3473 приклеен к её поверхности липкой лентой, а дроссель – на поверхность микросхемы ADM3202 (см. рис. 11г).

При сравнении готовых устройств гальванических развязок на рис. 11б и 11г можно заметить, что устройство на базе ADUM3473 выглядит более «изящно», чем гальваническая развязка на базе ADUM7441 с установленным DC/DC-преобразователем. К сожалению, микросхема ADUM3473 пока труднодоступна и обходится существенно дороже.

Необходимо отметить, что существует способ, позволяющий выполнить гальваническую развязку вообще без DC/DC-преобразователя, если использовать линии питания 5 В любого из свободных разъёмов USB управляющего компьютера. Для этого необходимо вывести провод из разъёма RS-232, снабдить этот провод ответным разъёмом USB и подключить к разъёму компьютера. Дополнительный провод с питанием +5 В можно включить в тот же кабель, по которому передаются сигналы RS-232. Этим методом автор пользовался неоднократно.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гальванические развязки, сконструированные на микросхемах в корпусах для поверхностного монтажа с малым расстоянием между выводами, позволяют значительно экономить место на плате и создавать малогабаритные и недорогие конструкции. Самостоятельное изготовление импульсных трансформаторов и дросселей на ферритовых кольцах под силу любому разработчику. Результатом является высокая стабильность выходного напряжения преобразователя гальванической развязки, низкий уровень помех и пульсаций.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьминов А. Современные аппаратные средства связи микроконтроллера с компьютером по интерфейсу RS-232. Компоненты и технологии. 2006. № 3–5.
2. Кузьминов А. Метод фоторепродуцирования для изготовления фотошаблона печатных плат в домашних условиях. Технологии в электронной промышленности. 2010. № 5–7.
3. Кузьминов А. Изготовление устройств на печатных платах с высоким разрешением в домашних условиях. Технологии в электронной промышленности. 2010. № 8–10.
4. www.microcompsys.narod.ru.



# ЗАО «НПФ «ДОЛОМАНТ»

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА СЛУЖБЕ ОТЕЧЕСТВУ



## ★ Поставляет

электронные компоненты в качестве второго поставщика (номенклатура порядка 400 тыс. наименований более 60 зарубежных производителей) при сотрудничестве с группой компаний ПРОСОФТ

## ★ Производит

промышленные и встраиваемые компьютеры (в форматах CompactPCI, VME, EPIC, 3,5", PC/104, MicroPC, AT96, PICMG, Mini-ITX, ATX), платы для монтажа на DIN-рейку, а также каркасы, шлейфы, кабели и аксессуары, предназначенные для работы в жестких условиях эксплуатации с военной приемкой

## ★ Разрабатывает

программные и аппаратные средства по техническому заданию заказчика под контролем военного представительства

## ★ Обеспечивает проведение специальных проверок и исследований

поставляемого электронного оборудования

## ★ Располагает производственным высокоавтоматизированным оборудованием для поверхностного монтажа электронных модулей

которое соответствует уровню требований мировых производителей, адаптировано к использованию бессвинцовой технологии, позволяет производить автоматическую разбраковку и рентгеновский контроль качества пайки

## ★ Имеет лицензии

на разработку и производство электронных средств для вооружения, 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

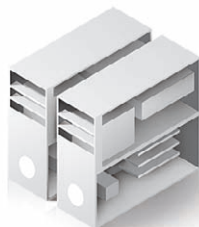
## ★ Осуществляет контрактное производство электроники любой сложности

9 лет • 1010 клиентов • 1500 проектов/3450 заказов



## ★ Монтаж печатных плат

Уникальные автоматизированные технологические линии для SMT и THT (DIP) монтажа. Все виды работ стандарта ГОСТ и IPC.



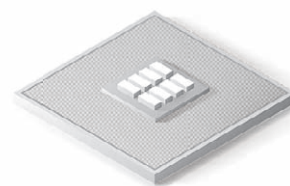
## ★ Сборка приборов, стоек, шкафов

Производство электроники полного цикла.



## ★ Поставка печатных плат

ДОЛОМАНТ является генеральным дистрибьютором компании SEP (Корея), одного из мировых лидеров среди производителей печатных плат.



## ★ Электронные компоненты

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

### Контакты

Россия, 117437, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 108  
Тел.: (495) 234-0639, факс: (495) 232-1654  
E-mail: info@dolomant.ru

### Заказные разработки

E-mail: cd@dolomant.ru

### Контрактное производство электроники

Россия, 117432, г. Москва, ул. Введенского, д. 3  
Тел.: (495) 739-0775, факс: (495) 739-0776  
E-mail: product@dolomant.ru

# Моделирование системы антенна – обтекатель в пакете программ FEKO

Наталья Кисель

В статье приведены результаты моделирования характеристик антенны, укрытой обтекателем. Представлены численные результаты, полученные с помощью специализированного программного продукта FEKO, который предназначен для электромагнитного моделирования СВЧ-техники. Метод решения, положенный в основу этого пакета, позволяет эффективно оптимизировать структуры больших электрических размеров.

## ВВЕДЕНИЕ

Разработки бортовых и наземных антенн, укрытых обтекателем, в настоящее время невозможны без использования современных технологий проектирования, учитывающих разнобразную топологию структуры, включая возможности синтеза и оптимизации формы обтекателя и взаимное расположение обтекателя и антенной системы.

Основными задачами проектирования обтекателя является обеспечение высокой радиопрозрачности, сохранение формы и ориентации диаграммы направленности антенны при всех углах сканирования. Например, самолётные антенные обтекатели должны обеспечить высокую прозрачность для радиоизлучения в угловом диапазоне  $\pm 85^\circ$  от носового направления на обтекатель, одновременно являясь частью силового корпуса фюзеляжа. Даже качественно выполненные обтекатели уменьшают дальность действия антенных систем, поскольку коэффициент радиопрозрачности находится в пределах 0,7...0,85, а угловые ошибки определения направления на цель достигают десятков угловых минут.

При проектировании обтекателей требуется учёт элементов силовых конструкций на обтекателе и аэродинамических требований к форме обтекателя [1, 2]. Необходимость совпадения поверхности обтекателя с обводами самолёта, наличие силовых элементов на поверхности обтекателя приводят к искажению диаграммы направленности [3]. Поскольку обтекатель находится в ближней зоне по отношению к размерам антенны, наибольшие изменения диаграммы проявляются в области боковых лепестков, что связано с влиянием обтекателя на распределение поля в апертуре антенны.

Электродинамические модели обтекателей должны предусматривать возможность расчёта их характеристик в широкой полосе частот, обеспечивая требования малой радиолокационной заметности. Основной вклад в эффективную поверхность рассеяния (ЭПР) вносят зеркальные отражения электромагнитных волн от поверхности обтекателя, рассеяния волн на оконечности обтекателя большой кривизны («носике»), возбуждение поверхностной волны на диэлектрической стенке и её отражения от неоднородностей

материала, стыков, сочленения обтекателя и металлического корпуса. Как указано в [2], наибольшие значения ЭПР имеют место, когда «блестящая» точка на поверхности обтекателя находится в области её малой кривизны при нормальном падении волны на носовую часть обтекателя. За счёт нарушения электрической однородности в местах соединения материала обтекателя с корпусом самолёта образуются «блестящие» точки с уровнем ЭПР 0,1...1 м<sup>2</sup>. Это совершенно неприемлемо для летательных аппаратов пятого поколения, для которых уровень ЭПР должен находиться в пределах 0,01...0,1 м<sup>2</sup>. Кроме того, электродинамические модели обтекателей должны предусматривать возможность расчёта их характеристик в широкой полосе частот, обеспечивая требования малой радиолокационной заметности.

В работах [3–10] рассмотрены различные подходы к моделированию частных случаев антенн, укрытых обтекателем. В качестве метода решения использованы конечно-разностный метод [2], метод физической оптики [10] и метод моментов. Особое внимание уделено расхождению диаграмм направленности антенны с обтекателем в носовой части обтекателя.

Алгоритмы, применяемые для анализа характеристик модели, базируются на методах геометрической оптики без учёта многократных отражений от стенки обтекателя. Данный подход может быть адаптирован для любого типа антенны, при любом способе сканирования лучом, для любой поверхности обтекателя, образующая (обвод) ко-

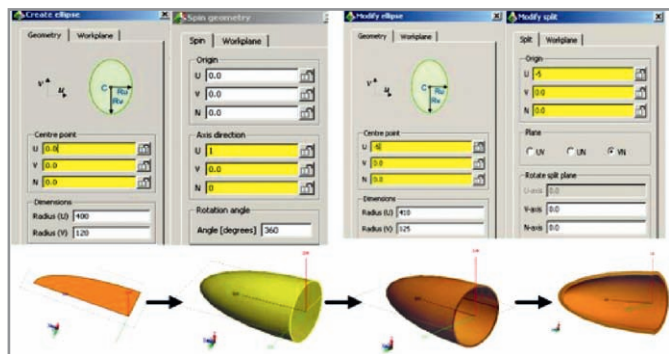


Рис. 1. Этапы моделирования системы антенного обтекателя в пакете программ FEKO

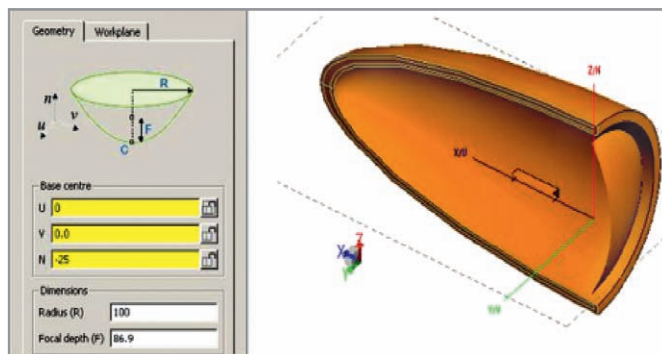


Рис. 2. Моделирование системы антенна – обтекатель в пакете программ FEKO

торого задана аналитически, и любой конструкции стенки, выполненной из изотропных (силовые слои) и анизотропных (сотовый наполнитель) материалов.

Дополнительным источником погрешностей существующих методов анализа является аппроксимация плоскостью фронта волны, падающей на внутреннюю стенку обтекателя. В реальных условиях фронт падающей волны не является плоским, поскольку обтекатель находится в ближней зоне излучающих антенн.

При численном моделировании электродинамических характеристик антенн в присутствии диэлектрической оболочки одной из важнейших задач является адекватное моделирование системы. В резонансной области наибольшее распространение получили методы, использующие строгую постановку задачи, например метод интегральных уравнений (ИУ) [7]. При больших линейных электрических размерах обтекателя обычно применяют метод геометрической оптики, а для моделирования систем с электрическими параметрами 10...100 длин волн используют методы физической оптики.

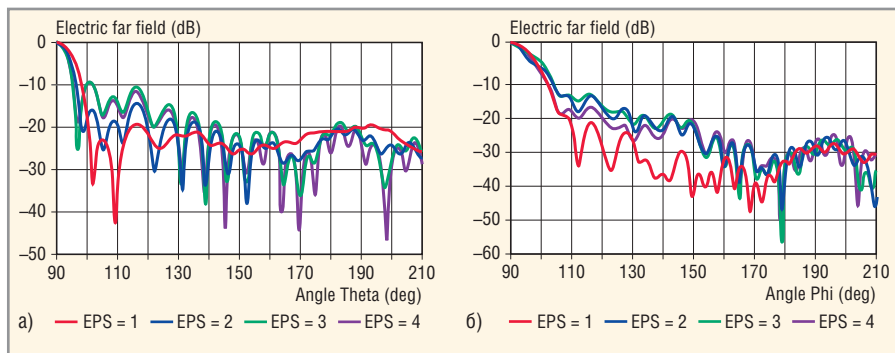


Рис. 3. Диаграммы направленности системы антенна – обтекатель при различных значениях диэлектрической проницаемости

а) в E-плоскости,  $\varphi = 0^\circ$ ; б) в H-плоскости,  $\theta = 90^\circ$

Применение каждого из этих методов имеет границы целесообразности (например, при больших размерах обтекателя для строгих подходов) или приводит к существенным погрешностям расчёта поля в определённых угловых направлениях (например, в области носовой части обтекателя для методов физической и геометрической оптики). Наиболее интересным представляется сочетание методов геометрической и физической оптики и метода ИУ при анализе влияния обтекателей на характеристики антенн, что позволяет выполнить более точ-

ный анализ характеристик больших обтекателей во всём угловом диапазоне.

Таким образом, различные подходы к анализу характеристик системы антенна – обтекатель имеют ряд существенных ограничений, и, кроме того, в их рамках можно реализовать частные случаи геометрии как обтекателя, так и типа антенны. Наиболее широкие возможности для решения рассматриваемой задачи предоставляют специализированные программные пакеты электромагнитного проектирования FEKO, HFSS и CST Microwave Studio.

Дни, недели и месяцы уходят на электродинамические расчеты?







# AWR Microwave Office —

## скорость и точность моделирования Вашего проекта

AWR Microwave Office является уникальной технологией высокоскоростного электромагнитного моделирования СВЧ-устройств

Реклама

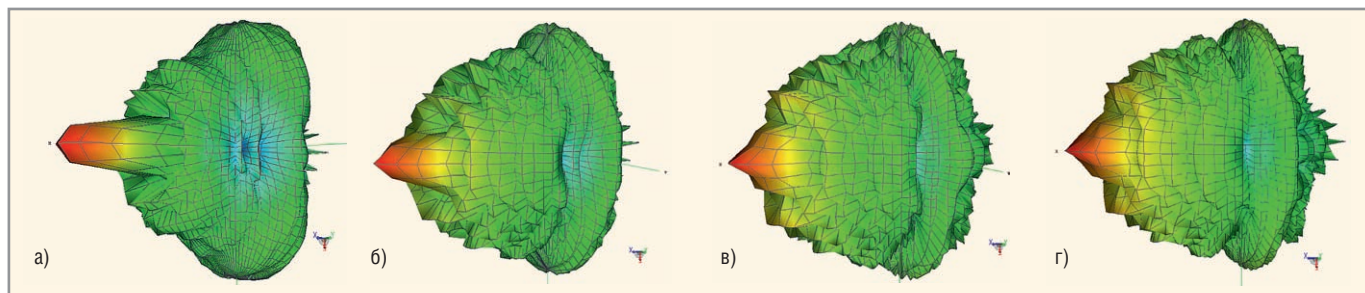
Дизайн-проекты, техническая поддержка и обучение

Тел: +7 (499) 613-2688 [www.rodnik.ru](http://www.rodnik.ru)

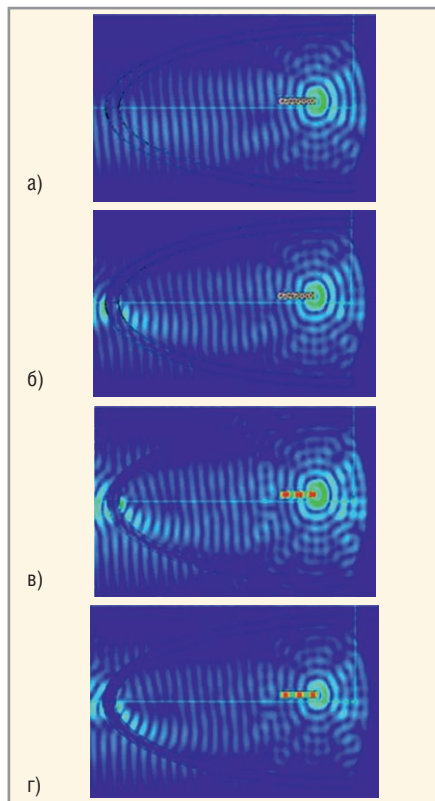


20 лет

ПОЛЕТ НОРМАЛЬНЫЙ

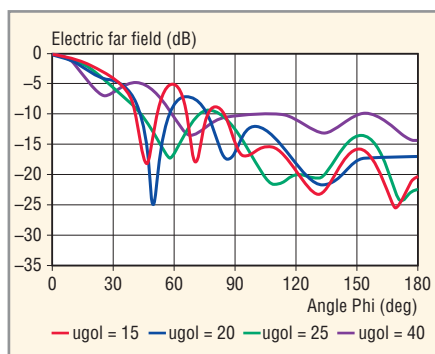


**Рис. 4.** Трёхмерные диаграммы направленности системы антенна – обтекатель при различных значениях диэлектрической проницаемости  
а)  $\epsilon = 1$ ; б)  $\epsilon = 2$ ; в)  $\epsilon = 4$ ; г)  $\epsilon = 6$

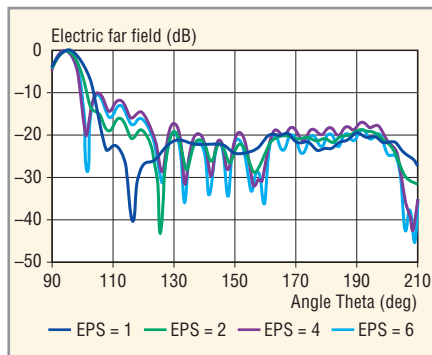


**Рис. 5.** Распределение напряжённости электрического поля в ближней зоне для системы антенна – обтекатель в Е-плоскости при различных значениях диэлектрической проницаемости  
а)  $\epsilon = 1$ ; б)  $\epsilon = 2$ , в)  $\epsilon = 4$ ; г)  $\epsilon = 6$

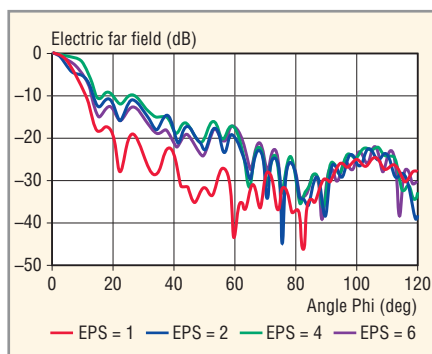
В настоящей работе моделирование характеристик системы антенна – обтекатель выполнено на основе пакета



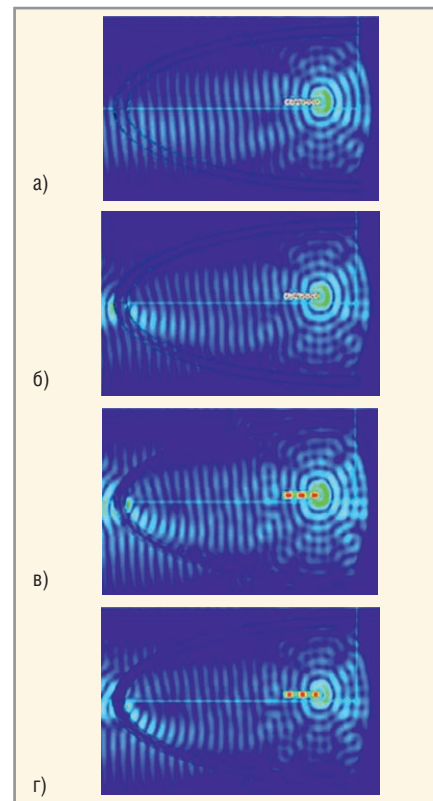
**Рис. 9.** Диаграммы направленности в Н-плоскости системы антенна – обтекатель при различных значениях угла раскрытия обтекателя



**Рис. 6.** Диаграммы направленности системы антенна – обтекатель при линейных фазовых искажениях в Е-плоскости  
 $\phi = 0^\circ$



**Рис. 7.** Диаграммы направленности системы антенна – обтекатель при линейных фазовых искажениях в Н-плоскости  
 $\theta = 90^\circ$



**Рис. 8.** Распределение напряжённости электрического поля в ближней зоне для системы антенна – обтекатель в Е-плоскости при различных значениях диэлектрической проницаемости и линейных фазовых искажений  
а)  $\epsilon = 1$ ; б)  $\epsilon = 2$ , в)  $\epsilon = 4$ ; г)  $\epsilon = 6$

программ FEKO, в основу которого положены точные методы моделирования и приближённые методы (метод геометрической оптики, метод физической оптики), а также возможность их комбинированного использования.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК АНТЕННЫ С ОБТЕКАТЕЛЕМ

Система антенна – обтекатель представляет собой зеркальную антенну, окружённую обтекателем вытянутой конической формы. Стенки обтекателя характеризуются толщиной  $d$  (которая может быть переменной) и диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ . Модель

задачи в трёхмерном представлении формируется с помощью набора и объединения простейших геометрических фигур. Этапы моделирования системы антенна – обтекатель в пакете FEKO показаны на рисунках 1 и 2. Расчёты выполнялись на частоте 9,375 ГГц, электрическая толщина обтекателя  $kd = 4$ .

На рисунке 3 приведены диаграммы направленности в Е- и Н-плоскостях системы антенна – обтекатель при различных значениях относительной диэлектрической проницаемости  $\epsilon = 1; 2; 4; 6$ . Как и следовало ожидать, материал обтекателя оказывает существенное влияние на диаграмму направленности антенны (см. рис. 4). Наибольшее

влияние на диаграмму направленности наблюдается при увеличении диэлектрической проницаемости материала обтекателя в области бокового излучения в угловом секторе  $\theta = \pm(10^\circ \dots 90^\circ)$  по отношению к нормали на носовое направление.

На рисунке 5 приведено распределение напряжённости электрического поля в ближней зоне для системы антенна – обтекатель при различных электрофизических параметрах материала обтекателя. Видно, что при увеличении диэлектрической проницаемости фазовый фронт волны всё более искривляется, что ведёт к увеличению боковых лепестков и искажению диаграммы направленности. Аналогичные распределения были получены методом ИУ для двумерной задачи антенна – обтекатель.

Кроме того, было исследовано влияние линейных фазовых искажений на диаграмму направленности системы антенна – обтекатель. Смещение фазового центра облучателя в направлении, перпендикулярном оси зеркала, приводило к повороту диаграммы направленности в сторону, противоположную смещению облучателя. Угол поворота диаграммы направленности (в данном случае  $6,3^\circ$ ) определялся смещением облучателя и фокусным расстоянием.

Смещение облучателя из фокуса широко используется для управления диаграммой направленности антенны. На рисунках 6 и 7 изображены диаграммы направленности системы антенна – обтекатель при различном значении диэлектрической проницаемости и линейных фазовых искажениях.

На рисунке 8 изображены распределения поля в ближней зоне системы антенна – обтекатель с различной диэлектрической проницаемостью и линейными фазовыми искажениями. Следует учитывать, что при смещении облучателя из фокуса фазовое распределение поверхности раскрыва нелинейно даже при отсутствии обтекателя, поскольку фаза изменяется не только по линейному закону, но и по кубическому, что приводит к искажению диаграммы направленности. Наличие обтекателя усиливает нелинейность фазового распределения на поверхности раскрыва зеркала. Во избежание значительных искажений, обусловленных кубической фазовой погрешностью, угол поворота диаграммы направленности

не должен превышать удвоенной ширины главного лепестка по половинной мощности.

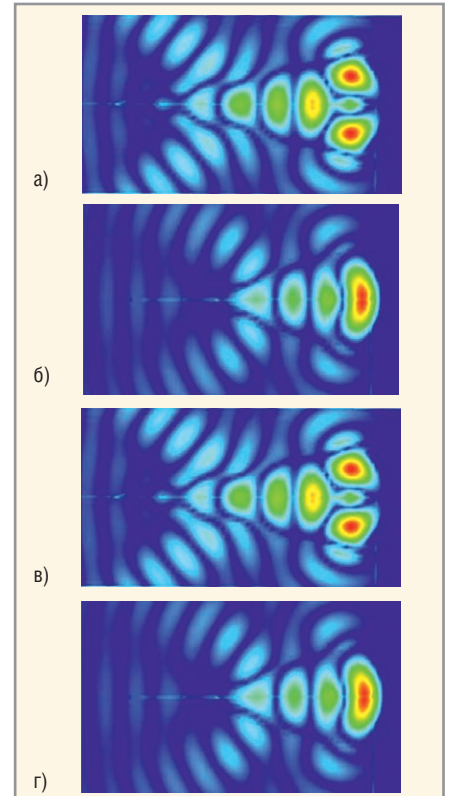
Авторами было исследовано влияние обтекателя конической формы при различных геометрических и электрофизических параметрах обтекателя. Влияние формы обтекателя моделировалось путём изменения угла при вершине обтекателя для внутреннего и внешнего конуса; относительная диэлектрическая проницаемость материала обтекателя составляла  $\epsilon = 4$ . На рисунке 9 приведены диаграммы направленности в Н-плоскости системы антенна – обтекатель. Как видно из семейства диаграмм, рост угла раскрытия в «носовой» части обтекателя приводит к росту бокового излучения, что объясняется увеличением уровня поля, отражённого от обтекателя в направлении зеркала. Распределение напряжённости электрического поля в непосредственной близости от обтекателя показано на рисунке 10.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Программный пакет ФЕКО может быть успешно использован для исследования влияния обтекателя на характеристики антенны на основе строгого электродинамического подхода. Как показали исследования, этот пакет является мощным инструментом решения задач оптимизации геометрических и электрофизических параметров антенного обтекателя с целью снижения его влияния на диаграмму направленности антенны. В рамках пакета программ имеется возможность исследования обтекателей с кусочно-неоднородными электрофизическими параметрами материала. Несомненным достоинством пакета является гибридный подход, позволяющий комбинировать точные и высокочастотные методы решения при моделировании.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Каплуи В.А.* Антенные радиопрозрачные обтекатели (этапы исследований и разработок). Радиотехника. 2002. № 11. С. 6–15.
2. *Бойко М.А., Тутов А.Н., Ястребов В.П.* Обтекатели РЛС самолетов нового поколения. Радиотехника. 2002. № 11. С. 39–40.
3. *Gordon R.K., Mittra R.* Finite Element Analysis of Axisymmetric Radomes. IEEE Trans., Antenna Propagation. July 1993. Vol. AP-41. No 7. P. 975–981.
4. *Singh S., Wilton D.R.* Analysis of an Infinite Periodic Array of Slot Radiators with Dielectric



**Рис. 10. Распределение напряжённости электрического поля в ближней зоне для системы антенна – обтекатель в Е-плоскости при различных значениях угла раскрытия обтекателя**

а)  $\alpha = 15^\circ$ ; б)  $\alpha = 20^\circ$ ; в)  $\alpha = 25^\circ$ ; г)  $\alpha = 40^\circ$

Loading. IEEE Trans., Antenna and Propagation. 1991. Vol. AP-39. No 2. P. 190–196.

5. *Chu R.-S.* Analysis of an Infinite Phased Array of Dipole Elements with RAM Coating on Ground Plane and Covered with Layered Radome. IEEE Trans., Antenna and Propagation. 1991. Vol. AP-39. No 2. P. 164–176.
6. *Bayard P.R.* Analysis of infinite Arrays of Microstrip-Fed dipoles printed on protruding dielectric substrates and covered with a dielectric radome. IEEE Trans., Antenna and Propagation. 1994. Vol. AP-42. No 1. P. 82–89.
7. *Sadigh A., Arva E.* Deformation of Horizontal Radiation Pattern of TV Transmitting Antennas Due to a Thin Dielectric Radome. IEEE Trans., Antenna and Propagation. August 1992. Vol. AP-40. No 8. P. 776–782.
8. *Yurchenko V.B., Aybans A., Nosich A.I.* Numerical Optimization of a Cylindrical Reflector-in-Radome Antenna System. IEEE Trans., Antenna and Propagation. 1999. Vol. AP-47. No 4. P. 668–673.
9. *Altintas A., Ouardani S., Yurchenko V.B.* Approximating circular radome by dielectric slab in the antenna simulations. Microwave Physics and techniques. 1997. P. 291–296.
10. *Rengarajan S.R., Gillespie E.S.* Asymptotic Approximations in Radome Analysis. IEEE Trans., Antenna and Propagation. 1998. Vol. AP-36. No 3. P. 635–644.

# Нестандартизированное оборудование для изготовления волоконно-оптических преобразователей угловых перемещений

Ольга Юрова, Инна Назарова, Мария Мышева,  
Татьяна Мурашкина, Дмитрий Серебряков (г. Пенза)

В статье описана установка для экспериментального исследования дифференциального волоконно-оптического преобразователя угловых перемещений отражательного типа, реализующего дифференциальную схему преобразования оптических сигналов, а также оптический тестер с программируемым микроконтроллером. Приведены результаты юстировки датчиков. Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки в форме гранта.

В работе [1] предложено новое решение дифференциального волоконно-оптического преобразователя угловых перемещений (ВОПУП), который является базовым элементом волоконно-оптических датчиков (ВОД) ускорений, силы, давления и других физических величин (ФВ). Устройство преобразует изменение угла наклона отражающих поверхностей модулирующего элемента (МЭ) в изменение интенсивности светового потока.

Оптическая схема дифференциального ВОПУП имеет конструктивно-технологические параметры, которые обеспечивают выполнение следующих требований:

1) в отсутствие воздействия измеряемой ФВ световое излучение, выходящее из торцов подводящих оптических волокон (ОВ) первого и второго измерительных каналов (ПОВ1 и ПОВ2), после отражения от зеркальных поверхностей МЭ должно

распределяться таким образом, чтобы площадь перекрытия светового пятна и приёмных торцов отводящих оптических волокон (ООВ1 и ООВ2) была равна половине площади приёмных торцов волокон;

2) под воздействием ФВ на МЭ должно происходить его угловое перемещение на угол  $\alpha$  и, соответственно, изменение площади перекрытия светового пятна и приёмных торцов ООВ1 и ООВ2;

3) отклонение МЭ на максимальный угол ( $3^\circ$ ) вправо приводит к полному перекрытию площади приёмного торца ООВ1 отражённым от МЭ световым потоком, при этом на приёмный торец ООВ2 световой поток не поступает. Аналогичные процессы происходят при отклонении МЭ на максимальный угол ( $3^\circ$ ) влево [1].

Для достижения высоких метрологических характеристик необходимо на стадии сборки ВОПУП обеспечить

оптимальные конструктивно-технологические параметры оптической системы, что достигается, в первую очередь, процедурами юстировки и регулировки оптических элементов ВОПУП. Расчётным путём определено, что при диаметре сердцевины ОВ  $d_c = 0,2$  мм, внешнем диаметре  $d_{об} = 0,5$  мм и апертурном угле  $\theta_{NA} = 12^\circ$  МЭ должен быть шириной 3 мм, толщиной 0,2 мм и длиной 20 мм. При сборке оптической системы необходимо задать начальное расстояние между МЭ и общим торцом рабочего жгута ОВ  $x_0 = 1,5$  мм [1].

Для снижения материальных и временных затрат на проведение юстировки и регулировки оптической системы предложено использовать установки для воспроизведения угловых перемещений (УВУП) (рис. 1).

УВУП содержит рабочий жгут ПОВ и ООВ 7, общий торец которых закреплён во втулке 4 на расстоянии  $x_0$  от отражающей поверхности отражателя 1. МЭ, имеющий зеркально отполированные внешние поверхности, крепится в державку 6, которая имеет возможность передвигаться в четырёх направлениях относительно основания стойки 3. Микрометрический двухшкальный механизм 2 закрепляется в стойке 3 и закрепляется двумя винтами. Имитатор перемещения 5 установлен во втулке микрометрического винта.

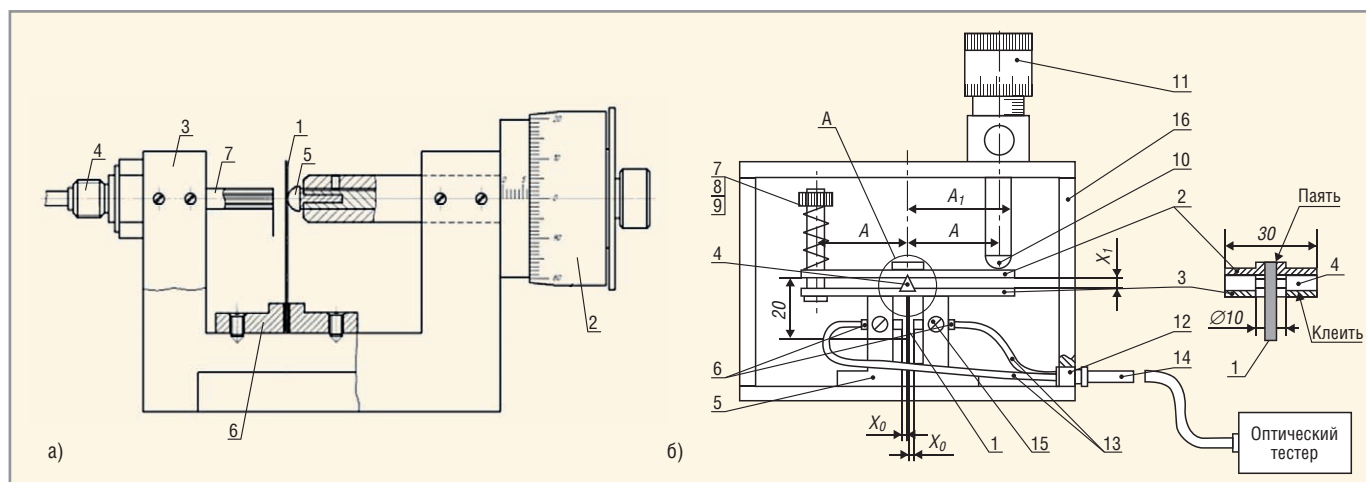


Рис. 1. Установки для задания углового перемещения

а) не реализующая дифференциальную оптическую схему, б) реализующая дифференциальную оптическую схему

## Соответствие линейного перемещения угловому перемещению

$H$ , мкм	0	0,261	0,525	0,768	1,047	1,308	1,569	1,83	2,094	2,355	2,616
$\alpha$ , град	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5

Перемещение имитатора 5 влево даст угловое перемещение МЭ относительно оси OZ на угол  $\alpha$  и выполнение условий 2 и 3. Далее происходит преобразование выходного сигнала в стандартный сигнал, который снимается с оптического тестера.

Для обеспечения дифференциального преобразования оптических сигналов разработана УВУП, реализующая дифференциальную оптическую схему (см. рис. 16). Установка содержит жгут ПОВ и ООВ 13, рабочие торцы 12 которых закреплены в наконечниках 6, фиксируемых винтами 15 в стойке 5 симметрично относительно МЭ 1, имеющего зеркально отполированные внешние поверхности. Модулирующий элемент жёстко закреплён в державке 2 при помощи пайки.

Угол задаётся с помощью системы, в которую входят: двухшкальный механизм 11 микрометрического винта, имеющий сферический наконечник 10, винт-стойка 7, регулировочная гайка 8, пружина 9, державка 2, расположенная на расстоянии  $x_1$  относительно основания 3, и шарнир 4. Последний выполнен в виде призмы из искусственного рубина и приклеен к основанию 3. Двухшкальный механизм 11 установлен в крышке корпуса 16. Для микрометрического винта необходимо выполнить сопоставление перемещений в микронах ( $H$ ) с отклонением от вертикали в градусах ( $\alpha$ ) (см. таблицу).

Конструкция установки обеспечивает воспроизведение угловых перемещений МЭ в диапазоне  $\pm 5^\circ$  в обе стороны от вертикального положения.

При установке МЭ 1 в державку 2 необходимо обеспечить строгую перпендикулярность их плоскостей и параллельность отражающих плоскостей МЭ и оси качания державки. Для этого установка МЭ в державку выполняется с помощью специально изготовленного приспособления – кондуктора. Чтобы обеспечить начальное расстояние  $x_0 = 1,5$  мм [1], необходимо установить с обеих сторон МЭ однозначные меры в виде пластины толщиной 1,5 мм и подвести к ним вплотную наконечники с ОВ. При этом выходные сигналы фотодиодов, пристыкованных к ООВ, должны быть минимальными. Это положение МЭ определяет точку отсчёта при измерениях.

С помощью двухшкального механизма 11 задаётся угловое перемещение МЭ. Пружина сжатия 9, установленная на расстоянии  $A$  от центра державки 2, препятствует свободному перемещению её противоположного конца. В нулевом положении – при отсутствии угла наклона МЭ – лучи света от ПОВ1 и ПОВ2 под углом  $\theta_{NA}$  к оптической оси волокна проходят в прямом направлении путь  $x_0$  до отражающей плоскости МЭ и путь  $x_0$  в обратном направлении к ООВ1 и ООВ2. При этом в плоскости приёмных торцов ООВ1 и ООВ2 наблюдается освещённая кольцевая зона шириной  $b = 0,5d_c$ .

Подпружиненная державка с МЭ в центре отклоняется системой на угол  $\alpha$  в одну или другую сторону относительно нулевого положения, изменяя световые потоки, падающие на плоскости торцов ООВ1 и ООВ2 после отражения зеркальными поверхностями МЭ. В оптическом тестере происходит преобразование выходного оптического сигнала в токовый сигнал (рис.2).

Оптический тестер содержит инфракрасный светодиод типа 3Л107Б с регулируемой мощностью излучения, два фотодиода с усилителями (для реализации дифференциальной схемы), блок обработки информации программируемый микроконтроллер, цифровой индикатор и блок питания. На передней панели тестера расположены три кнопки: первая

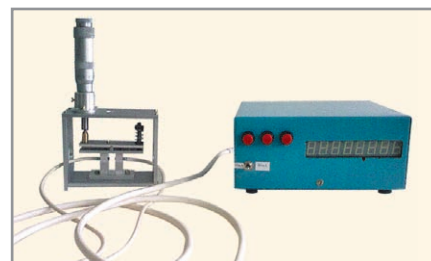


Рис. 2. Фотография УВУП с оптическим тестером



Рис. 3. Графические зависимости фототока от перемещения микровинта

$0^\circ < \alpha < 5^\circ$  в обе стороны от вертикали

кнопка позволяет скомпенсировать начальные напряжения смещения фотоприёмных каналов («Уст. 0 »); второй кнопкой выбирают режим обработки информации; третья кнопка выключает отображение номера выбранного режима. На рисунке 3 представлены результаты юстировки оптической системы ВОУП в составе ВОД ускорений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бадеева Е.А., Щевелев А.С., Юрова О.В., Макаров Ю. Дифференциальный волоконно-оптический преобразователь угловых перемещений. Современная электроника. 2010. № 8. С. 32–34.



**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный университет»**

предлагает к внедрению научные разработки волоконно-оптических датчиков давления, вибрации ускорения, перемещения, волоконно-оптической системы измерений дискретных значений уровня жидкости

Реклама

ГОУ ВПО «Пензенский государственный университет»  
 Пенза, ул. Красная, 40, Тел./факс (8412) 36-80-89  
 e-mail: timurashkina.pgu@mail.ru

# Фактическая максимальная амплитуда предельных циклов в цифровом фильтре второго порядка при нулевом входе

Александр Мингазин (Москва)

В статье рассматривается цифровой БИХ-фильтр второго порядка прямой формы, работающий с фиксированной точкой и единственным округлением после суммирования. Сравниваются существующие верхние границы амплитуды предельных циклов при нулевом входе фильтра и их фактическая максимальная амплитуда, найденная прямым моделированием с помощью алгоритма исчерпывающего поиска. Иллюстрируются зависимости максимальной амплитуды от значений коэффициентов фильтра. На основе анализа зависимостей установлены области коэффициентов, где фактическая максимальная амплитуда предельных циклов определяется аналитически. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании более сложных структур фильтров, состоящих из звеньев не выше второго порядка, например, каскадных или параллельных.

## ВВЕДЕНИЕ

Известно, что при нулевом входе и произвольных внутренних переменных ошибка на выходе цифрового БИХ-фильтра, обусловленная квантованием (округлением или усечением) в цепях обратной связи, если не становится равной нулю, то принимает детерминированный колебательный характер. На выходе фильтра возникает малый предельный цикл. Важно знать максимальную амплитуду предельных циклов, чтобы оценить степень их допустимости или полностью устранить их путём более грубого реквантования [1, 2].

Использование существующих границ на максимальную амплитуду предельных циклов может давать заниженные или завышенные результаты, что порождает неверные оценки длины слова переменных в фильтре. В первом случае это приводит к недопустимому уровню паразитных колебаний на выходе фильтра при нулевом входе, во втором – к неоправданным затратам на его реализацию.

Фактическая максимальная амплитуда может быть найдена прямым мо-

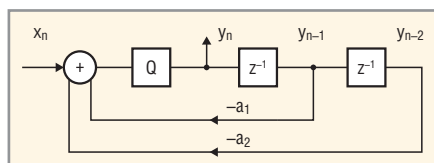


Рис. 1. Структура БИХ-фильтра второго порядка прямой формы с округлением после сумматора

делированием с помощью алгоритмов исчерпывающего поиска для возможных значений переменных внутри фильтра. Однако, эта процедура может потребовать неприемлемых вычислительных затрат на компьютере даже для простейших фильтров. Данная статья посвящена проблеме определения максимальной амплитуды предельных циклов в фильтре второго порядка прямой формы при нулевом входе, оперирующим с фиксированной точкой и единственным округлением после суммирования. Благодаря нашим исследованиям, выявлены области коэффициентов, в которых фактическая максимальная амплитуда может быть найдена аналитически по известным соотношениям. Представленные результаты могут быть использованы при проектировании более сложных структур фильтров, состоящих из звеньев не выше второго порядка, таких как каскадные или параллельные.

## СТРУКТУРА БИХ-ФИЛЬТРА ВТОРОГО ПОРЯДКА

Структура цифрового БИХ-фильтра второго порядка прямой формы представлена на рисунке 1, где единственная операция квантования Q выполняется после суммирования. Под операцией квантования будем понимать округление. Положим, что коэффициенты фильтра находятся в треугольнике устойчивости, т.е. имеет место усло-

вие  $|a_1| - 1 < a_2 < 1$ , фильтр оперирует с фиксированной точкой, и абсолютная величина его переменных  $x_n, y_n$  меньше единицы.

## Вероятностные оценки ошибки округления

Допустим, что для фильтра рис. 1 справедлив известный вероятностный подход для оценки ошибки округления. В этом случае ошибка трактуется как шум квантования (округления) с предписанными свойствами. Параметры шума на выходе фильтра определяются на основе  $L_2$ - или  $L_\infty$ -нормы для передаточной функции цепи от точки округления до выхода фильтра. В нашем случае этой цепи соответствует передаточная функция самого фильтра  $H(z)$ , а дисперсия и максимум спектральной плотности мощности шума на выходе определяются следующими соотношениями:

$$\sigma^2 = \delta^2 \|H\|_2^2 = \delta^2 \frac{1 + a_2}{(1 - a_2)(1 - a_1 + a_2)(1 + a_1 + a_2)} \quad (1)$$

и

$$S_{\max} = \delta^2 \|H\|_\infty^2 = \delta^2 |H(z)|_{\max}^2 \quad (2)$$

где  $\delta^2 = q^2 / 12$  – дисперсия шума квантования,  $q$  – шаг квантования.

Оценки уровней шума (1) и (2) используем далее для сопоставления с оценками уровней предельных циклов, что полезно выполнять и при проектировании конкретных фильтров.

## Верхние границы амплитуды предельных циклов

Для фильтра, представленного на рисунке 1, рассмотрим три известных варианта оценки верхней границы амплитуды предельных циклов при нулевом входе ( $x_n = 0$ ).

Первый вариант оценки [3] основан на местоположении т.н. эффективных полюсов фильтра, обусловленном округлением, и не всегда даёт верные результаты. Согласно этому методу, максимальная амплитуда предельного цикла при нулевом входе

$$A_{\max} \leq \frac{q}{2} \left( \frac{1}{1-|a_2|} \right) \quad (3)$$

для полюсов, попадающих на единичную окружность, и

$$A_{\max} \leq q \left( \frac{1}{1-|a_1|+a_2} \right) \quad (4)$$

для полюсов, попадающих в точку  $z = 1$  или  $z = -1$  на единичной окружности в  $z$ -плоскости.

Формулы (3) и (4) получены для округления после каждого умножения. Далее приведены соотношения для обсуждаемого нами случая округления после суммирования.

Второй вариант оценки – известный детерминированный метод – основан на вычислении  $l_1$ -нормы для импульсной характеристики цепи от точки округления до выхода фильтра. В нашем случае этой цепи соответствует импульсная характеристика самого фильтра  $b(n)$ . Метод даёт абсолютную верхнюю границу амплитуды как при нулевом, так и при произвольном входном сигнале, и может приводить к сильно завышенным результатам. В этом случае

$$A_{\max} \leq \frac{q}{2} \|b\|_1 = \frac{q}{2} \sum_{n=0}^{\infty} |b(n)|. \quad (5)$$

Для фильтра с полюсным радиусом, очень близким к единице, и/или с полюсным углом, очень близким к 0 или  $\pi$ , требуется большое время расчёта оценки (5) на компьютере.

Были предприняты попытки получения замкнутого выражения для  $\|b\|_1$  [4–6]. Так, авторы [4] нашли точное со-

отношение в случае действительных полюсов, совпадающее с выражением в скобках (4), и лишь приближённое в случае комплексно-сопряжённых полюсов. Аналогичные результаты получены в [5]. Более точная, но всё же приближённая оценка  $\|b\|_1$  для комплексно-сопряжённых полюсов предложена в [6]. Можно показать, что при  $a_1 = 0$  и  $0 < a_2 < 1$  (частный случай комплексно-сопряжённых полюсов) норма  $\|b\|_1 = 1/(1-a_2)$ . В то же время, использование приближённых соотношений из [4] и [6] приводит к превышению этой нормы соответственно в  $1 + \sqrt{a_2}$

$$\|H\|_{\infty} = \begin{cases} \frac{1}{(1-a_2) \left(1 - \frac{a_1^2}{4a_2}\right)^{1/2}} & \text{для } a_2 > 0 \text{ и } |a_1| < \frac{4a_2}{1+a_2}, \\ \frac{1}{1-|a_1|+a_2} & \text{для } a_2 \leq 0 \text{ или } a_2 > 0, |a_1| \geq \frac{4a_2}{1+a_2}. \end{cases}$$

Можно убедиться, что верхнее выражение для нормы  $\|H\|_{\infty}$  соответствует комплексно-сопряжённым полюсам, а нижнее, совпадающее с выражением в скобках (4), – как действительным, так и комплексно-сопряжённым полюсам. Учитывая вышеизложенное, можно заключить, что  $\|b\|_1 = \|H\|_{\infty}$  для любых действительных полюсов и для комплексно-сопряжённых полюсов при  $a_1 = 0$  и  $0 < a_2 < 1$ . В остальных случаях, как известно,  $\|b\|_1 \geq \|H\|_{\infty}$ .

**Условие отсутствия предельных циклов**

В рассматриваемом фильтре второго порядка при нулевом входе предель-

и  $[1 + (2\sqrt{2} - 1)a_2] / (1 + a_2)$  раз, а при  $a_2 \rightarrow 1$  эти превышения стремятся к 2 и  $\sqrt{2}$  раз. Интересно отметить, что при  $a_1 = 0$  и  $0 < |a_2| < 1$  норма соответствует выражению в скобках (3).

Третий вариант оценки верхней границы амплитуды предельного цикла [7] основан на вычислении  $L_{\infty}$ -нормы для передаточной функции цепи от точки округления до выхода фильтра. В нашем случае имеем оценку:

$$A_{\max} \leq \frac{q}{2} \|H\|_{\infty} = \frac{q}{2} |H(z)|_{\max}, \quad (6)$$

где

ные циклы отсутствуют, если имеет место условие (см., например, [8]):

$$|a_1| - 0,5 < a_2 < 0,5. \quad (7)$$

Заметим, что в сложных фильтрах, особенно с узкой полосой (пропускания, задерживания или переходной), состоящих из ряда звеньев второго порядка, это условие обычно не выполняется.

**Поиск фактической максимальной амплитуды предельных циклов**

Соотношения (3)–(6) не всегда приводят к верным оценкам максимальной амплитуды предельных

**ЭК ЗИП**

**Огромный ассортимент**

**Всегда в наличии на складе**

[www.zip2002.ru](http://www.zip2002.ru)

Реклама

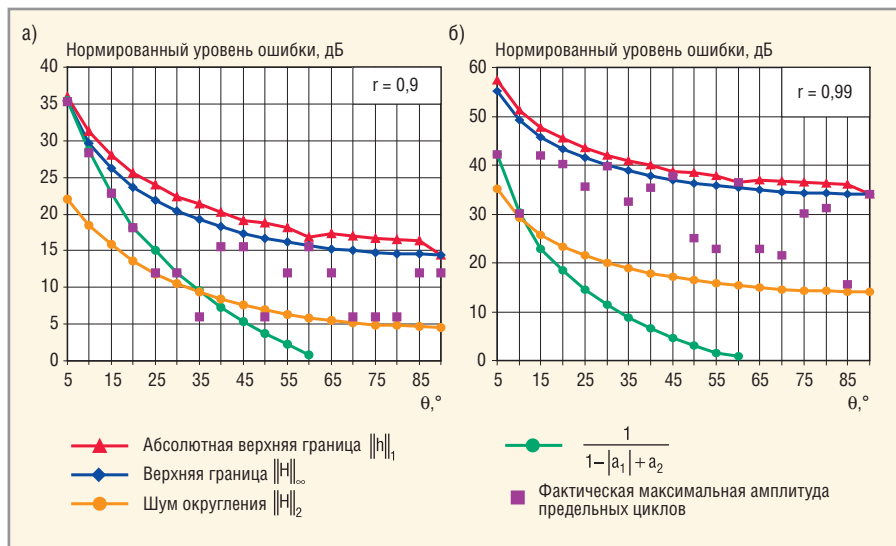


Рис. 2. Зависимости нормированного уровня ошибки округления от полюсного угла фильтра рис. 1 для полюсного радиуса  $r = 0,9$  (а) и  $r = 0,99$  (б)

циклов при нулевом входе. Фактическую максимальную амплитуду можно определить путём прямого моделирования, применив алгоритм исчерпывающего поиска [9] для возможных значений двух переменных ( $y_{n-1}, y_{n-2}$ ) фильтра, показанного на рисунке 1.

Для экономии времени поиска, в случае комплексно-сопряжённых полюсов фильтра, диапазон изменения этих переменных лучше ограничить сверху границей (5), а не завышенной оценкой [4], как в [9]. При этом, если в процессе работы алгоритма текущее значение амплитуды обнаруженного предельного цикла оказывается равным абсолютной верхней границе  $q \left[ 0,5 / \|b\|_1 \right]$ , поиск заканчивается, поскольку эта величина не может быть превышена. Здесь и далее  $\lfloor x \rfloor$  означает целую часть  $x$ .

**Некоторые сравнения и замечания**

Интересно сопоставить фактическую максимальную амплитуду предельных циклов с её границами (5) и (6), с двумя её упрощёнными оценками (частные случаи (5) и (6)), а также с уровнями шума округления (1) и (2). Удобно сравнивать нормированные уровни ошибки округления (амплитуды предельного цикла или мощности шума округления), выраженные в децибелах. Так, нормированные уровни для выражений (2) и (6) при знаке равенства в (6) соответствуют  $S_{\max} / \delta^2 = \|H\|_{\infty}^2$  и  $A_{\max} / (0,5q) = \|H\|_{\infty}$ . Поэтому, выраженные в децибелах, они идентичны. Нормированным

уровням для (1) и (5) при знаке равенства в (5) соответствуют  $\sigma^2 / \delta^2 = \|H\|_2^2$  (это отношение часто называют усилением шума) и  $A_{\max} / (0,5q) = \|b\|_1$ . Под нормированными упрощёнными оценками будем понимать  $A_{\max} / (0,5q) = 1 / (1 - |a_2|)$  и  $A_{\max} / (0,5q) = 1 / (1 - |a_1| + |a_2|)$ , которые соответствуют выражениям в скобках (3) и (4) и, как было отмечено, являются частными случаями норм  $\|b\|_1, \|H\|_{\infty}$ .

На рисунках 2а, 2б представлены зависимости нормированного уровня ошибки округления на выходе фильтра (см. рис. 1) от полюсного угла  $5^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$  для двух значений полюсного радиуса  $r = 0,9$  и  $r = 0,99$ . Параметры  $r = \sqrt{a_2}$  и  $\theta = \arccos(-0,5a_1 / \sqrt{a_2})$  соответствуют комплексно-сопряжённым полюсам фильтра. Оценка уровня  $1 / (1 - |a_2|)$  не зависит от  $\theta$  и на рисунке не показана. Для  $r = 0,9$  и  $r = 0,99$  её значения, выраженные в децибелах, равны 14,4 и 34 дБ соответственно.

Кривые, соответствующие аналитическим оценкам уровня ошибки на рисунке 2, имеют регулярный характер, а точки, полученные с помощью алгоритма исчерпывающего поиска, располагаются хаотично, за исключением зоны малых углов. В этой зоне, ограниченной справа окрестностью точки пересечения двух нижних кривых, результаты поиска достаточно хорошо совпадают с оценкой  $1 / (1 - |a_1| + a_2)$ . В точке пересечения имеет место равенство  $1 / (1 - |a_1| + a_2) = \|H\|_2^2$  или – с учётом (1) – равенство  $|a_1| = a_2(1 + a_2)$ .

Фактическая максимальная амплитуда предельных циклов может быть меньше уровня шума округления (см.

рис. 2а), или доходить до абсолютной верхней границы, или быть ниже её на 21 дБ (при  $\theta = 10^\circ$  на рис. 2б). Последнее оправдывает нахождение фактической максимальной амплитуды, а не использование верхних границ (выражения (5) и (6) при знаке равенства в них).

Следует отметить, что при требовании контролировать максимум спектральной плотности мощности шума округления (2), а не его дисперсию (1), можно обходиться без нахождения фактической максимальной амплитуды, довольствуясь абсолютной верхней границей (5), если важно знать максимально возможный уровень предельных циклов, или оценкой (2), если в этом нет необходимости. Это обусловлено близостью  $\|b\|_1$  и  $\|H\|_{\infty}$ . Максимальное различие между границами не превышает 2,1 дБ (см. рис. 2). Дополнительные расчёты показывают, что это различие сохраняется для достаточно плотной сетки точек области треугольника устойчивости, соответствующей комплексно-сопряжённым полюсам фильтра.

Данный факт можно использовать для приближённого вычисления  $\|b\|_1 \approx 1,274 \|H\|_{\infty}$ . Интересно сравнить эту оценку  $\|b\|_1$  с полученной в работе [6] для разных областей треугольника устойчивости. Так, например, для  $a_2 = 0,99$  и  $0,2 \leq |a_1| \leq 1,8$  при шаге 0,2 предлагаемая нами и в [6] оценки  $\|b\|_1$  дают ошибки не более 0,05 дБ и 3,1 дБ соответственно. Дальнейшее изучение этого вопроса выходит за рамки данной статьи.

Ещё одно наблюдение связано с областью перебора переменных в алгоритме исчерпывающего поиска, ограниченной абсолютной верхней границей. Для фильтров с полюсным радиусом  $r$ , близким к 1, особенно при угле  $\theta$ , близким к 0 или  $\pi$ , эта граница очень высока, поэтому велико число вариантов перебора и время выполнения алгоритма. Эксперименты показывают, что фактическая максимальная амплитуда предельных циклов может быть найдена для очень малой области перебора. Так, для  $r = 0,99$  и  $\theta = 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ$  и  $20^\circ$  (см. рис. 2б) абсолютные верхние границы амплитуды, выраженные в целых числах, соответственно равны 365, 183, 122 и 92. Результаты, представленные на рисунке 2б для этих  $\theta$ , могут быть найдены и в случае замены

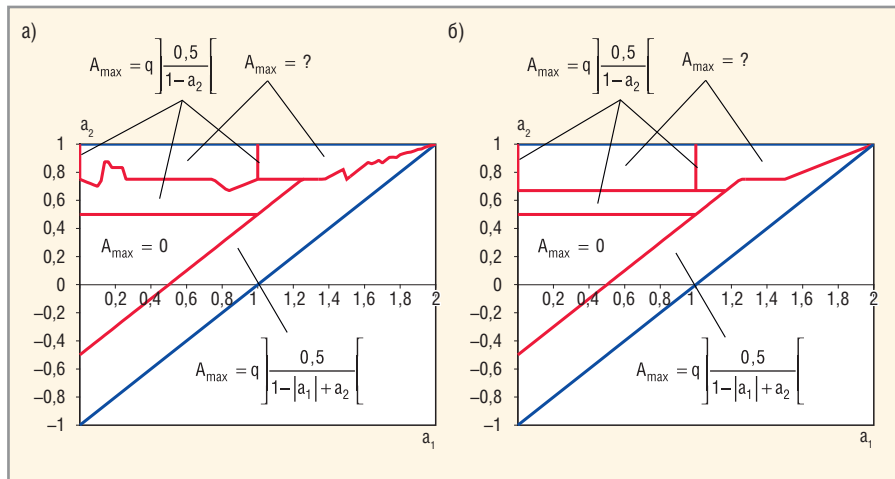


Рис. 3. Области определения фактической максимальной амплитуды предельных циклов для фильтра рис. 1 при нулевом входе

а) Точные и б) упрощённые границы областей

указанных верхних границ на значения 3, 1, 1,6 и 3, что значительно экономит время и свидетельствует о важности выбора области перебора в алгоритмах исчерпывающего поиска [10, 11].

**Аналитический расчёт фактической максимальной амплитуды**

Проведённый анализ многих зависимостей, подобных представленным на рисунке 2, позволил установить области коэффициентов обсуждаемого фильтра, для которых фактическая максимальная амплитуда предельных циклов при нулевом входе может быть вычислена аналитически, без применения исчерпывающего поиска. Для правой половины упомянутого выше треугольника устойчивости на рисунке 3а эти области показаны наряду с областью отсутствия предельных циклов (7), когда  $A_{max} = 0$ . Левая половина треугольника является зеркально симметричной.

Для областей, где  $A_{max} = ?$ , фактическая максимальная амплитуда может быть найдена алгоритмами исчерпывающего поиска, например [9]. По существу мы обнаружили, что два известных соотношения [3–7] для оценки лишь верхней границы амплитуды предельных циклов дают фактическую максимальную амплитуду для областей коэффициентов, указанных на рисунке 3.

Заметим, что для области, где  $A_{max} = q|0,5/(1 - |a_1| + a_2)|$ , линиями постоянства  $A_{max}$  являются прямые, параллельные сторонам  $1 - |a_1| + a_2 = 0$  треугольника устойчивости. Для этой об-

ласти соответствующий период предельного цикла равен 1 при  $a_1 < 0$  и 2 при  $a_1 \geq 0$ , что подтверждается моделированием. Переход от точки на линии  $A_{max} = const$  в обсуждаемой области к точке на этой же линии, но в области, помеченной на рисунке 2а как  $A_{max} = ?$ , сопровождается непредсказуемым изменением фактической максимальной амплитуды и периода предельного цикла.

Как видим, граница областей, проходящая от точки  $|a_1| = 1, a_2 = 0,5$  до точки  $|a_1| = 2, a_2 = 1$  на рисунке 3а колеблется с затуханием вдоль кривой, соответствующей ранее упомянутому равенству  $|a_1| = a_2(1 + a_2)$ . На практике вместо сложных границ областей на рисунке 3а удобно использовать их упрощения, например, прямыми линиями  $a_2 = 0,6699, a_2 = 0,7499$  и  $a_2 = 0,5|a_1|$ , как показано на рисунке 3б. В таблице 1 представлены соотношения для определения  $A_{max}$  и области коэффициентов с упрощёнными границами. Такое упрощение несколько сужает области коэффициентов, где справедливы две формулы таблицы 1 для расчёта  $A_{max}$ .

**ПРИМЕРЫ**

В таблице 2 приведены оценки максимальной амплитуды предельных циклов и фактические её значения, полученные с применением несколько модифицированного алгоритма исчерпывающего поиска [9] и формул таблицы 1. Для первых трёх (см. таблицу 2) и ещё целого ряда примеров найденные нами с помощью этого алгоритма значения фактической максимальной ампли-

# Радиационно-стойкие DC/DC-преобразователи

**Серия LS со встроенным помехоподавляющим фильтром**

Габаритные размеры, Ш×В×Г:  
38,1×58,42×10,8 мм

### Основные характеристики

- диапазон входных напряжений 18...40 В
- выходные напряжения от 1,5 до 15 В
- выходные мощности от 12 до 30 Вт
- встроенный помехоподавляющий фильтр на входе обеспечивает соответствие требованиям стандарта MIL-STD-461C, CE03 к кондуктивным помехам
- КПД до 83%
- гарантированное отсутствие одиночных эффектов от воздействия протонов и ионов с ЛПЭ до 82 МэВ·см<sup>2</sup>/мг, значение поглощенной дозы 100 крад (Si)
- вес < 80 г

### Применение

аппаратура ракетно-космической техники

International  
**IOR** Rectifier

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПАРТНЁР  
INTERNATIONAL RECTIFIER HIREL В РОССИИ

## ProSOFT<sup>®</sup>

COMPONENTS

Тел.: (495) 232-2522 • www.prochip.ru  
E-mail: info@prochip.ru

Реклама

**Таблица 1. Соотношения для расчёта фактической максимальной амплитуды предельных циклов фильтра, представленного на рисунке 1, при нулевом входе**

$A_{max}$	Области коэффициентов
$q \left[ \frac{0,5}{1- a_1 +a_2} \right]$	$a_2 \leq 0,5 a_1 $ и $ a_1  - 0,5 \leq a_2 \leq 0,7499$
$q \left[ \frac{0,5}{1-a_2} \right]$	$(a_2 > 0,6699$ при $ a_1  = 0$ или $1)$ или $(0,5 \leq a_2 \leq 0,6699$ или $ a_1  - 0,5 > a_2)$
0	$ a_1  - 0,5 < a_2 < 0,5$
?	В остальных случаях

**Таблица 2. Примеры оценки максимальной амплитуды предельных циклов и её фактическое значение для фильтра, представленного на рисунке 1, при нулевом входе**

№	$a_1$	$a_2$	$r$	$\theta$ , рад.	$A_{max}/q$		
					$\left] 0,5 \ h\ _1 \left[ \right]$	$\left] 0,5 \ h\ _\infty \left[ \right]$	Алгоритм или формулы табл. 1
1	-1,89051	0,9025	0,95	0,1	62	51	41
2	-1,97011	0,9801	0,99	0,1	319	251	50
3	-1,980055	0,990025	0,995	0,1	638	502	50
4	-1,98364	0,990025	0,995	0,08	798	627	78
5	0	0,998001	0,999	1,57083	250	250	250
6	1	0,9801	0,99	1,04136	36	29	25

туды совпадают с представленными [9, 10].

Для всех примеров из таблицы 2 результаты исчерпывающего поиска и результаты, полученные по соотношениям таблицы 1, совпадают. Верхние границы максимальной амплитуды, соответствующие (5) и (6), могут давать сильно завышенные значения (см. примеры 2 – 4).

При стремлении радиуса  $r$  к 1 и/или угла  $\theta$  к 0 или  $\pi$  растёт число вариантов перебора в алгоритме и длительность импульсной характеристики фильтра, что в свою очередь приводит к росту времени выполнения алгоритма на компьютере. Для примеров 1, 5 и 6 это время несущественно (на компьютере с тактовой частотой процессора 2,7 ГГц). Для примеров 2 – 4 время выполнения составляет  $\approx 90$  с,  $\approx 13$  мин и  $\approx 21$  мин соответственно.

Для дополнительного примера при  $r = 0,9987$  и  $\theta = 0,05$  ( $a_1 = -1,994903$ ,  $a_2 = 0,997402$ ) абсолютная верхняя граница предельного цикла  $\left] 0,5 \|b\|_1 \left[ = 4901$ . Количество вариантов перебора здесь настолько велико ( $5 \times 10^7$ ), что для выполнения исчерпывающего поиска с помощью обсуждаемого алгоритма потребовались бы десятки часов работы упомянутого компьютера. Заданные коэффициенты  $a_1$  и  $a_2$

соответствуют первой формуле таблицы 1, расчёт по которой приводит к  $A_{max}/q = 200$ . Интересно, что запуски алгоритма при очень малом числе вариантов (всего 4) и с увеличенным числом до  $5 \times 10^5$  (затраченное время  $\approx 27$  мин) дают аналогичный результат.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Установлено, что для БИХ-фильтра второго порядка прямой формы, оперирующего с фиксированной точкой и единственным округлением после суммирования, фактическая максимальная амплитуда предельных циклов при нулевом входе может быть вычислена по одной из двух хорошо известных простых формул. Путём прямого моделирования с применением алгоритма исчерпывающего поиска найдены области коэффициентов, в которых справедливы эти формулы.

Для фильтров с полюсными радиусами, очень близкими к 1, проблема определения фактической максимальной амплитуды предельных циклов при нулевом входе остаётся по-прежнему открытой, т.к. предложенный аналитический подход решает её лишь частично, известные оценки верхней границы могут давать сильно завы-

шенные результаты, а алгоритмы исчерпывающего поиска требуют неприемлемых временных затрат на компьютере.

Если же, наряду с уровнем предельных циклов при нулевом входе, требуется контролировать максимум спектральной плотности мощности шума округления, а не его дисперсию, то можно обходиться без нахождения фактической максимальной амплитуды предельных циклов, используя абсолютную верхнюю границу амплитуды. Это связано с близостью пикового уровня шума округления и абсолютной верхней границы предельных циклов для рассматриваемого фильтра.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Butterweck H.-J., Ritzerfeld J., Werter M. Finite wordlength effects in digital filters. AEU. 1989. Vol. 43. № 2. PP. 76–89.
2. Мингазин А. Длина слова переменных в каскадных БИХ-фильтрах. Современная электроника. 2011. № 1. С. 70–74.
3. Jackson L.B. An analysis of limit cycles due to multiplication rounding in recursive digital filters. Proc. 7th Annual Allerton Conf. Circuits Theory. 1969. Oct. PP. 69–78.
4. Long J.E., Trick T.N. An absolute bounds on limit cycles due to roundoff errors in digital filters. IEEE Trans. 1973. AU-21. Feb. PP. 27–30.
5. Yakowitz S., Parker S.R. Computation of bounds for digital filter quantization error. IEEE Trans. 1973. CT-20. July. PP. 391–396.
6. Chang T.L. A note on upper bounds on limit cycles in digital filters. IEEE Trans. 1976. ASSP-24. Feb. PP. 99–100.
7. Sandberg I.W., Kaiser J.F. A bound on limit cycles in fixed-point implementations of digital filters. IEEE Trans. 1972. AU-20. June. PP. 110–112.
8. Bauer P.H., Leclerc L.-J. A computer-aided test for the absence of limit cycles in fixed-point digital filters. IEEE Trans. 1991. SP-24. Nov. PP. 2400–2410.
9. Djebbari A., Belbachir M. F., Rouaen J.M. A fast exhaustive search algorithm for checking limit cycles in fixed-point digital filters. Signal Processing. 1998. Vol. 69. PP. 199–205.
10. Munson D.C., Strickland J.H., Walker T.P. Maximum amplitude zero-input limit cycles in digital filters. IEEE Trans. 1984. CAS-31. March. PP. 266–274.
11. Oses-del Campo J.D., Cruz-Roldan F., Utrilla-Manso M. Tighter limit cycle bounds for digital filters. IEEE Signal Processing Letters. 2006. Vol. 13. № 3. PP. 149–152.

**SHARP**

**LCD-ПАНЕЛИ SHARP ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРИМЕНЕНИЙ**



Размер диагонали, дюйм	10,4	12,1	15...23	2,5...8,5
Разрешение	VGA, SVGA	SVGA, XGA	XGA, SXGA, USGA	Q-VGA, H-VGA, SVGA
Яркость, кд/м <sup>2</sup>	200...450	200...1200	250...1000	165...500
Контрастность : 1	300...600	300...1000	550...900	250...900
Входной видеосигнал	18 бит RGB	18 бит RGB LVDS	LVDS	18 бит RGB LVDS
Задняя подсветка	CCFT, LED	CCFT, LED	CCFT, LED	CCFT, LED
Предельная рабочая температура, °C	МИН.	-30	-20	0
	МАКС.	80	75	70

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ SHARP**

**PROSOFT® 20 ЛЕТ**

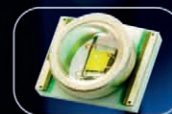
Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru

Реклама

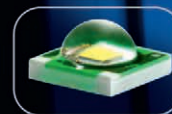
**CREE** LED Light

СЕРИИ :

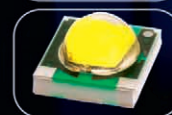
XR-E/XR-C



XP-E/XP-C



XP-G/XM-L



MX-6/MX-3



MC-E



**Мощные светодиоды CREE**

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕТОДИОДОВ:

- Уличное освещение
- Промышленное освещение
- Общее освещение
- Освещение витрин, рекламных щитов
- Архитектурное и ландшафтное освещение
- Аварийное освещение
- Автономные системы освещения
- Мощные прожекторы и фонари
- Переносные осветительные приборы

Светодиоды CREE были успешно применены при создании архитектурного освещения олимпийского стадиона «Птичье гнездо» в Пекине

**PROSOFT®**  
COMPONENTS

**АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА**

Телефон: (495) 232-25-22 • www.prochip.ru • Эл. почта: info@prochip.ru

Реклама

# «Современная светотехника» и DISPLAY в Санкт-Петербурге

В конце сентября в Санкт-Петербурге в рамках форума «Российский промышленник» прошли специализированная выставка светотехнических решений для промышленности, городского хозяйства и транспорта «Современная светотехника 2012» и VI Международная специализированная выставка средств и технологий визуализации DISPLAY-2011.

Экспозиция выставки «Современная светотехника» была посвящена, прежде всего, промышленным применениям новой светотехнической продукции:

- светотехника для производственных помещений;
- аварийное освещение;
- уличное освещение;
- освещение тоннелей;
- дорожные знаки и светофоры;
- освещение для административных зданий;
- архитектурная подсветка;
- декоративные элементы.

Выставка DISPLAY-2011 была представлена разделами:

- промышленные и бортовые дисплеи;
- технологии визуализации в образовательном процессе;

- интегрированные АВ-системы для энергетики, промышленности, транспорта;
- интерактивные дисплейные технологии, киоски и терминалы;
- дисплеи и индикаторы для приборостроения.

Экспозицию и деловую программу выставок посетили более 2000 специалистов, общее количество посетителей форума «Российский промышленник» составило более 15 000 человек. Выставки стали яркими элементами программы форума «Российский промышленник 2011», среди которых интереснейшая программа Петербургского инновационного форума (более 60 деловых мероприятий!), презентация ё-мобиля и др.

28 сентября прошли семинары: «Современные светильники для промышленного и городского освещения» и «Опыт поставки и комплектации современной светотехнической продукции». В программе были представлены системы производственного освещения, решения для городской инфраструктуры, компоненты для производства светотехнических изделий, также были обсуждены законодательные коллизии

в области технического регулирования светового оборудования в России.

29 сентября при поддержке Совета ректоров вузов Санкт-Петербурга и администрации города состоялся «День дисплейных технологий» – цикл публичных лекций для специалистов и студентов учебных заведений региона. Лекционную программу посетили 180 студентов и специалистов из 14 учебных заведений.

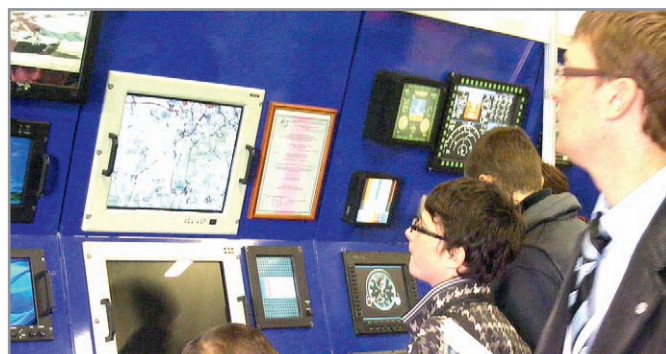
Другим интересным мероприятием стал семинар «Современные медиатехнологии для образования XXI в.» и технический визит в РГТУ.

А будущей осенью в Санкт-Петербурге впервые пройдёт форум по электронным модулям и системам промышленного, бортового и встраиваемого назначения «Промышленная и встраиваемая электроника 2012».

Следующая выставка светотехники для промышленных применений пройдёт в Санкт-Петербурге 25–28 сентября 2012 г. под названием «Промышленная светотехника 2012», а выставка DISPLAY состоится в 2013 г.

<http://www.display-expo.ru>

Тел: +7 (495) 287-4412



# Российская неделя электроники 2011

1–3 ноября в Москве прошла «Российская неделя электроники-2011». «Российская неделя электроники» – это мероприятие государственного масштаба, национальный смотр в области электроники, содействующий практической реализации курса руководства страны на инновационное развитие наукоёмких отраслей экономики, импортозамещению, созданию современных образцов радиоэлектронных изделий различного назначения.

«Российская неделя электроники» – это комплекс специализированных мероприятий, включающий в себя пять отечественных выставок и около 20 конгрессных мероприятий по всему спектру вопросов разработки, производства, поставок компонентов и модулей радиоэлектронной аппаратуры, подготовки инженерных кадров, продвижения продукции на внутренний и внешний рынки.

В оргкомитет мероприятия вошли руководители Министерства промышленности и торговли РФ, Комитета по промышленности Госдумы ФС РФ, представители Министерства обороны РФ, правительства Москвы и Московской области, РОСАТОМа, РОСКОСМОСа, ГК «Ростехнологии», руководители ряда ведущих предприятий отрасли.

Председатель оргкомитета – директор Департамента радиоэлектронной промышленности Министерства промышленности и торговли Российской Федерации Якунин А.С.

В рамках «Российской недели электроники» прошли выставки: «Производство электроники» – оборудование, технологии, материалы для производства изделий радиоэлектронной

техники, ChipEXPO – электронные компоненты и микроэлектроника, Mobile&Wireless – мобильные и беспроводные технологии связи, «Промышленная и встраиваемая электроника» – средства автоматизации, электронные модули и системы для жёстких условий эксплуатации, «Потенциал» – экспозиция вузов, посвящённая подготовке кадров для радиоэлектронного комплекса.

На выставке были представлены отдельные экспозиции по компонентам для аппаратуры ГЛОНАСС/GPS, а также сводная экспозиция «Лучшие изделия российской электроники 2010/2011 гг.». Кроме того, на выставке работали объединённые экспозиции предприятий радиоэлектронного комплекса России, предприятий науки и промышленности Москвы, Государственной корпорации «Ростехнологии» и предприятий Зеленоградского административного округа города Москвы.

В выставках «Российской недели электроники» приняли участие более 240 компаний из 12 стран мира. Общая площадь экспозиции составила 4000 кв. м. Среди участников – лидеры мирового и российского рынка электроники и микроэлектроники: Altera, Avago, Farnell, Exar, Epcos, JTAG Technologies, Rohde&Schwarz, ГК «Ростехнологии», ФГУП «Пульсар», «Платан», «Симметрон», «Радиант-Элком», МФ «Оникс», «Резонит», «Диполь», «Совтест», «Бурый медведь», «Промэлектроника», «ПетроИнтрейд», ЭФО, «Прист», «Эликс», «Макро Групп», «Миландр», «Макро Тим», «Гамма», ЭКМ, ЭКТ, КТЦ-МК, «Радиокомп», «Прософт

Технолоджи», «Авитон», «Навис», «Осатек», «Абрис», «Ангстрем», «Компэл», «Интеграл», ГРПЗ, «ГеоСтар навигация», Томилинский электронный завод, АТПП, «Фаворит-ИС», «Вест-ЭЛ», «Дарском», «Кварта Технологии», «ЭлекТрейд-М», «Симэкс», «Оптоган», ИНЭУМ, «ММП-Ирбис», «Реал Электроникс», «Электронная компания ЗИП», «Мегалит-Элком», «Эликс», «Бутис», «Московские микроволны», КБ «Марс» и многие другие.

В рамках деловой программы выставки «Недели» прошли: конференция «Оборудование спутниковой навигации, модули и электронные компоненты» (организатор – «Профессиональные конференции»); конференция «Производство печатных плат и монтаж компонентов» (организатор – ИД «Электроника»); семинар «Анализ российского рынка полупроводников» (организатор – компания «ЧипАтелье д.о.о.»); Форум дистрибьюторов (организатор – Центр современной электроники). Во время работы выставки участники «Российской недели электроники» представили свои новинки в рамках экспресс-презентаций на Экспо-Форуме – открытой дискуссионной площадке.

Выставки и деловую программу «Российской недели электроники» посетили более 10 000 специалистов предприятий ВПК, энергетики, приборостроения, связи и телекоммуникаций, авиационно-космической и судостроительной промышленности, транспорта, городского хозяйства.

Оргкомитет «Российской недели электроники»  
[www.chipexpo.ru](http://www.chipexpo.ru)



# Форум по информационным технологиям на транспорте состоится в мае 2012 г.!

14–16 мая 2012 г. в Москве пройдет VI Международная специализированная выставка информационных технологий и электроники для транспорта и транспортных коммуникаций «Электроника-Транспорт 2012».

Мероприятие организуется для руководителей и специалистов предприятий автомобильного, городского, железнодорожного транспорта и метрополитенов.

Тематика экспозиции охватывает системы диспетчеризации и управления движением, комплексы навигации, связи, телематические решения, системы безопасности, диагностические и измерительные приборы, светотехнические изделия, а также электронные компоненты и модули для транспортного приборостроения.

В рамках деловой программы «Электроника-Транспорт 2012» 14 мая состоится конференция «Системы мони-

торинга и управления как средство повышения эффективности и безопасности использования автотранспорта коммерческих и муниципальных предприятий» (организатор – «Профессиональные конференции»). На конференции будут рассмотрены решения для логистических и курьерских компаний, служб такси, скорой помощи, ЖКХ, пожарной охраны, строительных организаций, торговых предприятий и других организаций, обладающих развитым автопарком, муниципальных и частных предприятий общественного транспорта. Также пройдут семинары и круглые столы по актуальным вопросам использования информационных технологий в отрасли.

Примечательно, что одновременно будет проходить выставка продукции для предприятий городского электротранспорта «ЭлектроТранс 2012» и

выставка автобусов и микроавтобусов для городских перевозок CityBus-2012, что позволит наиболее полно удовлетворить потребности рынка городских пассажирских перевозок в информационных системах.

Выставка является традиционным местом встречи специалистов всей России и ряда зарубежных стран. В подготовке экспозиции и деловой программы принимают участие специалисты Международной ассоциации «Метро», Департамента транспорта и дорожной инфраструктуры Москвы, ГУП «Мосгортранс», ГУП «МосгортрансНИИпроект», ОООР ГЭТ. Генеральный партнер форума – Международная транспортная премия «Золотая колесница».

К участию приглашаются отечественные и зарубежные поставщики электронных модулей, приборов и системных решений.

[www.e-transport.ru](http://www.e-transport.ru)



## Электроника → Транспорт

# 2012

## 14-16 мая 2012 г. Москва, ВВЦ

### VI МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

Одновременно с выставкой:  
**ЭлектроТранс 2012**  
[Http://www.electrotrans-expo.ru](http://www.electrotrans-expo.ru)

**ТЕМАТИКА:**

- Системы диспетчеризации и управления
- Комплексы навигации и связи
- Системы безопасности
- Информационные системы
- Автоматика, телемеханика
- Измерительные и диагностические приборы
- Вычислительные комплексы для транспорта
- Дисплеи и индикаторы
- Источники питания, вторичные преобразователи
- Электронные компоненты для транспортного приборостроения
- Разъемы, соединители, кабели
- Светотехническая продукция

**КОНФЕРЕНЦИЯ:**  
 «Системы мониторинга и управления как средство повышения эффективности и безопасности использования автотранспорта коммерческих и муниципальных предприятий»  
 Организатор: «Профессиональные Конференции», тел. (495) 33-324-66



**ПОДДЕРЖКА:**



**ПОДДЕРЖКА:**

тел.: +7(495) 287-4412  
E-mail: [info@e-transport.ru](mailto:info@e-transport.ru)

# http://www.e-transport.ru

Реклама

## СЕРИЯ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ AGRO для агроосвещения



Светодиодные агросветильники XLight® предназначены для установки в теплицах и оранжереях, для применения в автоматических и неавтоматических гидро- и аэропонных установках.

Модельный ряд светильников XLight® для агроосвещения состоит из светильников серий XLD-FL-AGRO и XLD-LINE-AGRO.

Широкая номенклатура светильников позволяет подобрать необходимую мощность и габаритные размеры для решения любых задач агроосвещения.

### Преимущества светодиодных светильников для аграрного освещения:

- **Низкое тепловыделение**

Светодиоды являются высокоэффективным источником света с низким выделением тепла. Выделяемая тепловая энергия отводится с помощью алюминиевого радиатора и рассеивается в направлении, противоположном направлению свечения. Таким образом растительные культуры защищены от негативного теплового воздействия и требуют меньшего количества влаги.

- **Оптимальный спектральный состав излучения**

Состав излучения светильника подобран для обеспечения высокой эффективности развития растений на всех этапах жизненного цикла: от стадии проращивания семян до созревания.

- **Экономия электроэнергии**

Использование светодиодов и специально подобранный спектральный состав излучения позволяет значительно сократить мощность облучения растений и при этом добиться повышения скорости роста и урожайности. Сокращается нагрузка на климатические установки за счет снижения тепловой мощности светильников.

- **Широкая номенклатура вариантов исполнения**

Различная мощность и геометрические размеры светильников позволяют использовать продукцию XLight® для освещения с разной высоты и на различных стадиях развития растений.

- **Экологичность**

В конструкции светильника отсутствуют ядовитые материалы и вещества, требующие утилизации или специальной техники безопасности при эксплуатации.

- **Высокий класс защиты**

Все светильники XLight®, применяемые для агроосвещения, имеют высокую степень защиты (до IP66). Следовательно, отсутствует необходимость дополнительно защищать светильники от поливочных установок и упрощается процедура обслуживания.

- **Гарантия 3 года**

На светильники предоставляется гарантия 3 года, срок службы светильников 10 лет.

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПОСТАВЩИК ПРОДУКЦИИ XLIGHT В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ

СТАТЬЯ	№ журнала
<b>РЫНОК</b>	
Новости российского рынка	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
Стандартизация модульных систем как инструмент развития рынка промышленной электроники <i>Марк Новодачный</i>	3
Тенденции развития высокопроизводительных цифровых процессоров обработки сигналов <i>Николай Кольский</i>	5
20 лет – полет нормальный <i>Юрий Кириллов</i>	7
Контрактное производство передних панелей <i>Сергей Рудыко</i>	7
Сети с интеллектом <i>Ольга Бабушкина</i>	8
<b>СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</b>	
Динамика космических технологий: микросистемы в корпусе <i>Николай Данилин, Димитр Димитров, Ильяс Сабилов, Даниил Белов</i>	3
Эффективная разработка и производство мелкосерийных заказных СБИС <i>Денис Адамов</i>	4
Применение структурно-модифицированного фторопласта «Рафлон» при изготовлении сверхширокополосных антенных обтекателей <i>Любовь Иванова, Азамат Беданов, Бетал Бештоев, Сергей Хатипов</i>	6
Лазерная микрообработка: эффективные и надёжные решения для производства <i>Анна Кудрявцева</i>	6
Инициатива COTS: что дальше? <i>Николай Кольский</i>	7
Индукционная лампа – источник качественного и энергоэффективного освещения <i>Сергей Макареня, Александр Павлов, Николай Фомин</i>	9
Разработка керамики на основе нитрида алюминия для изделий электронной техники <i>Юрий Непочатов, Анастасия Земницкая, Павел Муль</i>	9
<b>ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ</b>	
Радиационная стойкость модулей МЭМС <i>Димитр Димитров, Николай Данилин, Ильяс Сабилов</i>	1
Датчики слабых магнитных полей на эффекте Холла <i>Игорь Буслов, Валерий Бауткин, Александр Драпезо, Вячеслав Ярмолович</i>	1
Светодиоды компании Seoul Semiconductor <i>Юрий Петропавловский</i>	2
Инновационные технологии расширяют области применения светодиодов <i>Василий Зибаров</i>	2
Широкополосный суммирующий коммутатор аналоговых сигналов <i>Олег Дворников, Владимир Чеховский</i>	2
Электрические соединители фирмы SABRITEC <i>Дмитрий Гаманюк</i>	2
Волоконно-оптический датчик давления на основе туннельного эффекта <i>Елена Бадеева, Сергей Бростилов, Ольга Юрова</i>	2
DC/DC-преобразователи типа POL для применения в аппаратуре авиационной и космической техники <i>Виктор Жданкин</i>	3
Тонкопленочные платиновые чувствительные элементы термометров сопротивления при монтаже и эксплуатации <i>Александр Ядевич</i>	3
Высокостабильные миниатюрные и сверхминиатюрные кварцевые генераторы <i>Анатолий Куталев</i>	3
Миниатюрные соединители для печатных плат фирмы Phoenix Contact <i>Александр Асон, Лукас Мут</i>	3
Современные светодиоды компании Cree. Особенности и параметры светодиодных компонентов семейства XLamp <i>Юрий Петропавловский</i>	4
Модуль Kontop PCIe/104 с процессором Intel Atom E6x5C: вариации на тему мобильной ультразвуковой платформы <i>Андрес Каммерманн</i>	4
TimerBloX®: специализированные ИС быстро и надёжно решают задачи отсчёта времени <i>Энди Крофтс</i>	4
Современные светодиоды фирмы Nichia <i>Юрий Петропавловский</i>	5
Комплектующие для построения проводных линий связи <i>Александр Самонин</i>	5
Сколь кабель ни вейся, всё равно коннектор будет <i>Владимир Шевченко</i>	6
Особенности и параметры современных светодиодов фирм Betop и Foryard <i>Юрий Петропавловский</i>	7
Двухуровневые генераторы шума серии TGN <i>Виктор Безруков</i>	7
Монолитные интегральные схемы СВЧ на основе гетероструктурных GaAs pin-диодов <i>Алексей Ющенко, Геннадий Айзенштат, Владимир Божков, Евгений Монастырёв</i>	7
Радиационно-стойкие DC/DC-преобразователи серии LS обеспечивают надёжность космического уровня <i>Виктор Жданкин</i>	8
Современные светодиоды компании Philips Lumileds и модули питания Philips Advance <i>Юрий Петропавловский</i>	8
Современные частотные фильтры <i>Александр Тюменцев, Игорь Ясинский, Андрей Яковлев</i>	8

СТАТЬЯ	№ журнала
<b>ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ</b>	
<b>Источники электропитания с приёмкой заказчика</b> <i>Сергей Шишкин</i>	9
<b>DC/DC-преобразователи компании International Rectifier для ответственных применений</b> <i>Александр Седунов</i>	9
<b>Микроконтроллерные платформы для приложений реального времени</b> <i>Николай Кольский</i>	9
<b>Монолитные интегральные схемы СВЧ на основе технологии GaAs MESFET</b> <i>Алексей Голиков, Евгений Копылов, Татьяна Голикова</i>	9
<b>ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ</b>	
<b>Материнские платы для промышленных встраиваемых систем</b> <i>Николай Кольский</i>	1
<b>Платформа Intel Atom и решения на её основе для встроенных систем</b> <i>Пётр Павлов</i>	1
<b>Эффективные источники питания меняют методы разработки высоконадёжных систем</b> <i>Виктор Жданкин</i>	2
<b>Встроенные системы и свободное открытое программное обеспечение</b> <i>Марк Новодачный</i>	2
<b>Измерительные приложения радиочастотных генераторов шума</b> <i>Виктор Безруков</i>	2
<b>Системы светодиодного освещения в приборах технического зрения</b> <i>Екатерина Газиева, Виталий Лукаш, Василий Юрченко</i>	2
<b>Современные технические средства пассивной оптической локации</b> <i>Евгений Старовойтов</i>	2
<b>Магнитометры на эффекте Холла</b> <i>Игорь Буслов, Валерий Бауткин, Александр Дралезо, Николай Слобожанюк, Андрей Лукьянов, Вячеслав Ярмолович</i>	3
<b>Четырёхканальный осциллограф ScopeMeter® 190 серии II</b> <i>Хенк Коппельманс</i>	3
<b>Портативные анализаторы спектра SPECTRAN®</b> <i>Елена Журавская</i>	3
<b>Масштабирование встроенных систем: крейтовые модульные системы и системные блоки на основе материнских плат</b> <i>Пётр Павлов</i>	4
<b>Оборудование для проведения испытаний технических средств на соответствие требований к электропитанию</b> <i>Сергей Гудков</i>	4
<b>Портативный цифровой осциллограф В-520</b> <i>Александр Огурцов, Сергей Семенович, Игорь Стецко, Олег Тягунов</i>	4
<b>Создание эффективных каналов управления устройствами GSM/GPRS через Интернет</b> <i>Александр Елисеев</i>	5
<b>Новая эра в системе калибровки</b> <i>Наталья Денисова</i>	5
<b>Волоконно-оптическая система измерения уровня топлива</b> <i>Андрей Архипов, Дмитрий Серебряков, Татьяна Мурашкина, Александр Бадеев, Антон Щевелев</i>	6
<b>Испытательные комплексы для проверки бортовых авиационных приборов на соответствие квалификационным требованиям КТ-160</b> <i>Александр Подолько</i>	6
<b>Шина CompactPCI Serial – последовательная архитектура вместо параллельной</b> <i>Вальдемар Руф</i>	6
<b>Новый подход к измерению параметров импульсов</b> <i>Крис Ли</i>	7
<b>Разработка спецификации CompactPCI Serial завершена</b> <i>Вальдемар Руф</i>	7
<b>Программируемые источники переменного тока серии 61500 компании Chroma ATE</b> <i>Павел Бовв</i>	7
<b>Масштабирование встроенных систем: платформы для приложений класса Deeply Embedded</b> <i>Пётр Павлов</i>	8
<b>Осциллограф с аппаратным тестированием по маске</b> <i>Мери-Джейн Хэйес</i>	8
<b>Спектрометр нейтронного и гамма-излучения на основе цифровых методов регистрации и обработки сигналов</b> <i>Михаил Прокуронов, Пётр Руднев, Василий Севастьянов</i>	8
<b>Электронные нагрузки постоянного тока большой мощности Chroma 63200</b> <i>Александр Подолько</i>	8
<b>GPS/GSM-трекер для дистанционного мониторинга транспорта</b> <i>Александр Конопелько, Сергей Лазурин, Сергей Семенович, Игорь Стецко, Олег Тягунов</i>	8
<b>Программируемые источники переменного тока CHROMA ATE серии 61600</b> <i>Ангелина Шадейко</i>	9
<b>Защита электрических и электронных компонентов, работающих в жёстких промышленных условиях</b> <i>Вальдемар Руф</i>	9
<b>Тепловой контроль с тепловизорами Testo</b> <i>Дмитрий Михайлов</i>	9
<b>Решение проблемы выбора между параллельным и последовательным интерфейсом памяти во встраиваемых системах на базе Cortex-M3 с функцией SPIFI</b> <i>Роб Косаро, Жене Картер</i>	9
<b>ПРАКТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА</b>	
<b>Блок управления тепловой пушкой</b> <i>Сергей Шишкин</i>	1
<b>Два способа измерения температуры при помощи термопар</b> <i>Мэтью Дафф, Джозеф Тови</i>	1

СТАТЬЯ	№ журнала
<b>ПРАКТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА</b>	
Источники питания компьютеров приближаются к «платиновому» уровню стандарта <i>Михаэль О'Лафлин</i>	1
Микроконтроллеры и сети Ethernet <i>Олег Вальпа</i>	2
Универсальный модульный контроллер с ядром ARM9 <i>Александр Елисеев</i>	2
Измерение тока в широком динамическом диапазоне: три схемных решения <i>Нил Жао, Веншуай Ляо, Генри Сино</i>	3
Охранное устройство на микроконтроллере ATmega <i>Сергей Шишкин</i>	4
Использование полностью дифференциальных усилителей с одним источником питания и отрицательными входными напряжениями для управления АЦП <i>Джим Карки</i>	4
Драйверы МОП-транзисторов и приёмка «5»: всё ли так просто? <i>Павел Новиков</i>	5
Повышение качества передачи высокоскоростных сигналов с использованием устройства на ПЛИС <i>Владимир Вычужанин</i>	5
Реализация интерфейса RS-485 в микроконтроллерах <i>Олег Вальпа</i>	5
Управление температурным режимом в системах с высокой живучестью путём регулировки скорости вентилятора <i>Сахин Гупта</i>	5
Микроконтроллеры и радиосвязь <i>Олег Вальпа</i>	6
Реализация изолированного интерфейса шины I <sup>2</sup> C с использованием цифровых изоляторов <i>Томас Кюгельштадт</i>	6
Микроконтроллеры и CAN-интерфейс <i>Олег Вальпа</i>	7
Устройство для создания световых эффектов на микроконтроллере <i>Сергей Шишкин</i>	7
Микроконтроллеры и карты памяти Compact Flash <i>Олег Вальпа</i>	8
Реле времени на микроконтроллере <i>Сергей Шишкин</i>	8
Способы параллельного включения ИВЭП <i>Юрий Шуваев</i>	8
Применение ИС цифровых изоляторов ADUM7441 и ADUM3473 для гальванической развязки интерфейса RS-232 <i>Алексей Кузьминов</i>	9
<b>НАДЁЖНОСТЬ И КАЧЕСТВО</b>	
Испытания электротехнических и электронных изделий <i>Дмитрий Гаманюк</i>	4
Повышение качества электропитания в условиях воздействия внешних факторов, импульсных помех и перенапряжений <i>Александр Гончаров, Владимир Савенков</i>	6
<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ</b>	
Работа с дифференциальными парами в Cadence Allegro <i>Анатолий Сергеев, Пётр Савченко</i>	1
Построение эффективного тракта обработки сигналов с использованием технологии CUDA <i>Александр Тумачек, Андрей Ермаков</i>	1
Архитектура, технологические особенности и методы проектирования систем на кристалле ПЛИС <i>Алексей Шматок</i>	1
Моделирование переходных процессов в сварочном инверторе переменного тока высокой частоты <i>Вадим Бардин, Дмитрий Борисов</i>	1
Энергосбережение в полупроводниковой наноэлектронике <i>Денис Адамов, Наталья Горшкова</i>	2
Уникальные возможности трёхмерного электромагнитного моделирования в САПР Advanced Design System <i>Хау-Сян Яп, Хи-Су Ли</i>	2
Универсальная аналоговая микросхема для датчиков космической аппаратуры <i>Олег Дворников, Владимир Чеховский, Валентин Дятлов</i>	3
Приложения для цифровой обработки сигналов в ПЛИС <i>Владимир Вычужанин</i>	3
Минимизация энергопотребления проектируемых устройств на ПЛИС типа FPGA <i>Владимир Вычужанин</i>	4
Датчики линейных перемещений на эффекте Холла <i>Павел Моисеев, Игорь Буслов, Валерий Бауткин, Александр Драпезо, Вячеслав Яролович</i>	6
Оптимизация мощности потерь в ключевых элементах трёхфазного инвертора напряжения <i>Игорь Воронин</i>	6
Методика проектирования оптимальных систем управления электродвигателями на ПЛИС <i>Владимир Вычужанин</i>	7
Электродинамическое моделирование волноводного СВЧ-усилителя <i>Александр Курушин</i>	7
Обзор новых возможностей OrCAD 16.5 <i>Анатолий Сергеев</i>	8
Моделирование системы антенна – обтекатель в пакете программ FEKO <i>Наталья Кисель</i>	9
<b>ИНСТРУМЕНТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ</b>	
Нестандартное оборудование для изготовления волоконно-оптических датчиков угловых перемещений <i>Ольга Юрова, Инна Назарова, Мария Мышева, Татьяна Мурашкина</i>	9

СТАТЬЯ	№ журнала
<b>ПРОГРАММИРОВАНИЕ</b>	
<b>Использование алгоритма планирования RMS в микроконтроллерах</b> <i>Николай Баландин, Александр Крапивный</i>	1
<b>Контроллер DDR SDRAM для платы DK-START-3C25N</b> <i>Алексей Гребенников</i>	1
<b>Embedded Linux: методы безопасного обновления встроенного программного обеспечения</b> <i>Виктор Полстюк</i>	1
<b>HDL-реализация асинхронного приёмопередатчика</b> <i>Алексей Гребенников</i>	4
<b>Реализация архитектуры MIPS32 на языке HDL</b> <i>Алексей Гребенников</i>	5
<b>Использование инструментария LPCXpresso для разработки приложений на базе 32-разрядных микроконтроллеров NXP с ядрами ARM Cortex-M0 и Cortex-M3</b> <i>Павел Редькин</i>	5, 6, 7
<b>STM32 Discovery – стартовый набор разработчика ARM Cortex M3 со встроенным программатором</b> <i>Андрей Курниц</i>	6
<b>Инструментарий JTAG для процессоров Intel: упрощение разработки встраиваемых приложений</b> <i>Иоахим Хамп</i>	6
<b>HDL-реализация сетевого контроллера Gigabit Ethernet</b> <i>Алексей Гребенников</i>	7
<b>ВОПРОСЫ ТЕОРИИ</b>	
<b>Многодатчиковые мостовые измерительные схемы</b> <i>Георгий Волович</i>	1
<b>Длина слова переменных в каскадных БИХ-фильтрах</b> <i>Александр Мингазин</i>	1
<b>Квазиоптимальные адаптивные алгоритмы обнаружения сигналов</b> <i>Владимир Бартенев</i>	2
<b>Синтез упругомассовых систем управления по желаемой переходной характеристике</b> <i>Наталья Гудкова, Владимир Чуйков</i>	3
<b>Фактическая максимальная амплитуда предельных циклов в цифровом фильтре второго порядка при нулевом входе</b> <i>Александр Мингазин</i>	9
<b>СОБЫТИЯ</b>	
<b>Итоги V Международного промышленного форума «Радиоэлектроника. Приборостроение. Автоматизация – 2010»</b>	1
<b>Семинар PCB technology «Эффективное использование новых технологий в проектировании печатных плат с QFN и BGA»</b>	1
<b>В апреле информационные технологии встретятся с транспортом!</b>	1
<b>В центре внимания выставки LedTechExpo – светодиоды</b>	1
<b>Силовая электроника и энергетика 2010: все новации силовой электроники</b>	2
<b>«Зелёный свет» перспективным разработкам для электротранспорта!</b>	2
<b>ЭкспоЭлектроника рекомендует</b>	2
<b>Новая электроника 2011 – главное событие рынка электронных компонентов</b>	2
<b>Светодиод шагает по стране</b>	3
<b>90 лет Остехбюро</b> <i>Владимир Бартенев</i>	4
<b>«ЭлектроТРАНС 2011» – продукция, технологии, услуги для предприятий городского транспорта</b>	4
<b>Выставка «Радиоэлектроника и приборостроение 2011»</b>	4
<b>Новая электроника 2011</b>	5
<b>ЭкспоЭлектроника: цели достигнуты!</b>	5
<b>Конференция «Встраиваемые технологии 2011». Презентация новейших технологий Microsoft Windows Embedded</b>	5
<b>SEMICON/SOLARCON Russia 2011!</b>	5
<b>Современные светотехнические решения появятся в Санкт-Петербурге</b>	5
<b>Рабочее совещание международной экспертной комиссии по разработке стандартов</b>	6
<b>Радиоэлектронный комплекс – для промышленности Санкт-Петербурга!</b>	6
<b>Выставка SEMICON/SOLARCON Russia 2011</b>	6
<b>Семинар «Последние тенденции и направления развития МЭМС»</b>	7
<b>Семинар «Источники питания для светодиодной техники. Экономические и технические вопросы»</b>	8
<b>Выставка «Новая электроника»</b>	8
<b>«Современная светотехника» и DISPLAY в Санкт-Петербурге</b>	9
<b>Российская неделя электроники 2011</b>	9
<b>Форум по информационным технологиям на транспорте состоится в мае 2012 г.!</b>	9

### ПРЕДЛАГАЕМ ВАМ ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ НА ЖУРНАЛ «СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА» НА 2012 Г.

**Для получения бесплатной подписки** на 2012 г. заполните анкету, расположенную ниже, и отправьте её по факсу (495) 232-1653 или по адресу 119313, Москва, а/я 26. Вы также можете заполнить анкету на сайте журнала «Современная электроника»: [www.soel.ru](http://www.soel.ru).

Обращаем ваше внимание, что редакция оформляет бесплатную подписку только для квалифицированных специалистов, аккуратно и полностью заполнивших анкету.

Поля, отмеченные \*, обязательны для заполнения.

Идентификационный номер подписчика:

	/	
--	---	--

**Для гарантированного получения журнала** вы можете оформить платную подписку на журнал в любом почтовом отделении по каталогу «Роспечать» (подписные индексы: на полугодие – 46459, на год – 36280) или через другие подписные агентства (см. полную информацию на сайте журнала <http://www.soel.ru/subscribe/podpiska.aspx>).

Укажите номер из двух чисел, напечатанный на адресной наклейке конверта, в котором вы получаете журнал, – это ускорит обработку анкеты.

Фамилия: \* \_\_\_\_\_

Имя: \* \_\_\_\_\_

Отчество: \_\_\_\_\_

Предприятие: \* \_\_\_\_\_

Должность: \* \_\_\_\_\_

Отдел: \_\_\_\_\_

Телефон: \* \_\_\_\_\_

Пример: +7 495 1234567

Факс: \* \_\_\_\_\_

E-mail: \* \_\_\_\_\_

Веб-сайт: \_\_\_\_\_

Адрес предприятия

Почтовый индекс: \* \_\_\_\_\_

Город, район, область: \* \_\_\_\_\_

Адрес: \* \_\_\_\_\_

Почтовый адрес для доставки журнала

(заполняется, если отличается от адреса предприятия)

Почтовый индекс: \_\_\_\_\_

Город, район, область: \_\_\_\_\_

Адрес для доставки журнала: \_\_\_\_\_

### Тип вашей должности:

- Руководитель/менеджер высшего звена
- Руководитель отдела, группы, участка, ...
- Менеджер по закупкам/снабжению
- Технический руководитель проекта

- Инженер-разработчик
- Инженер по технической поддержке/обслуживанию
- Преподаватель, научный сотрудник, аспирант
- Другой \_\_\_\_\_

### Область деятельности вашей организации\*:

- Телекоммуникации, связь
- Автомобильная промышленность
- Авиация, космонавтика, ВПК
- Бытовая электроника
- Системы безопасности
- Торговое оборудование
- Энергетика
- Вычислительная техника

- Приборостроение
- Медицина
- Системы отображения информации
- Промышленная автоматизация
- Силовая электроника
- Транспорт
- Автоматизация зданий, умный дом
- Светотехника
- Другое \_\_\_\_\_

### Вид деятельности вашей организации\*:

- Системная интеграция
- Производство мелкосерийное
- Производство крупносерийное
- Торговля оптовая

- Торговля розничная
- Научные исследования
- Опытнo-конструкторские разработки
- Образование
- Другое \_\_\_\_\_

### Вы рекомендуете, принимаете решение о применении или закупаете следующие компоненты:

- Цифровые микросхемы и микропроцессоры
- Аналого-цифровые компоненты
- Пассивные и дискретные компоненты
- Аналоговые компоненты
- Силовые компоненты
- СВЧ-компоненты

- Электромеханические компоненты
- Изделия полупроводниковой светотехники
- Оптоэлектронные компоненты
- Устройства отображения информации
- Компоненты для телекоммуникаций и связи
- Другое \_\_\_\_\_

### Количество сотрудников в вашей организации:

- До 10 чел.
- 10 – 50 чел.
- 50 – 100 чел.
- Более 100 чел.
- Более 1000 чел.

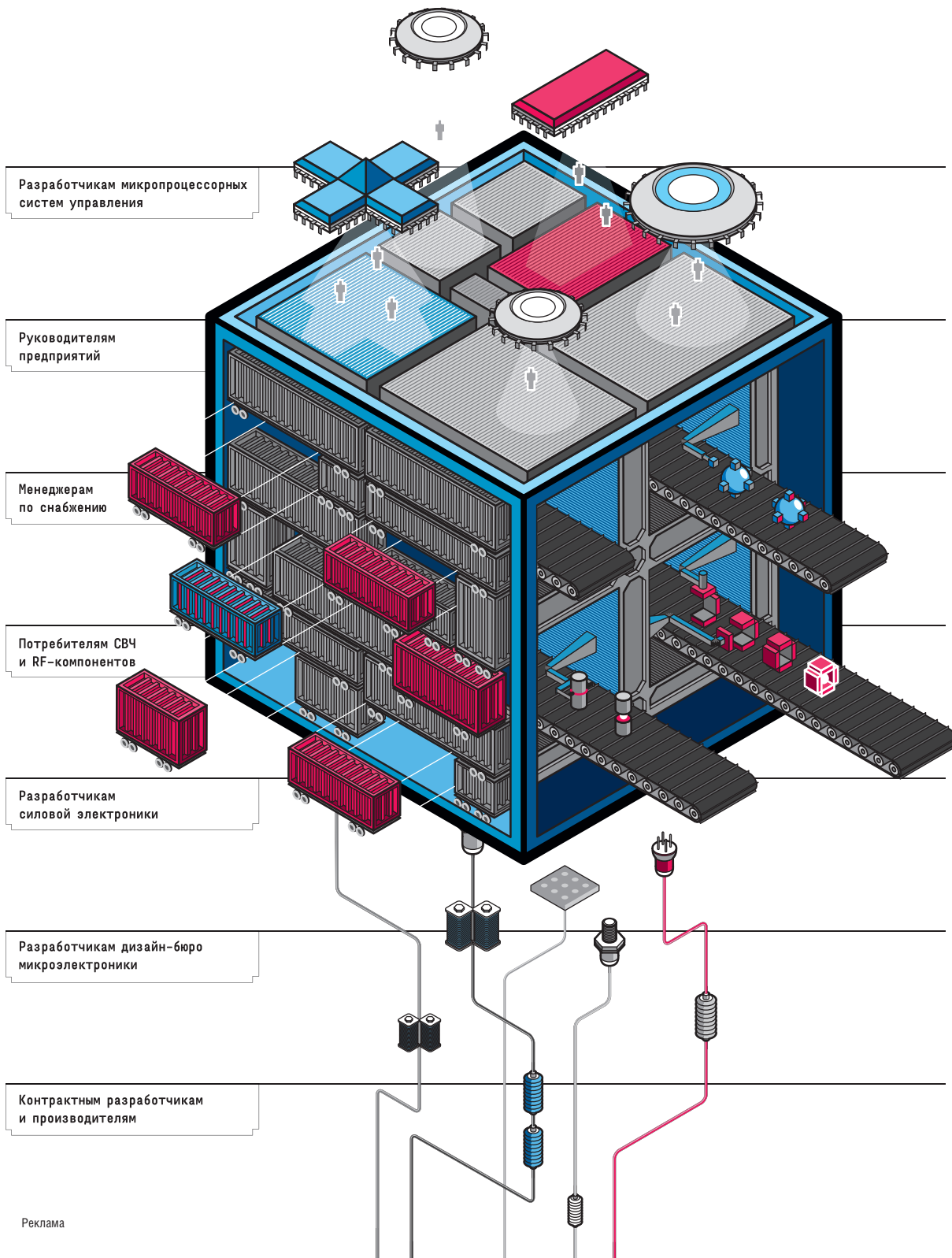


# НОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА / РОССИЯ

## 17–19 АПРЕЛЯ 2012

МОСКВА  
ЭКСПОЦЕНТР  
НА КРАСНОЙ ПРЕСНЕ

главная российская выставка электронных компонентов и модулей



- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
-



**11-13 АПРЕЛЯ 2012**  
**МОСКВА, КРОКУС ЭКСПО**

В РАМКАХ ГЛАВНОГО ФОРУМА  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
В РОССИИ И ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЕ  
В 2012 ГОДУ НАМ ИСПОЛНЯЕТСЯ 10 ЛЕТ!



**ВЗРАЩАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИИ!**

10-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛОВ  
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ  
И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Организаторы:



При содействии:



+7 (812) 380 6003/07/00, [electron@primexpo.ru](mailto:electron@primexpo.ru)

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