

# СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 4 2013

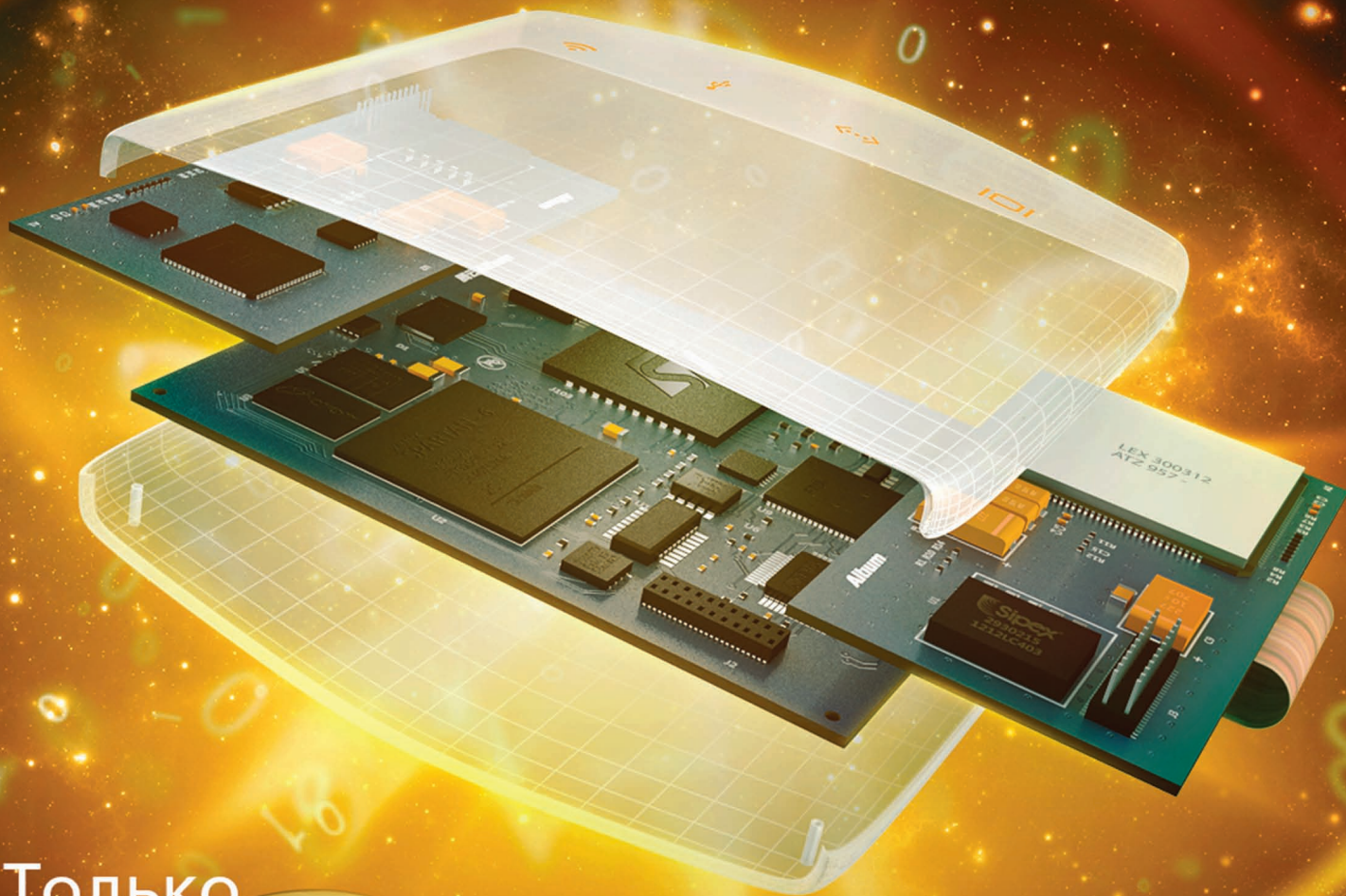
## В номере:

- ВЫСОКОВОЛЬТНАЯ СВЧ GaAs ГЕТЕРОЭЛЕКТРОНИКА
- StackPC — НОВЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ
- DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ: МИССИЯ НА МАРСЕ
- КОНТРОЛЬ ТОКА НАГРУЗКИ ШИМ
- ПУЛЬСАЦИИ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ



# ALTIUM DESIGNER 2013

ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ЭЛЕКТРОНИКИ  
НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ



Только  
до 30 ИЮНЯ 2013 ГОДА  
сэкономьте от 30%\*

*\* Акция действительна для компаний, имеющих лицензионные версии P-CAD, а также получивших лицензии в рамках акции "Включи легальный P-CAD"*

Получить подробную информацию вы можете на сайте  
[www.nanocad.ru](http://www.nanocad.ru), отправив запрос по адресу [altium@nanocad.ru](mailto:altium@nanocad.ru) или по  
тел.: (495) 645-86-26

**Altium**

  
**NANOCAD**

Реклама

© СТА-ПРЕСС



ЛАМИНАРНЫЕ СИСТЕМЫ

**LAMSYS**

# ОСНАЩЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ И ЛАБОРАТОРИЙ С ВЫСОКИМИ ТРЕБОВАНИЯМИ К ЧИСТОТЕ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

- ЧИСТЫЕ ЗОНЫ
- ЧИСТЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ
- ЛАМИНАРНЫЕ УКРЫТИЯ (БОКСЫ)
- ВЫТЯЖНЫЕ ШКАФЫ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ
- ВЫТЯЖНЫЕ ШКАФЫ ДЛЯ ХИМИЧЕСКИХ ЛАБОРАТОРИЙ
- АНТИСТАТИЧЕСКАЯ ОДЕЖДА И ОБУВЬ
- ОДЕЖДА ДЛЯ ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ



**ПРОЕКТИРОВАНИЕ    ПРОИЗВОДСТВО    ПРОДАЖА    СЕРВИС    ВАЛИДАЦИЯ**

Россия, 456300, Челябинская обл., г. Миасс, Тургоякское шоссе, 2/4  
Телефон/факс: (3513) 544-744, 544-755  
www.lamsys.ru    cleanroom@lamsys.ru    sale@lamsys.ru  
Представитель в Москве: тел./факс: 8 (925) 508-71-26, 8 (901) 547-84-03

Реклама

**Главный редактор**  
Алексей Смирнов

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

**Литературный редактор**  
Ольга Семёнова

**Вёрстка**  
Олеся Фрейберг

**Обложка**  
Дмитрий Юсим

**Распространение**  
Ирина Лобанова  
(info@soel.ru)

**Реклама**  
Ирина Савина  
(advert@soel.ru)

**Издательство «СТА-ПРЕСС»**

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



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

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

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

# 4/2013 Contents

## MARKET

<b>News from the Russian Market</b> .....	4
<b>People Address to the ElecPrime Company when Radio-electronic Components are Needed «Still Yesterday»</b> .....	8

## MODERN TECHNOLOGIES

<b>High-voltage GaAs Microwave oven Heteroelectronics: from Idea to Reality</b> <i>Viktor Voytovich, Aleksandr Gordeev</i>	10
<b>Shielding Materials Produced by a Aaronia AG Company</b> .....	18

## ELEMENTS AND COMPONENTS

<b>Deploying a Distributed Power Architecture on Base POL-modules</b> .....	20
<i>Jeremy Ferrell</i>	
<b>One-time Programmable Read-only Memory Chips Based on Antifuse Technology 1645RT and 5576RT Series</b> .....	24
<i>Pavel Leonov, Timur Volkov</i>	
<b>Constructive and Technological Features of DMOP and BTIZ Steady Against Specialfactors</b> .....	32
<i>Vladimir Boyko, Boris Bubukin, Aleksandr Kastrjulev</i>	

## DEVICES AND SYSTEMS

<b>StackPC form Factor – New Approach to Development of Built-in Modules and Systems. Part 1. The Protected Computers on the Basis of One-paid, Stack- and COM Modules</b> .....	36
<i>Alexey Sorokin</i>	
<b>Complex Challenges of Development of DC/DC Converters for Mission on Mars</b> .....	42
<i>Viktor Zhdankin</i>	
<b>AC/DC Converters of the Class Industrial of Production of the TESLA Electric Company</b> .....	48
<i>Aleksandr Goncharov, Sergey Dovbishev</i>	
<b>Inventronics Company Power Supplies for LED Lighting</b> .....	52
<i>Andrey Egorov</i>	
<b>A Calibrating of 1 mW 50 MHz Power Reference Output</b> .....	54
<i>Hock Eng</i>	

## ENGINEERING SOLUTIONS

<b>Monitoring of the PWM Load Current with a High-side Current-sense Amplifier</b> .....	56
<i>Maurizio Gavardoni, Akshay Bhat</i>	
<b>A Control of an Information and Radio Engineering Systems State and Nonfailure Operating Time</b> .....	60
<i>Vladimir Bartenev</i>	

## DESIGN AND SIMULATION

<b>Development of a Topology of PCB by Means of Allegro/OrCAD PCB Editor. Part 3. Creation of Libraries of Seats of Components</b> .....	62
<i>Anatolii Sergeev</i>	
<b>Reasonable Approach to Standards of Pulsations of LED Lighting</b> .....	68
<i>Il'ya Oshurkov</i>	
<b>Adaptive Algorithms of Management of Uprugomassovy (mass-elastic system) Objects with Unknown Mathematical Models</b> .....	72
<i>Natali Gudkova, Kseniya Besklubova</i>	

## EVENTS

<b>Conference on the Russian Market of Microelectronics</b> .....	78
<b>The Conference on Electronic Modules and Components for Transport Instrumentation Technology and Transport Systems</b> .....	80

# Содержание 4/2013

## РЫНОК

- 4 **Новости российского рынка**
- 8 **В компанию ElecPrime обращаются, когда радиоэлектронные компоненты нужны «ещё вчера»**

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 10 **Высоковольтная СВЧ GaAs гетерозлектроника: от идеи к реальности**  
*Виктор Войтович, Александр Гордеев*
- 18 **Экранирующие материалы производства компании Aagonia AG**  
*Дмитрий Бынкин*

## ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- 20 **Развёртывание распределённой архитектуры электропитания на базе POL-модулей**  
*Джереми Феррел*
- 24 **Микросхемы однократно программируемых ПЗУ на основе технологии antifuse серий 1645PT и 5576PT**  
*Павел Леонов, Тимур Волков*
- 32 **Конструктивно-технологические особенности ДМОП и БТИЗ, устойчивых к спецфакторам**  
*Владимир Бойко, Борис Бубукин, Александр Кастрюлёв*

## ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- 36 **Форм-фактор StackPC – новый подход к разработке встраиваемых модулей и систем. Часть 1. Защищённые компьютеры на базе одноплатных, Stack- и COM-модулей**  
*Алексей Сорокин*
- 42 **Сложные задачи разработки DC/DC-преобразователей для миссии на Марсе**  
*Виктор Жданкин*
- 48 **AC/DC-преобразователи класса Industrial производства компании TESLA Electric**  
*Александр Гончаров, Сергей Довбышев*
- 52 **Источники питания компании Inventronics для светодиодного освещения**  
*Андрей Егоров*
- 54 **Калибровка эталонного источника мощности 1 мВт 50 МГц**  
*Хок Енг*

## ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

- 56 **Контроль тока нагрузки ШИМ при помощи высоковольтного токочувствительного усилителя**  
*Маурицио Гавардони, Акшей Бхат*
- 60 **Контроль состояния и учёт времени наработки информационных и радиотехнических систем**  
*Владимир Бартнев*

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 62 **Разработка топологии печатных плат с помощью Allegro/OrCAD PCB Editor. Часть 3. Создание библиотек посадочных мест компонентов**  
*Анатолий Сергеев*
- 68 **Обоснованный подход к нормативам пульсаций светодиодного освещения**  
*Илья Ошурков*
- 72 **Адаптивные алгоритмы управления упругомассовыми объектами с неизвестными математическими моделями**  
*Наталья Гудкова, Ксения Бесклубова*

## СОБЫТИЯ

- 78 **Конференция по российскому рынку микроэлектроники**
- 80 **Конференция «Электронные модули и компоненты для транспортного приборостроения и транспортных систем»**

## ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ

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



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

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

## ПЛАТНАЯ ПОДПИСКА

### Преимущества:

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

### «Роспечать»

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

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

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

### «Агентство “ГАЛ”»

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

### «Интер-Почта-2003»

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

### «Урал-Пресс»

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

### Читатели из дальнего зарубежья

могут оформить подписку через агентство

### «МК-Периодика»

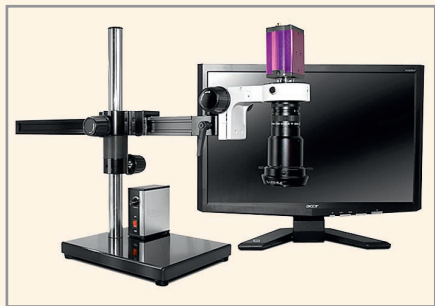
Тел.: +7 (495) 672-7012  
Факс: +7 (495) 306-3757  
[info@periodicals.ru](mailto:info@periodicals.ru)

## Новости российского рынка

### Приборы и системы

#### Новый взгляд на контроль сборки печатных плат при опытном производстве

Один из лидеров по производству систем оптического контроля, компания SCIENSCOPE International, совместно со своим дистрибьютором, фирмой «Дарском», представляют в России новую модель оптического контроля собранных печатных плат MAC PK5 WSXGA.



Данная система идеально подходит для обеспечения контроля качества при сборке опытных (единичных) изделий. Специально разработанный объектив имеет широкое поле зрения, а реалистичное изображение, передаваемое на монитор высокого разрешения, позволяет отбросить все сомнения в качестве контролируемого объекта. Современная и многофункциональная WSXGA-камера, входящая в состав системы, захватывает изображение и сохраняет его непосредственно на карту SD. Штатив, закреплённый на литой стальной пластине, имеет плавные регулировки по трём осям. В комплекте поставляется светодиодная подсветка с плавной регулировкой яркости и поляризационное стекло.

Посетите демонстрационный зал компании «Дарском» со своим изделием и самостоятельно проведите контроль качества его сборки.

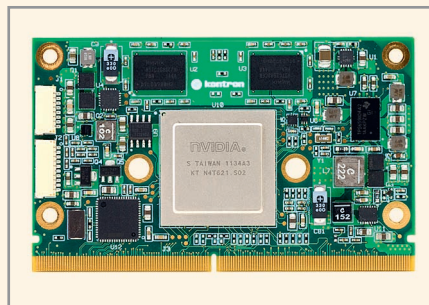
[www.darscom.ru](http://www.darscom.ru)  
Тел.: +7 (495) 280-0934

#### Модуль Kontron SMARC-sAT30 с ARM-процессором NVIDIA Tegra 3: сверхнизкое энергопотребление для низкопрофильных графических приложений

Компания «РТСофт» и Kontron представляют первый низкопрофильный (82 × 50 мм) «компьютер-на-модуле» на архитектуре ARM. Новый продукт SMARC-sAT30 отличается сверхнизким энергопотреблением и разработан для расширения масштабируемых решений с помощью новейших модулей с ARM- и SoC-процессо-

рами. Новинка поддерживает третье поколение системы на кристалле NVIDIA Tegra с четырёхъядерным ARM-процессором 1,2 ГГц. Инновационный высоконадёжный модуль SMARC-sAT30 можно с успехом применять для разработки POS/POI-терминалов, решений для инфотеймента, Digital Signage, систем безопасности, в медицине и обороне.

В модуле SMARC-sAT30 применён 314-контактный разъём (MXM 3.0), что позволяет создавать низкопрофильные решения с расстоянием между платами 1,5 мм и высотой не более 5,7 мм. Графический процессор NVIDIA GeForce со сверхнизким энергопотреблением обеспечивает обработку видео HD-качества, работу контроллеров двух дисплеев и аппаратное ускорение 2D- и 3D-графики.



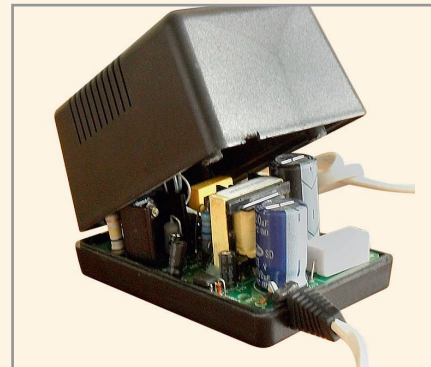
В качестве помощи разработчикам Kontron предлагает оценочную плату-носитель SMARC Evaluation Carrier Board и протестированную оценочную платформу, которая содержит «компьютер-на-модуле» SMARC-sAT30, плату-носитель SMARC Evaluation Board, предустановленную ОС Linux, дисплей 1280 × 768 с диагональю 10,6 дюйма.

[www.rtsoft.ru](http://www.rtsoft.ru)  
Тел.: +7 (495) 967-1505

#### Блок питания для светодиодной архитектурной подсветки

Специалистами ООО «Балтийская электронная компания» в рамках общего направления разработки устройств питания для светотехники разработан AC/DC-преобразователь номинальной мощностью 30 Вт для светодиодных систем декоративной подсветки.

Рассчитанный на входное сетевое напряжение 170...275 В, он имеет два выхода постоянного напряжения – 48 В для питания светодиодных цепочек и 9 В для питания управляющего устройства (контроллера) и интерфейса RS-485. Схема выполнена с использованием корректора мощности, обеспечивающего PF>0,9 в



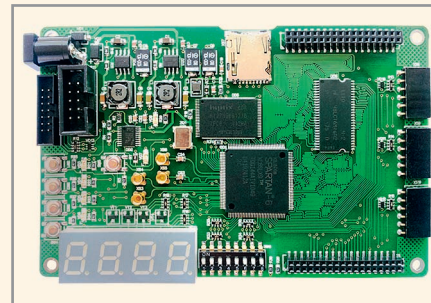
диапазоне 40...100% номинальной мощности. Моточные изделия разработаны и изготовлены на собственной научно-производственной базе ООО «БЭК». Отличительной особенностью данного преобразователя является возможность использования его как в режиме стабилизации тока (на уровне 600 мА), так и стабилизации напряжения, что позволяет реализовать различные схемы подключения светодиодов.

Источник питания изготавливается в компактном пластиковом корпусе (82 × 36 × 32 мм) и может быть залит компаундом для дополнительной влагозащиты. Прибор можно эксплуатировать при температуре до –40°C.

[www.bec.spb.ru](http://www.bec.spb.ru)  
Тел.: +7 (812) 449-0270

#### Отладочная плата LDM-XC6SLXx-TQ144 Evolution

Представленная отладочная плата предназначена для изучения возможностей ПЛИС Spartan-6 фирмы Xilinx (XC6SLX4, XC6SLX9).



Плата оснащена:

- преобразователи напряжения;
- 4 кнопки, 8 переключателей, 4 светодиода;
- тактовый генератор 25 МГц;
- NAND FLASH 64 МБ, SDRAM 32 МБ;
- 4-значный семисегментный LED дисплей;
- 4-х MMCX ВЧ-разъёма;
- конфигурационная PROM XCF04SVO20C.

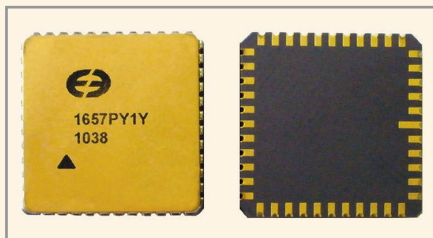
[www.ldm-systems.ru](http://www.ldm-systems.ru)  
Тел. +7 (495) 500-8920,  
+7 (903) 283-8318, +7 (903) 967-1924

## Новости российского рынка

### Элементы и компоненты

#### Радиационно-стойкая микросхема памяти 1657PY1Y

ОАО НПЦ «ЭЛВИС» сообщает о начале серийных поставок радиационно-стойких микросхем памяти 1657PY1Y.



Микросхема 1657PY1Y представляет собой статическое асинхронное КМОП ОЗУ (SRAM) ёмкостью 4 Мб с организацией 512К×8, стойкое к воздействию специальных факторов и предназначенное для использования в большинстве радиационно-стойких приложений.

Косвенными аналогами 1657PY1Y являются микросхемы UT8R512K8 (Aeroflex), AT60142E (Atmel), HX6408 (Honeywell) и AS5C512K8 (Austin Semiconductor).

С целью обеспечения качественного экстрополирования жизнеспособности устройства в радиационной среде испытания микросхемы 1657PY1Y проведены на моделирующих установках.

На воздействие отдельных тяжёлых заряженных частиц испытания микросхемы проводились на базе изохронного циклотрона У-400М (ОИЯИ, г. Дубна Московской области).

Облучение микросхемы проводилось стандартным набором ионов: Kr, Xe, Ar, Ne при нормальной температуре корпуса, ионами Xe при температуре 65°C и впервые в истории отечественных испытаний ионами Bi при температуре 100°C.

ОЗУ 1657PY1Y является первой отечественной микросхемой, прошедшей испытания по оценке воздействия на работоспособность изделия вторичного излучения, вызванного нейтронными потоками, что является особенно актуальным для авиационной электроники.

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

Тел.: +7 (495) 913-3251

#### Улучшенный ультра прецизионный кварцевый генератор ГК200-ТС

ГК200-ТС – уже хорошо известная российским и зарубежным заказчикам модель ультра прецизионного термостатированного генератора. Опыт, накопленный в результате крупносерийных поставок данного генератора для широкого спектра при-

менений, позволил существенно улучшить характеристики данного прибора. На сегодняшний день данный генератор, являющийся одинарным термостатом в стандартном корпусе 51 × 51 мм и высотой всего 10...12,7 мм обеспечивает параметры, которые ранее были характерны только для генераторов с двойным термостатированием. Стабильность в интервале температур серийно доступная заказчикам теперь достигает уровня  $\pm 2 \times 10^{-10}$  для температур  $-40...+85^\circ\text{C}$  и до  $\pm 5...10 \times 10^{-11}$  для температур  $-10...+60^\circ\text{C}$ . Причём данные характеристики обеспечиваются и при напряжении питания 5 В. Генераторы обеспечивают долговременную стабильность на уровне  $\pm 2 \times 10^{-8}/\text{год}$ . Одновременно был улучшен уровень фазовых шумов: до  $-108$  дБ/Гц для  $\Delta f=1$  Гц,  $-137$  дБ/Гц для  $\Delta f=10$  Гц,  $-162$  дБ/Гц для  $\Delta f=10$  кГц для генераторов на частоту 10 МГц.



Возможен вариант исполнения генератора с цифровым управлением частотой по протоколу SPI.

Приведённые выше характеристики позволяют использовать ГК200-ТС во многих областях телекоммуникаций, в частности для аппаратуры синхронизации сетей LTE, а также навигационной и измерительной техники.

Дополнительную информацию об этих и других приборах можно получить у специалистов ОАО «МОРИОН».

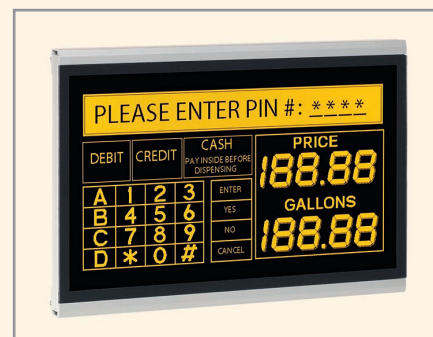
[www.morion.com.ru](http://www.morion.com.ru)

Тел.: +7 (812) 350-7572, (812) 350-9243

#### Электролюминесцентный дисплей EL640.400-C3 CC с защитным покрытием печатных плат

Компания Veneq, поставляющая TFEL-дисплеи под торговой маркой Lumineq, начала поставки электролюминесцентного дисплея EL640.400-C3 CC с защитным покрытием печатной платы, в качестве которого применяется аэрозоль Humiseal 1B73.

Защитное покрытие, являющееся чистым акрилом, наносится на печатные пла-



ты до сборки дисплея и обеспечивает защиту электронных компонентов от воздействия влажности, проводящих частиц пыли и других посторонних веществ, которые могут нарушить работоспособность дисплея.

Диапазон рабочих температур электролюминесцентного дисплея EL640.400-C3 CC  $-25...+65^\circ\text{C}$ . Устройство сохраняет работоспособность и гарантирует сохранение параметров в диапазоне температур  $-40...+65^\circ\text{C}$ . Диапазон температур хранения составляет  $-60...+105^\circ\text{C}$ .

Тонкоплёночные электролюминесцентные дисплеи являются прекрасным выбором для применений, где требуется мгновенная реакция на быстро изменяющуюся графическую и текстовую информацию. Подобное качество особенно важно в медицине и транспорте.

Возможности и преимущества EL-дисплеев:

- работа при низких температурах без использования дополнительного обогрева;
- широкий угол обзора  $179^\circ$ ;
- время электрооптического отклика менее 1 мс;
- компактный корпус и обрамление;
- высокая надёжность, средний срок непрерывной работы составляет более 116 000 часов;
- потеря от первоначальной яркости 25–30% после 11-летней эксплуатации.

В представленных дисплеях 640 вертикальных и 400 горизонтальных электродов скомпонованы в X–Y-структуру с пересекающимися зонами, выполняющими роль пикселей. Напряжение, прикладываемое к соответствующему ряду электродов и столбцов, вызывает свечение пиксела. Необходимое напряжение формируется встроенным DC/DC-преобразователем. Сигналы для управления дисплеем совместимы с VGA Feature Connector и поддерживают 350- и 400-строчные VGA-режимы. Частота кадров может быть до 72 Гц.

Новые дисплеи находят применение в аппаратуре, приборах и устройствах воен-

## Новости российского рынка

### Элементы и компоненты

ного назначения, на транспорте, в промышленном оборудовании и медицинской аппаратуре.

Основные технические характеристики ЭЛ-дисплея EL640.400-C3 CC:

- цвет свечения – янтарный;
- разрешение 640 × 400 пикселей;
- шаг пиксела 0,305 × 0,305 мм;
- габариты модуля (Ш×В×Г): 225 × 147 × 23 мм;
- рабочая площадь экрана (Ш×В): 121,8 × 195 мм;
- размер диагонали экрана 230 мм (9,1 дюйма);
- угол обзора 179°;
- время реакции (электрооптического отклика) <1 мс;
- яркость 52 кд/м<sup>2</sup>;
- напряжение питания +5 и +11...+30 В;
- потребляемая мощность 11 Вт;
- наработка на отказ, MTBF (мин.) >50 000 ч;
- диапазон рабочих температур –25...+65°C (гарантируются технические параметры в диапазоне –40...+65°C);
- влажность (при +40°C, без конденсации влаги) 93%;
- высота над уровнем моря (в рабочем режиме) 18 000 м;
- удар (3 по каждой поверхности) 100g длительностью 4 мс;
- вибрация (случайная) 20...500 Гц, 0,05g<sup>2</sup>/Гц.

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

#### Малоформатный графический OLED-дисплей RET009664B от Raystar Optronics

Компания Raystar Optronics, Inc представляет 1,1" графический дисплей OLED RET009664B с разрешением 96 × 64 точек. Устройство создано с применением одной из базовых технологий соединения кристаллов драйверов с выводами на стеклянной подложке дисплея: TAB – Tape Automatic Bonding – кристалл монтируется на трёхслойной полиимидной подложке-ленте. Процесс, давно использующийся в дисплейных монтажных технологиях, обеспечивает полную автоматизацию монтажа интегральной схемы на непрерывной полиимидной ленте-носителе. Толщина конструкции носитель+кристалл составляет около 1 мм. В дисплее RET009664B применяется микросхема драйвера SSD1305. Микросхема контроллера обеспечивает управление контрастом, содержит дисплейное ОЗУ и генератор, что позволяет сократить число внеш-

них компонентов и потребляемую мощность. Контроллер имеет 256-ступенчатое управление яркостью и отдельное питание для логических схем управления вводом/выводом.

Площадь передней панели дисплейного модуля составляет 33,59 × 23,62 мм. Две модели RET009664B и RET009664A имеют одинаковые габариты, рабочую площадь экрана и видимую площадь экрана. Дисплейный модуль RET009664B, который является вариантом исполнения RET009664A, имеет установленный плоский кабель (FPC).



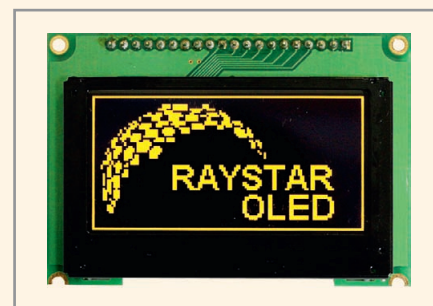
- Основные параметры RET009664B:
- разрешение 96 × 64 точек;
  - габаритные размеры (Ш×В×Г): 33,59 × 23,62 × 1,65 мм;
  - напряжение питания 3 В;
  - интерфейс: параллельный 6800 или 8080 (опция), последовательный SPI, I<sup>2</sup>C;
  - схема управления SSD1305;
  - диапазон рабочих температур –40...+80°C;
  - коэффициент мультиплексирования строк 1/64.

Доступны модели с жёлтым цветом свечения.

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

#### Модуль графического OLED-дисплея RET012864E/F, выполненного с применением технологии TAB

Компания Raystar Optronics, Inc объявила о начале выпуска новых моделей графических OLED-дисплеев RET012864E и RET012864F с разрешением 128 × 64 точек, выполненных с применением технологии TAB (Tape Automatic Bonding – кристалл драйвера монтируется на трёхслойной полиимидной плёнке-ленте). Данная



технология обеспечивает полную автоматизацию монтажа интегральной схемы драйвера на непрерывной полиимидной ленте-носителе. Обеспечивается толщина конструкции носитель+кристалл около 1 мм.

В новых дисплеях применяется микросхема драйвера SSD1305. Микросхема контроллера обеспечивает управление контрастом, содержит дисплейное ОЗУ и генератор, что позволяет сократить число внешних компонентов и потребляемую мощность. Контроллер имеет 256-ступенчатое управление яркостью и отдельное питание для логических схем управления вводом/выводом.

Дисплейные модули RET012864E и RET012864F имеют одинаковое рабочее поле.

- Основные технические характеристики:
- цвет свечения экрана – жёлтый;
  - видимая область экрана – 57,01 × 29,49 мм (RET012864E) и 56,35 × 28,05 мм (RET012864F);
  - рабочая площадь экрана – 53,73 × 26,85 мм (для RET012864E и RET012864F);
  - напряжение питания 3 В;
  - коэффициент мультиплексирования строк 1/64;
  - интерфейс: 6800, 8080, SPI, I<sup>2</sup>C;
  - диапазон рабочих температур –40...+80°C.
  - размер диагонали 2,4" (для RET012864E и RET012864F);
  - габаритные размеры – 75 × 52,7 мм (RET012864E) и 60,5 × 37 мм (RET012864F).

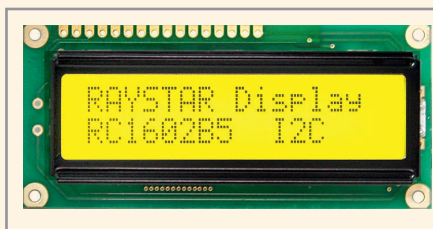
[www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)  
Тел.: (495) 234-0636

#### Низкопрофильные символьные ЖК-индикаторы серии RC1602B с интерфейсами SPI и I<sup>2</sup>C

Компания Raystar Optronics, Inc анонсирует производство новых моделей ЖК-индикаторов серии RC1602B с интерфейсами SPI и I<sup>2</sup>C, которые характеризуются габаритными размерами, видимой областью экрана и расположением выво-



## Новости российского рынка



дов аналогично существующим модулям RC1602B2.

Модель RC1602B4 оснащена последовательным интерфейсом SPI, передача по которому идет бит за битом. В модулях индикаторов RC1602B5 используется интерфейс I<sup>2</sup>C.

Встроенный последовательный интерфейс не требует применения дополнительного устройства передачи данных.

Предлагаемые варианты последовательных интерфейсов позволяют пользователю сделать выбор, который наиболее полно соответствует требованиям проекта. Используя только два контакта ввода/вывода можно управлять последовательно аппаратными или программными средствами. В том случае, когда уже используется шина I<sup>2</sup>C, можно присвоить ЖК-модулю уникальный ID и добавить его к существующей двухпроводной шине I<sup>2</sup>C (прекрасное решение, когда необходимо управлять несколькими ЖК-дисплеями одновременно).

Основные технические характеристики:

- габариты модуля (Ш×В×Г): 80 × 36 × 10 мм (макс.);

- видимая область экрана 66 × 16 мм;
- рабочая площадь экрана 56,2 × 11,5 мм;
- размер символа 2,95 × 5,55 мм;
- число знаков: 16 знаков × 2 строки;
- драйвер: ИМС, обеспечивающая высокий уровень функциональности;
- напряжение питания 5 или 3 В;
- интерфейсы: RC1602B4 – 4-проводный SPI; RC1602B5 – I<sup>2</sup>C;
- диапазон рабочих температур –20...+70°C.

Для расширенного управления предусмотрен прямой доступ к контроллеру нижнего уровня. Зарезервировано место для восьми специальных знаков.

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

Тел.: (495) 234-0636

## Новые DC/DC-преобразователи: небольшие размеры – большие возможности

**XP** XP Power

- Высокая удельная мощность
- Высокий КПД
- Диапазон рабочих температур от –40 до +105°C



**Серия JCD** 4, 5 и 6 Вт

- Диапазоны входных напряжений 2:1
- КПД до 85%
- Гальваническая развязка вход-выход 1600 и 3500 В
- Защита от короткого замыкания длительного действия
- Габариты (Ш×Г×В): 20,32×31,75×10,4 мм



**Серии JCG и JTF** 8, 10, 12 и 15 Вт

- Диапазоны входных напряжений (2:1) (JCG) и (4:1) (JTF)
- КПД до 90%
- Гальваническая развязка вход-выход 1600 В
- Вход дистанционного включения/выключения
- Габариты (Ш×Г×В): 20,32×31,75×10,16 мм



**Серия JNM10** 10 Вт

- Диапазон входных напряжений 2:1
- КПД до 89%
- Гальваническая развязка вход-выход 5000 В (двойная/усиленная изоляция)
- Ток утечки на пациента 2 мкА
- Габариты корпуса DIP-24 (Ш×Г×В): 20,32×31,75×12,7 мм



**Серия JTK** 15, 20 Вт

- Диапазон входных напряжений 4:1
- КПД до 90%
- Гальваническая развязка вход-выход 1600 В
- Дистанционное включение/выключение
- Габариты (Ш×Г×В): 25,4×25,4×9,9 мм



**Серия JCM** 15, 20 Вт

- Диапазон входных напряжений 2:1
- КПД до 89%
- Гальваническая развязка вход-выход 1600 В
- Дистанционное включение/выключение
- Габариты (Ш×Г×В): 25,4×25,4×9,9 мм



**Серия JCK** 15, 20, 30, 40 и 60 Вт

- Диапазон входных напряжений 4:1 и 2:1
- КПД до 91%
- Гальваническая развязка вход-выход 1600 В
- Дистанционное включение/выключение, тепловая защита
- Габариты (Ш×Г×В): 25,4×50,8×10,16 мм (JCK15/20/30/40); 50,8×50,8×10,16 мм (JCK60)

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ XP POWER

**PROSOFT**®

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



# В компанию ElecPrime обращаются, когда радиоэлектронные компоненты нужны «ещё вчера»



Материал подготовил Николай Василенко

**Традиционная российская беда – надежда на то, что всё само собой образуется, – Алексея Александровича Гаврилова не впечатляет. Ему интересно взяться за трудную задачу и решить её. В интервью нашему журналу генеральный директор компании ООО «Нодал проджект Групп» (торговая марка ElecPrime) рассказывает, как намеревается совершенствовать оперативность поставок качественных электронных компонентов российским предприятиям-производителям радиоэлектронной аппаратуры.**

*Сегодня в России предостаточно компаний, поставляющих электронные компоненты. Чем объясняется популярность компании ElecPrime?*

Основной козырь компании ElecPrime в её открытости. Обычно фирмы, работающие с вендорами из Азии, скрывают это от заказчиков. Мы говорим прямо, что работаем с НАДЁЖНЫМИ производителями из Азии, которые прошли жёсткий отбор, и качество продукции которых проверено временем.

Все наши заказчики знают: получить радиоэлектронные компоненты высокого качества и по доступной цене они всегда могут в нашей компании. Именно поэтому, однажды начав сотрудничество с нами, они увеличивает объёмы заказов и рекомендуют ElecPrime хорошим друзьям.

*Чем привлекают Вас производители из Азии?*

История развития ElecPrime началась именно с азиатских производителей. Со многими представителями заводов мы встречались и вели персональные и коллективные переговоры. Конечно же, есть



**Гаврилов Алексей Александрович, генеральный директор компании ElecPrime**

компании из Азии, которые поставляют неоригинальные электронные компоненты под видом оригинальных, но за период работы с 2010 по 2011 гг. мы жёстко отсеяли таких недобросовестных поставщиков, так как для нас главное при выборе партнёра – это КАЧЕСТВО и НАДЁЖНОСТЬ. Оставили лучших из лучших, поставляющих только оригинальные качественные электронные компоненты. Сегодня все клиенты компании ElecPrime получают электронные компоненты от заводов производителей в Малайзии, Китае, Сингапуре, Корее и Филиппинах, продукция которых пользуется заслуженной популярностью во всём мире. В случае если наш клиент заинтересован в поставках радиокомпонентов из других стран, например из США или Канады, мы также на выгодных условиях можем ему поставить продукцию этих стран. Сроки и цены будут чуть выше, но тут, как говорится, хозяин-барин. Ни для кого не секрет, что многие производители из Америки размещают заказы на заводах в Азии. Кстати, многие российские компании скрывают происхождение поставляемых радиоэлектронных компонентов, и зачастую на их складах находится продукция, произведённая на тех же заводах в Азии, только закуплена она в два-три раза дороже из-за сложных цепочек поставок, заканчивающихся обычно в Америке.

*И что же позволяет оставаться в лидерах?*

Каждый специалист ElecPrime заботится о непоколебимости репутации компании. Помимо оперативной обработки заказов он стремится подобрать необходимую замену, если таковая есть,

предоставляет техническую документацию на заказываемые изделия, интесуется пожеланиями и удовлетворённостью клиентов. И ещё мы гордимся, что более чем за 2 года работы все компании, начавшие сотрудничать с нами, планируют развивать отношения с ElecPrime и в дальнейшем.

*Что же конкретно получает заказчик, обращаясь в ElecPrime?*

Каждый заказчик компании ElecPrime получает:

- любые оригинальные качественные электронные компоненты из Азии, минуя склады перекупщиков напрямую от производителей и ведущих дистрибьюторов;
- надёжные поставки в согласованные сроки и по конкурентным ценам;
- эффективную поставку по заранее согласованному графику и поддержке работ по проектам;
- оптимальный подбор комплектующих для решения задач любого уровня сложности;
- редкие и даже снятые с производства электронные компоненты;
- всестороннюю техническую поддержку и online-консультации.

И много других полезных преимуществ, благодаря чему наши заказчики увеличивают объёмы, количество и периодичность заказов.

*Электронные компоненты каких компаний наиболее востребованы сегодня?*

Компания ElecPrime предлагает комплектующие практически всех мировых производителей. Наиболее востребованные сегодня – это компоненты от Texas Instruments, International Rectifier, XIL-INX, FIBOX, Analog Devices, ST Microelectronics, Maxim, KINGBRIGHT, ON Semiconductor, Cree, Mean Well, Power-one, EEMB, Sierra Wireless, Intel, Bestar, Bright-Led, Chinfa Electronics, Digi International, Bourns, ELECTRONICON, ERCO & GENER, Finder, Geyer, Hitachi AIC, Honeywell, Omron, Panasonic Industrial Europe, PEAK electronics, RECOM Electronic, Samwha Capacitor, Semikron, Sumida, Sunlike Display

На правах рекламы

Technologies, Tai-Shing Electronic Components, TDK-Lambda, Trimble, Wanjia Electric, Winstar Display, Yageo, VISHAY...

*Перечень впечатляет, но компоненты от этих производителей предлагают и другие поставщики. И привлечь заказчика только лишь внимательным и заботливым отношением довольно сложно.*

А вот послушайте историю взаимоотношений с одним из наших заказчиков – ОАО «Научно-производственная фирма «Элдис»». Её снабженцы стали оформлять в ElecPrime крупный заказ после того, как один известный поставщик, приняв заказ в обработку и продержав почти месяц, отказался его выполнять под надуманным предлогом. В результате у заказчика сложилась критическая ситуация, которая грозила не только репутационными издержками, но и серьёзными штрафными санкциями. Вспоминаю слова взволнованного представителя ОАО «НПФ «Элдис»»: «Эти радиоэлектронные компоненты нам нужны «ещё вчера». Выручайте!». Служба логистики ElecPrime сработала сверхоперативно. Прошло ровно семь дней, и счастливый снабженец заказчика получил на складе ElecPrime уже растаможенный и на 100% выполненный заказ. С нашей помощью ситуация благополучно разрешилась. Мы же извлекли из неё полезный урок.

Кроме качественных электронных компонентов клиентам нужна ещё надёжность в исполнении заказа и, что важно, – оперативность. Сегодня у нашей логистической службы в регламенте прописаны сроки исполнения по срочным заказам – одна неделя. И этот регламент в компании ElecPrime выполняется неукоснительно.

*Вы сказали, что все компании, начавшие сотрудничать с Вами, планируют развивать отношения с ElecPrime и в дальнейшем. Расскажите хотя бы о некоторых из них.*

Практически о каждой компании мог бы рассказать много интересного. Хотя это займёт много времени. Да и со многими заказчиками у нас, как правило, действуют стандартные бизнес-правила о неразглашении сведений. Особенно это относится к серьёзным заказчикам федерального и регионального уровней. В то же время многие компании самостоятельно присылают в адрес ElecPrime благодарственные письма о работе наших специалистов или положительные

отзывы о компании ElecPrime. Кстати, наши маркетологи планируют в ближайшее время разместить часть этих отзывов на интернет-сайте ElecPrime. А вот отзыв от Игоря Юрьевича Баласова, генерального директора компании ОАО «НПФ «Элдис»» из города Новосибирска, мне особенно приятен: «Мы с уверенностью можем рекомендовать ElecPrime всем компаниям, которые заинтересованы в профессиональном индивидуальном подходе и гибкой ценовой политике, а также своевременной поставке любых радиоэлектронных компонентов и IT-оборудования».

*Что Вы можете сообщить о логистических направлениях ElecPrime?*

Разумеется, все тонкости логистических цепочек мы сейчас раскрывать не станем. Это наше основное конкурентное преимущество. Скажу только, что в основном они начинаются в Азии. Заказчики уже убедились в добросовестности наших поставщиков. Знаете, я даже не припомню сейчас ни одной серьёзной рекламации. А вот цены на радиоэлектронные компоненты из Азии, по понятным причинам, значительно уступают американским и европейским. И это ещё одно серьёзное преимущество, ценимое нашими постоянными, да и новыми заказчиками. Наши клиенты могут быть уверены в том, что, обратившись к нам однажды, они могут всегда получать практически любые радиокомпоненты зарубежных производителей. Причём это характерно как для заказа от одной позиции, так и для заказа, на оформление которого уходит несколько стандартных коробок бумаги. Каждый заказчик ElecPrime, будь то небольшая семейная фирма или серьёзная региональная и даже федеральная компания, ощущает наш профессионализм, заинтересованное отношение и клиентоориентированность. Именно поэтому они работают с нами на постоянной основе.

*Вы заговорили о новых заказчиках и предвосхитили очередной вопрос о планах развития ElecPrime.*

Сейчас не буду раскрывать все секреты стратегического развития компании. Что же касается ближайшего периода, то в планах намечено привлечение опытных специалистов, заключение контрактов с новыми поставщиками, расширение номенклатуры поставляемых радиоэлектронных компонентов и увеличение департамента продаж. Если же говорить более конкретно, то до конца 2013 года

запланировано увеличение оборотов компании ElecPrime на 100%. Уверен, что при соблюдении наших принципов открытости перед клиентами, надёжности и оперативности поставок электронных компонентов по конкурентным ценам эти планы будут перевыполнены.

*Звучит весьма оптимистично. А на чём всё-таки основаны Ваши успехи?*

Скажу откровенно, успехи компании ElecPrime, сегодняшние и завтрашние, обеспечивают её высококвалифицированные специалисты. О каждом могу сказать много приятных слов, но особенно хочу отметить Павла Викторовича Няхина. Во многом благодаря его усилиям наши заказчики оперативно получают радиоэлектронные компоненты, нужные им «ещё вчера». Практически каждый из них отмечает оперативность работы, начиная с оформления заявки на поставку электронных компонентов и до их непосредственной отгрузки. Для этого внедрена специальная система регламентов. Каждый специалист компании чётко следует им: обработка заявки любой сложности от 2 до 8 часов, экспресс-доставка в течение одной недели, стандартная доставка не более трёх недель. За всю историю ElecPrime не могу вспомнить ни одного случая нарушения нашими специалистами этих жёстких регламентов. Ведь каждый из них понимает, насколько важно для заказчика получить качественные радиоэлектронные компоненты как можно быстрее, чтобы не затянуть производственные процессы клиента, и тем более, чтобы их не сорвать. А ещё таких результатов позволяет добиться слаженная работа всего коллектива нашей компании, чётко обозначенные и понятные всем бизнес-процессы и мягкий, не директивный, контроль исполнения.

*И главное: как заказать в компании ElecPrime партию радиоэлектронных компонентов?*

Оформить заказ у нас довольно просто. Для этого нужно зайти на наш сайт и по указанным средствам связи обратиться к любому специалисту компании. Можно оформить заявку и напрямую – через Ивана Витальевича Жилина, руководителя департамента продаж. У него солидный опыт коммуникаций и особый, присущий только ему, располагающий стиль общения. Проверьте сами!

Тел.: (495) 989-6335  
www.nodalgroup.ru  
www.elecprime.ru

# Высоковольтная СВЧ GaAs гетероэлектроника: от идеи к реальности

Виктор Войтович, Александр Гордеев (г. Ульяновск)

Материал предназначен для разработчиков СВЧ полупроводниковых приборов, а также специалистов ОАО «РТИ Системы», ОАО «Концерн ПВО «Алмаз-Антей», ОАО «Концерн «Созвездие», ОАО «Концерн «Вега», ОАО «Орион». Авторы надеются, что высказанные идеи заинтересуют представителей российского бизнеса, готовых принять инновационность проекта.

подавляющее большинство разработчиков активных СВЧ полупроводниковых (п/п) приборов считают, что максимальные рабочие напряжения, например, НВТ-, НЕМТ-, MESFET- и МОП-приборов, ограничены десятками вольт, другими словами, речь идёт о низковольтной гамме приборов.

В СВЧ приёмных устройствах и, особенно, в беспроводной связи данное утверждение, вероятно, не подлежит обсуждению. В п/п передающих СВЧ устройствах такая позиция сомнительна. Подобные суждения возникают не на пустом месте: не от хорошей жизни изобретены многотысячные сумматоры мощности на АФАР (кстати, западные разработчики, поняв, что бесконечное множество АФАР-ячеек – путь тупиковый, начали сокращать количество этих элементов). В результате возникает вполне логичный вопрос – как решить проблему нелинейных искажений и, как следствие, громоздких каналов обратной связи? Каким образом увеличить КПД и коэффициент усиления мощности? И, в конце концов, как видоизменить в лучшую сторону зависимость  $\rho \sim 1/f^2$ , а также, почему бы не сделать двухтактный усилитель или фазоинвертор вместо балансового усилителя, пусть даже в диапазоне до 3,0 ГГц и более с удвоением мощности и практическим отсутствием искажения мощности? Как конвертировать неравенство  $f_{\max} < f_T$  в неравенство  $f_{\max} > f_T$ ? Собственно, и закон Ома никто не отменял.

Хорошо известно, что в СВЧ-технике широко используются кремниевые биполярные и LDMOS-транзисторы преимущественно в диапазоне частот до 1,0–1,5 ГГц. GaAs и 4H-SiC MESFET с успехом используются в L- и S-диапазонах. GaAs, GaN, InP НЕМТ и НВТ – в более ВЧ-диапазонах. При всей увлечён-

ности «гексагональными» 2D электронными GaN, 6H-SiC структурами с их непредсказуемостью вблизи максимальных напряжений стока, необходимо помнить, что переход от дальнего СВЧ в терагерцовую ближнюю зону (0,5...2,0 ТГц) будет осуществляться на «кубических» с алмазоподобной симметрией кристаллах GaAs, InP и 3C-SiC или других кубических политипах SiC.

Предлагаемый авторами статьи проект «Высоковольтная GaAs-электроника» имеет три составляющие:

1. ЭКБ силовой электроники;
2. Волновая (квантовая) электроника (СВЧ, терагерцовая, инфракрасная);
3. Функциональная (солнечная энергетика, магнитоэлектроника, лазерная техника, пси-электроника, нано-МЭМС и др.).

В процессе проводимых в рамках проекта исследований были созданы COOL-диоды и будут ещё созданы новые физические модели полупроводниковых GaAs-приборов, до этого не существовавшие в природе. Именно эти разработки серьёзно потревожат динамику развития мирового рынка электроники в целом. Ко вновь образуемому классу, кроме COOL-диодов, можно отнести высоковольтные (>600 В) диоды пикосекундного переключения с остаточными прямыми напряжениями <0,5 В, и гораздо более высокочастотные IGBT и MOSFET, и новые MOSFET<sup>2</sup> (по частотным характеристикам вряд ли уступающие НЕМТ в X- и Q-диапазонах, но превосходящие их на порядок по величине высокочастотного произведения  $I \times U$ ), и «реактивные транзисторы» – «спящий» СВЧ-усилитель вплоть до X-диапазона с «железнодорожным» напряжением питания, и антиподы диодов Шоттки на Si и SiC (более быстрые и на порядок более надёжные), и ЛПД (лавинно-про-

лётные транзисторы) с управлением, и новые транзисторы Ганна, которые, по сути дела, уже созданы в Томске [1].

Возможности проекта велики в области 2...5 В терагерцовых приборов на H-GaAs, а также в инфракрасной невидимой области, включая биоэлектронику, сопряжённую с приёмо-передачей квантовой системы – человек, выступающий как в роли передающей, так и в роли приёмной инфракрасной системы.

Особое значение отводится n-МОП и К-МОП со способностью производительно обрабатывать сигнал не только в дальнем СВЧ-диапазоне (до 300–500 ГГц), но и в ближнем терагерцовом диапазоне (0,5...5 ТГц), что, конечно, важно для ведомства МЧС и для национальной безопасности в целом.

Вопреки непониманию в ОАО «РОСНАНО» (ID-2117), проект набирает обороты, национальные очертания и международный статус. В целом авторами статьи сформулирована абсолютная необходимость воплощения в жизнь в России новой мировой электронной отрасли, которая в первом приближении схематично выглядит следующим образом:

- *металлургия особо чистого моно-GaAs Ø150 мм.* Россия практически готова запустить данный проект: Институт общей и неорганической химии РАН (Москва); ФГУП «Гиредмет» (Москва); подразделения Министерства обороны РФ в г. Камбарка (Удмуртия), п. Горный (г. Саратов); Минпромторг;
- *жизненно необходимая ЖФЭ (LPE) этикетка i-слов GaAs* с достижением предельных (объёмных) электрофизических свойств монокристаллов GaAs: базовые партнёры в Калуге, Зеленограде, очнувшиеся от пут «карбидизации» в Санкт-Петербурге, вероятные партнёры в Томске и за рубежом. Уже начаты работы по созданию мощного международного сектора LPE-технологии на p+ и на n+ подложках;
- *ЭКБ силовой электроники:* диоды 4 классов с быстродействием от 10 нс (1200 В, 250°C) до пикосекундного диапазона, ЛПД (лавинно-пролётные

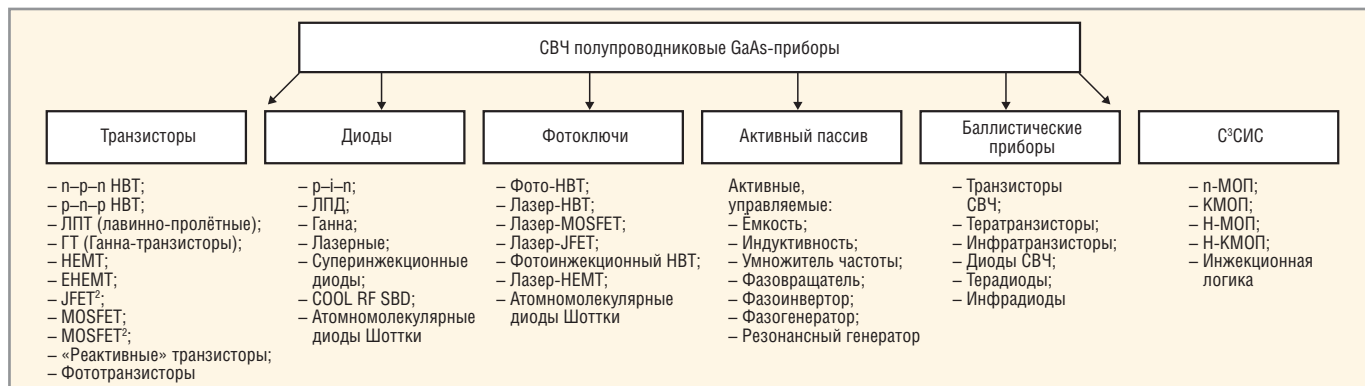


Рис. 1. Структурная схема H-GaAs СВЧ-приборов

диоды) до пико- и субпикодиапазона COOL RF SBD, тиристоры (GTO, SIT, MCT, ETO) 1200 В, 0,3...0,5 МГц; IGBT – 1,0 МГц; MOSFET<sup>2</sup>, JFET<sup>2</sup> – 10...20 МГц;

- волновая, в т.ч. высоковольтная для L-, S- и X-диапазонов, электроника в диапазоне частот 0,5–2000 ГГц (0,5×10<sup>-3</sup>...2,0 ТГц) с возможностью вплоть до 300 ТГц (на безлавинном пролёте), с длиной канала GaAs ≤ 4 нм (имеется информация, что в США созданы 10 нм GaAs-приборы). Фактически это твердотельный аналог ЛБВ;

- функциональная электроника: промышленная солнечная энергетика с более «дешёвым» по сравнению с кремнием КПД до 40%, серными лампами солнечного безэлектродного свечения (не путать с мерцающими LED, неблагоприятными для человеческого зрения), которые необходимы в северных регионах для создания аграрного сектора с круглогодичным освещением; интереснейшая сфера магнито- и оптической электроники, пси-электроника (упомянутая выше) на частотах, приближающихся к 300 ТГц;

- энергосберегающие системы, силовые преобразователи на ЭКБ силовой электроники с потенциальным рынком к 2030 г. до \$300 млрд (в условиях истощения углеводородов), с креном к созданию гигаваттных солнечных, атомных, ветряных и водородных мощностей;

- системы СВЧ-диапазона: АФАР, ЦАФАР, широкополосная связь, РЭП, телеметрия, GPS, GSM, телекоммуникации, цифровые системы терадиапазона, картография и зондирование поверхности с рынком к 2030 г. до \$0,5 трлн и более.

Одной из важнейших составных частей представляемого проекта является высоковольтная H-GaAs СВЧ-электроника.

На рисунке 1 показана структура СВЧ-приборов на основе H-GaAs, а на рисунке 2 представлен частотный диапазон основных продуктов проекта.

Опираясь на данные рисунка 2, можно достаточно смело сделать вывод: возможности H-i GaAs СВЧ-электроники до 2030 г. практически неисчерпаемы. В природе нет пока материалов (Ge, Si, SiC, GaN, InP, C (алмаз), BN, AlN и др.), которые позволили бы создать такой широкий спектр приборов (см. рис. 1 и [2]).

В рамках описываемого проекта авторы ведут активную популяризацию изложенных идей по i-GaAs силовой электронике [3], [4], [5] и [6] и первых деталей по высоковольтным H-i GaAs СВЧ-приборам.

Настало время представить HBT i-GaAs.

### Часть 1. P-n-p H-i GaAs HBT

Рассмотрим возможности p-n-p и n-p-n высоковольтных СВЧ GaAs HBT. На примере Si биполярных СВЧ известно, что по соотношению частота/мощность p-n-p приборы являются как бы второсортными по сравнению с n-p-n СВЧ-транзисторами. Так, лучшие Si p-n-p имеют  $f_T < 1,0$  ГГц при максимальных напряжениях коллектор-база 50...60 В. В i-GaAs несколько иначе (хотя, казалось бы, подвижность электронов в GaAs выше в 10–15 раз подвижности дырок). В L- и S-диапазонах возможности p-n-p и n-p-n H-GaAs высоковольтных транзисторов почти идентичны, разница начинает проявляться в X-диапазоне в пользу n-p-n HBT.

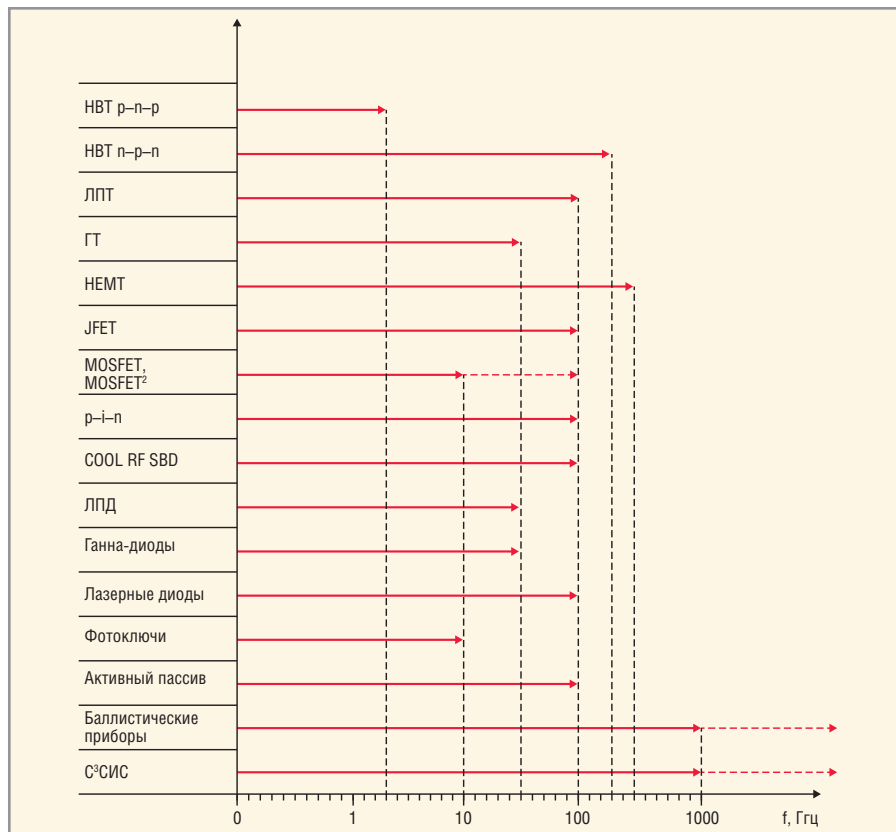


Рис. 2. Граничные частоты H-i GaAs-приборов

10÷50 мкм	p-GaAs(Zn); $1+3 \times 10^{19} \text{ см}^{-3}$ ; $d_{p3}^*$
	p-Al <sub>0,6</sub> Ga <sub>0,4</sub> As(Zn); $1,0 \pm 2,0 \text{ мкм}$ ; $1+3 \times 10^{17} \text{ см}^{-3}$
	n-GaAs(Si); $0,2 \pm 0,5 \text{ мкм}$ ; $1+5 \times 10^{17} \text{ см}^{-3}$
	n-GaAs(Si) $< 10^{19} \text{ см}^{-3}$
	i-GaAs(Si, Zn, O <sub>2</sub> ) $\sqrt{2,21} \times 10^{11} \text{ см}^{-3}$
	p-GaAs(Si, Zn) $< 10^{14}$
	p-p-GaAs(Zn); $15 \pm 40 \text{ мкм}$ ; $10^{14} + 10^{19} \text{ см}^{-3}$
p-GaAs(Zn); $300 \text{ мкм}$ ; $3 \times 10^{19} \text{ см}^{-3}$	
* $d_{p3}$ подбирается расчётным путём	

Рис. 3. P-n-p СВЧ AlxGa1-xAs/GaAs HBT

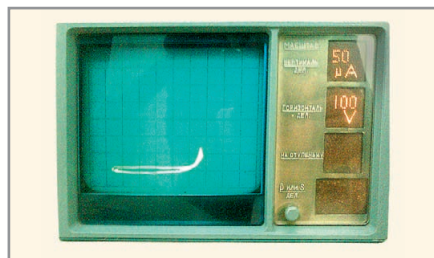


Рис. 4. Обратная характеристика коллектор-база перехода i-GaAs HBT p-n-p типа

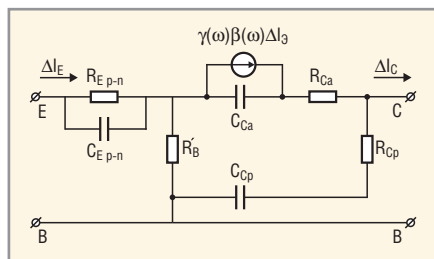


Рис. 5. Простейшая модель 4-полюсника на примере кремниевого СВЧ биполярного транзистора с общей базой

Исходя из этого рассмотрим «тихоходный» p-n-p HBT: реализовать следующие характеристики i-GaAs p-n-p HBT в L-диапазоне в сравнении с кремнием (см. таблицу).

Экспериментальная структура p-n-p HBT, созданная усилиями авторов статьи и специалистов ООО «Мега-Эпитех» (г. Калуга) представлена на рисунке 3, а пробивное напряжение коллектор-база указанной структуры показано на рисунке 4.

К особенностям данной структуры можно отнести следующее:

- исключительно высокая ОБР с прекрасной возможностью усиления при

$U_{CE} = 300 \text{ В}$ , что является следствием создания i-области с более высокой (в 2 раза) критической энергией лавинизации (до 2,7 эВ) дырок в i-зоне (по сравнению с электронами – 1,4 эВ);

- высочайшая эффективность эмиттера позволяет иметь высоколегированную n-базу (с  $N_D > 5 \times 10^{18} \text{ см}^{-3}$ ) с очень низким «листовым» поперечным сопротивлением;
- встроенное ускоряющее электрическое поле в базе (несколько киловольт  $\rightarrow E(x) \approx \frac{kT}{q} \ln N_{db}(x)$ ) вселяет надежду на преобладание дрейфового механизма пролёта носителей через базу над диффузионным ( $\tau_b = \frac{W_b^2}{2Dp}$ ), вследствие чего можно прогнозировать, что  $f_T \approx 1,0 \text{ ГГц}$  (600 В) будет значительно выше;
- ёмкость перехода коллектор-база колеблется в пределах 2...3 пФ/А;
- частотные свойства GaAs высоковольтных HBT (150...1200 В) целиком определяются исключительно временем пролёта (скоростью насыщения) через i-область, в X- и Q-диапазонах работоспособны только p-n-p HBT с напряжением питания 50 В, которые способны «качать» мощности в несколько раз большие, чем GaAs и GaN HEMT;
- очевидно, что  $K_p$  и  $\eta$  будут иметь несравнимо более высокие значения, вследствие чего прогнозируем  $K_p > > 30 \text{ дБ}$ , а  $\eta > 85\%$ ;
- данные структуры очень чувствительны к световому потоку, поэтому возможно создание очень скоростных управляемых фемто-GaAs диодным лазером высоковольтных HBT-транзисторов, поскольку система AlGaAs/GaAs/i-GaAs (эмиттер-база-i-коллектор) является прекрасным фотоприёмником «родной» волны  $\approx 0,81 \pm \Delta \text{ мкм}$  GaAs лазера с высоким квантовым выходом, т.е. эмиттер-база-коллектор «просвечиваются» насквозь и быстро реагируют по сравнению с кремниевыми тиристорами и транзисторами, а ЛПД-транзисторы на основе вышеупомянутых p-n-p

i-GaAs HBT и n-p-n i-GaAs HBT (о которых речь пойдёт далее) – это находка при конструировании управляемых ЛПД-транзисторов в СВЧ-диапазоне с гальванической развязкой.

## Часть 2. i-GaAs p-n-p HBT как эквивалентный 4-полюсник

(Модель абсолютно идентична и для p-n-p i-GaAs HBT)

В данном случае рассуждения и предположения отгадываются от того, что через активный 4-полюсник (GaAs HBT) проходит СВЧ электромагнитная волна: если в 1-й части рассматривалась «корпускулярная» модель транзистора, то сейчас – электромагнитная.

На рисунке 5 показана упрощённая простейшая модель 4-полюсника на примере кремниевого СВЧ биполярного транзистора с общей базой, где  $R_{E p-n}$  – сопротивление перехода эмиттер-база при добротной инжекции;  $C_{E p-n}$  – ёмкость перехода эмиттер-база;  $R'_B$  – модулированное инжекцией сопротивление базы;  $C_{ca}$  – ёмкость перехода коллектор-база под эмиттером (активная ёмкость);  $C_{cp}$  – ёмкость под пассивной базой;  $R_{Ca}$  – сопротивление высокоомного активного коллектора;  $R_{Cp}$  – сопротивление высокоомного пассивного коллектора.

Наличие ёмкости перехода коллектор-база приводит к возникновению ёмкостных токов в коллекторной и базовой областях. Под действием переменного напряжения  $\Delta U_{EB}(t) = U_{EBm} \exp(j\omega t)$  из гетероэмиттера в область активной базы инжектируется переменный ток дырок  $\Delta I_E(t) = I_{Em} \exp(j\omega t)$ . До границы коллекторного перехода доходит ток, равный  $\gamma_p(\omega)\beta_p(\omega)I_{Em} \exp(j\omega t)$ . Проходя через коллекторную область, этот ток создаёт переменное напряжение, возникающее на коллекторном переходе  $\Delta U_{Cp-nm} \exp(j\omega t)$ .

Поскольку  $|U_{CB}| = |U_{C p-n}| + |U_{C ep}|$ , где  $U_{C ep}$  – падение напряжения в коллекторной области, примыкающее к p-n-переходу, то  $U_{C p-n}(t) = U_{C p-n} \exp(j\omega t)$  будет всегда в противофазе с  $\Delta U_{C ep}$ . Это значит, что с ростом  $|U_{C ep}|$  напряжение на переходе коллектор-база падает.

Другими словами, на границе перехода коллектор-база ток дырок коллектора, заряжающий ёмкость перехода коллектор-база, направлен противоположно току дырок, инжектированных с эмиттера и входящих через i-слой в коллектор.

### Сравнительные характеристики i-GaAs p-n-p HBT и кремния в L-диапазоне

Наименование параметров транзисторов с идентичной частотой в L-диапазоне	Si p-n-p	HBT GaAs p-n-p
Максимальное напряжение коллектор-база $U_{CB0}$ , В	60	600*
Максимальный постоянный ток в коллекторе, $I_C$ , А	<5	>20
Статическое произведение $U \times I$ при $U_{CE} > 50 \text{ В}$ , Вт	<2,5	>300
Граничная частота $f_T$ , ГГц	$\leq 1,0$	$\geq 1,0$
Максимальная температура перехода, $T_j$ , °C	150	250

\* В диапазоне напряжений коллектор-база от 150 до 1200 В граничная частота GaAs HBT p-n-p типа находится в пределах 3,0...0,5 ГГц соответственно

Таким образом, приходим к выводу о наличии генератора тока в цепи коллектора, зависящего от частоты переменного сигнала:

$$\Delta I_{Cm} = \gamma(\omega) \times \beta(\omega) \times \Delta \bar{I}_E - \Delta \bar{I}_C$$

Поскольку цепочки  $R_{E\ p-n} \times C_{E\ p-n}$  и  $R'_B \times C_{EB}$  очень малы и достигают значений в пределах  $\tau = 10^{-11} \dots 10^{-12}$  с, то частотный прорыв составляющей  $\gamma(\omega) \times \beta(\omega) \times \Delta \bar{I}_E$  в коллектор является исключительно безынерционным. Следовательно, генератор тока на переходе коллектор–база будет зависеть от постоянной цепочки  $\tau = C_{C\ p-n} \times R_C$ .

В предложенной гетероструктуре р-п-р транзистора, в силу того что  $C_C$  – всего несколько пикофарад, исключается в цепи коллектор–база 4-полюсника цепочка  $C_{Cp} \times R_{Cp}$  ( $\tau = C_{Cp} \times R_{Cp} \rightarrow 0$ ). Следовательно, в цепи коллектор–эмиттер появится генератор тока, который будет зависеть от скорости срабатывания цепочек  $R_E \times C_{E\ p-n}$ ;  $R'_B \times C_{E\ p-n}$  и  $C_{Cp-n} \times R_{Cp-n}$ . В этом случае до подхода и пролёта основной массы дырочных носителей через ОПЗ i-область перехода коллектор–база будет наблюдаться импульсный бросок тока, ограниченный

только высоковольтным импедансом нагрузки, и далее появится второй бросок – за счёт пролёта массы дырочных носителей заряда. Эти броски первой и второй «гармоники» тока развязаны по фазе и времени, т.е. первая (ёмкостная) гармоника будет достаточно мощной и более высокочастотной, а за ней появится основная. Это удобно для выделения более сверхвысокочастотного сигнала. Следует напомнить, что таким способом в т.ч. можно генерировать огромную мощность на переходе коллектор–база путём смены фазы управляющего напряжения с частотой большей, чем время пролёта дырок в i-области, тогда дырки окажутся в ловушке, т.е. запертыми и умножаемыми в ОПЗ i-области.

Весь парадокс заключается в том, что уменьшение постоянной  $C_C\ p-n \times R_C$ , и без того очень малой, связано с ростом  $U_{C\ p-n}$ , т.е.  $C_{C\ p-n} \sim 1/W_i$ , при отсутствии роста  $R_C$ , где  $W_i$  – толщина i-слоя, а увеличение  $W_i$  приведёт к увеличению пробивных напряжений. Из приведённых формул и вышеуказанных предположений следует, что р-п-р НВТ транзистор на 1200...1500 В не будет уступать по частоте реактивной гене-

рации НВТ на 600 В при одной и той же конструкции эмиттера и базы. Это неплохо, ведь резко подсакивает  $K_p$  и  $\eta$  по реактивному сигналу.

И несколько слов о дополнительной разновидности генерации мощности. В связи с тем, что длина пролёта носителей заряда в i-области, т.е. в области пространственного заряда в переходе коллектор–база, имеет достаточно большую величину, появляется возможность манипулировать скоростью и, что важно, направлением пролёта носителей в ОПЗ путём изменения фазы, посредством полярности входного сигнала или его задержки. Фактически модулируется полярность напряжения на переходе коллектор–база. Следовательно, дробя длительность прохождения импульса через ОПЗ перехода коллектор–база i-области (к примеру, переворачивая его «половинку») или др. направление по фазе на  $\pi$ , мы получим два противоположных тока в цепи: вытекающий эмиттерный ток и вытекающий коллекторный ток, который будет выделять в импедансной нагрузке соответствующую мощность. Отсюда появляется возможность реализации соотношения  $f_{max} > ft!$

# Широкополосные СВЧ

## Транзисторы GaN НЕМТ и микросхемы MMIC

Транзисторы и кристаллы на основе GaN

- Ширина затвора 0,4 мкм
- Рабочая частота до 6 ГГц
- Выходная мощность до 240 Вт

Новые кристаллы

- Ширина затвора 0,25 мкм
- Рабочая частота до 18 ГГц

Новые транзисторы X-диапазона

- Рабочий диапазон 7,9-9,6 ГГц
- Выходная мощность 50 Вт и 100 Вт
- Согласованные на вх/вых 50 Ом

Дополнительные продукты и услуги

- Отладочные платы
- Модули для САПР
- Контрактное производство

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ CREE (MICROWAVE)**

**АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА**

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

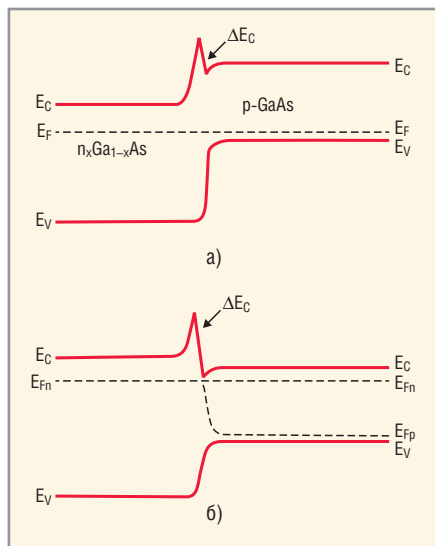


Рис. 6. Зонная диаграмма p-n гетероперехода в равновесии (а) и при прямом смещении (б)

Из вышесказанного следует, что в описываемых высоковольтных p-n-p (и n-p-n) СВЧ-транзисторах можно реализовать следующие функции: частотную, фазовую модуляцию, амплитудную модуляцию и умножение частоты, или каждую функцию в отдельности, или их сочетание.

В силу структурной однородности i-области, её кристаллографического совершенства и связанной с этим стойкости к лавинной ионизации, так же легко реализуется *напряжение переворота фазы базового тока*. Суть в следующем: создавая условия ударной ионизации в ОПЗ перехода коллектор-база, генерируются новые пары носителей заряда – электроны и дырки (умножаем пролётное количество носителей заряда). Неосновные носители из области лавинного умножения вытекают (возвращаются в базу). В этом случае вытекающий базовый ток компенсирует входящий (втекающий) ток базы, который уходит на поддержку прямого смещения перехода эмиттер-база и рекомбинационную потерю. Это значит, что при определённых условиях, т.е. при определённом напряжении  $U_{CE}$ , которое определяется из формулы:

$$U_{\alpha} = U'_{CB0} \sqrt{m\beta_{Cm}}$$

при этом  $U'_{CE} \leq U_{\alpha}$

$$\text{где } \beta_{Cm} = \frac{I_C}{I_E - I_C}, \text{ а } I_E - I_C = I_B$$

ток базы будет равным нулю.

Следовательно, при некотором значении  $U_{CE}$  (т.е. при равенстве втекающего из цепи управления и вытека-

ющего из ОПЗ токов базы)  $\beta_{Cm} \rightarrow \infty$ ,  $b_{21} \rightarrow \infty$  появляется возможность реализовать бесконечно большое усиление тока базы. С учётом того, что в НВТ ток базы очень мал, эта функция легко реализуется. При этом необходимо учитывать, что в данном случае мы имеем дело с абсолютно управляемым лавинно-пролётным транзистором с генерацией большой мощности без видимых усилий уровня управляющего сигнала и с гарантированной надёжностью транзистора.

Уместно отметить и тот факт, что вылетевшие из атомного седла генерируемые носители заряда (лавинно-умноженные носители), точнее, «горячие» носители, могут в принципе иметь скорость пролёта и повыше, чем пролётные основные носители заряда, таким образом могут возникнуть условия манипуляции выделяемой энергией в импедансной СВЧ-нагрузке, т.е. выходной мощностью при  $K_p \rightarrow \infty$ !

А если уловить потенциальные условия ОЖЕ-усиления, что эквивалентно удвоенному ослаблению тока базы (энергия неосновных носителей, вытекающих из ОПЗ коллектор-база в базу, чрезвычайно велика и может вызвать умножение носителей заряда в базе), то это – новый генератор мощности, *управляемый ОЖЕ-лавинный генератор мощности*, что также приведёт к конвертированию соотношения  $f_{\max} < f_T$ .

### Часть 3. i-GaAs n-p-n НВТ

(Дополнительные физические возможности)

Допустим, мы создали конструктивно комплементарный вышеприведённому НВТ-p-n-p высоковольтный транзистор. В принципе, расчёт параметров СВЧ n-p-n НВТ GaAs высоковольтного транзистора мало чем отличается от вышеприведенного p-n-p транзистора. Но есть и очень интересная особенность, которая выявляется из следующих рассуждений и физических представлений.

Сравним зонные диаграммы гетероперехода эмиттер-база нашего высоковольтного n-p-n НВТ GaAs-транзистора в состоянии равновесия и прямого смещения (приведена в [7]). Из представленных данных на рисунках ба и бб следует, что при определённых условиях количество электронов в базе (p-базе) n-p-n транзистора может оказаться на один-два порядка больше, чем в гетероэмиттере n-типа.

В таком случае эмиттерный генератор (см. рис. 3) становится суперэффективным, т.е. его КПД генерации тока (инжектированных носителей) будет отличаться от стандартного ( $\eta = 100\%$ ) и станет сверхэффективным (предположительно  $\eta = 100...1000\%$ ). Это происходит вследствие явления суперинжекции в p-n гетеропереходах, открытого лауреатом Нобелевской премии физиком Ж.И. Алфёровым [8]. Получается, что  $\gamma_E \neq 1$ , а становится, предположим,  $\gamma_E^* = 100$  (диодный усилитель) (*Прим. автора: описание механизма усиления/увеличения количества электронов в базовой области не является предметом данной статьи*). Тогда в реактивном 4-полюснике (см. рис. 3) генератор тока описывается новыми коэффициентами  $\gamma(\omega)$  и  $\beta(\omega)$ , т.е. значение тока  $\gamma(\omega) \times \beta(\omega) \times \Delta E$  становится просто огромным, а его быстродействие – потрясающим. В силу того что цепочка  $C_{C,p-n} \times R_C$  очень мала, на переходе коллектор-база можно ожидать экстремального резонансного значения мощности при гиперскоростных  $di/dt$  и  $dU/dt$  одновременно. Создание таких структур с суперинжекцией – абсолютно реально.

В дополнение к предыдущему пояснению на примере n-p-n легко управляемого транзистора к появлению СВЧ лавинного генератора тока в ОПЗ перехода коллектор-база можно добавить ещё одно теоретическое положение. Суть его состоит в том, что при «снятии» лавины управляющим током базы вследствие резкого снижения напряжения поля в i-слое возникает неравенство дрейфовых (пролётных) скоростей дырок и электронов. Если скорость электронов в GaAs даже в слабых полях чрезвычайно велика  $\sim 2 \times 10^7$  см/с, то дрейфовая скорость дырок в слабом поле более чем на порядок ниже, чем у электронов. Это означает, что в нашем толстом i-слое дырки будут «стоячими» относительно электронов, т.е. они будут аккумулированы на время проходного импульса электронного тока коллектора, и их можно рассматривать как относительно неподвижный заряд за время пролёта электронов, как экстрагированных из базы, так и образованных лавинной инжекцией. Это значит, что появляются предпосылки новой модели ЛПД-генератора в ОПЗ коллектор-база и, следовательно, появится новая LC-постоянная и новый генератор отрицательного дифференциального сопро-



тивления. В заключение можно подчеркнуть, что у нас имеется как минимум ещё одна модель СВЧ ЛПД-генератора, а также может появиться гибридная модель «ЛПД-Ганна»-транзистора, как, впрочем, и транзистора Ганна с чрезвычайно высокой эффективностью – более 30%.

Всё вышесказанное говорит о потенциальном расширении схемотехнических возможностей в области СВЧ передающих устройств (АФАР, ЦАФАР, «упрощённой» широкополосной связи, РЭП и других устройств).

Особую ценность, возможно, имеет тот факт, что наряду с функциями ЧМ-, АМ-, ФМ-модуляциями, задержки, уменьшения частоты можно с успехом создавать двухтактные фазоинверторы на p-n-p/n-p-n комплементарных транзисторах и, что ещё более ценно, «привезти» низкочастотную (звуковую) двухтактную философию практического удвоения мощности на комплементарных p-n-p/n-p-n высоковольтных транзисторах с эффективным подавлением второй и третьей гармоник СВЧ-сигнала (при питании ±220, ±110 и ±50 В размах сигнала достигнет  $U = 400, 200$  и  $100$  В – это не-

плохо при подаче на передающую антенну на летательном аппарате). Когда нет необходимости многотысячными ячейками «шлифовать» передающий волновой лепесток, можно ограничиться и десятками, и сотнями АФАР-ячеек, не нужно будет тогда и АФАР-«пирамида Хеопса» с огромной встроенной внутри тепловой СВЧ-«топкой» (не нужно забывать и фактор  $T_{j\max}(\text{GaAs}) \geq 250^\circ\text{C}$ ).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В данной статье, как и в предыдущей [2], подчеркиваются исключительные возможности представленного авторами проекта для создания новой мировой электронной отрасли.
2. Показаны исключительные возможности создания высоковольтной СВЧ-электроники, которые, возможно, приведут к пониманию необходимости построения новых СВЧ-систем на «старых-новых» принципах.
3. Поскольку государству сейчас по тем или иным причинам пока не удаётся осознать значимость авторского проекта, возможно появится интерес у российского бизнеса.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ 2361324 от 15.02.2008 г. «Полупроводниковый прибор с междолинным переносом электронов». Авторы Хан А.В., Воторопин С.Д. и др.
2. Войтович В.Е., Гордеев А.И. Идеи 60-х как материальная возможность перестроить мировую электронику XXI века. Современная электроника. 2013. № 3. С. 10–16.
3. Войтович В.Е., Гордеев А.И., Думаневич А.Н. Новые отечественные высоковольтные p-i-n GaAs диоды. Силовая электроника. 2010. № 2.
4. Войтович В.Е., Гордеев А.И., Думаневич А.Н. Si, GaAs, SiC, GaN-силовая электроника. Сравнение, новые возможности. Силовая электроника. 2010. № 5.
5. Войтович В.Е., Гордеев А.И., Думаневич А.Н. GaAs диоды для PFC, SMPS, UPS, IPM, Solar Invertors и замены синхронных выпрямителей. Силовая электроника. 2012. № 6.
6. Гордеев А.И. Энергосберегающие технологии в России – толчок к инновациям. Регионы России. 2010. № 1–2 (45–46), январь – февраль.
7. Милнс А., Файхт Д. Гетероструктуры и переходы металл-полупроводник. Изд. «Мир». Москва. 1975.
8. Алфёров Ж.И. Физика и жизнь. Москва – Санкт-Петербург: «Наука». 2001. 

## ИННОВАЦИИ: ЭТО ПЕРВЫЙ БЕСПИЛОТНИК, СПОСОБНЫЙ САДИТЬСЯ НА АВИАНОСЕЦ



Northrop Grumman X-47B  
Первый БПЛА «летающее крыло», способный к автономной посадке на палубу авианосца  
Первый полет: авиабаза Эдвардс, 29 минут, 4 февраля 2011 года

Корпорация Northrop Grumman выбрала ОС реального времени VxWorks в качестве программной платформы для своей программы UCAS-D, а GE Aviation – в качестве базовой ОС для ядра всех компьютеров UCAS-D (Common Core System), бортовых сетей и электроники сопряжения. Это позволило разработать ответственные системы управления БПЛА в рамках установленных сроков и бюджета. Потому что когда инноваторы работают вместе, даже небо – не предел.

**WIND RIVER**  
ИННОВАЦИИ НАЧИНАЮТСЯ ЗДЕСЬ.

### ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПОСТАВЩИК ПРОДУКЦИИ WIND RIVER

**PROSOFT®**

МОСКВА Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru  
С.-ПЕТЕРБУРГ Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru

Реклама



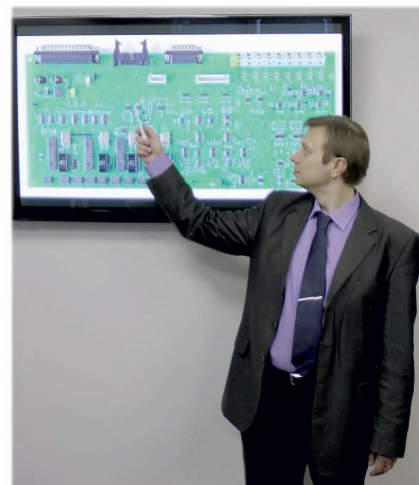
www.berelcom.ru  
smt@berelcom.ru  
(495) 505-44-45

**Берёзка** — российская группа компаний, специализирующаяся на **комплектации и производстве** электронных устройств широкого спектра, располагающая своим высокотехнологичным оборудованием.

**Е**жегодные номинации на премии, награждения и победы в конкурсах — яркое подтверждение и признание динамично развивающегося бизнеса Группы компаний «Берёзка» в сегменте российской электроники.

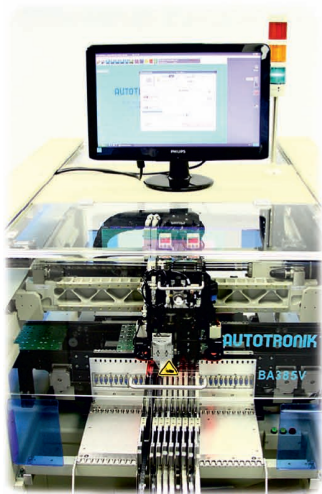


**Р**асполагая самым современным оборудованием и своевременно комплектуя проекты электронными компонентами от ведущих производителей, мы решаем поставленные перед нами задачи качественно и в срок. **Накопленный опыт и высококвалифицированные сотрудники** дают нам возможность оптимизировать затраты на производство электронных устройств, что приводит к **снижению себестоимости** готовой продукции.



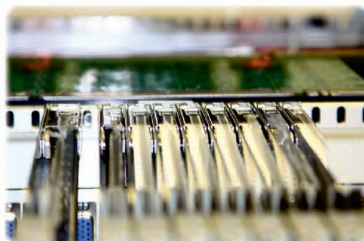
**Ё**мкие по пропускной способности линии SMT монтажа, участки ручного монтажа печатных плат, кабельного и механосборочного производства позволяют нам осуществлять широкий спектр работ по выполнению заказов **от единичных изделий до крупносерийных партий.**



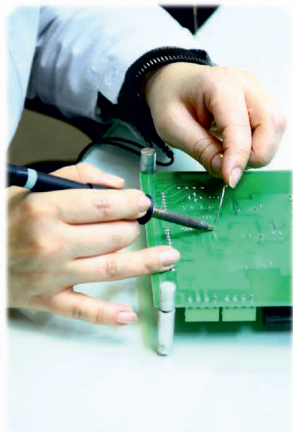


**З**начительным шагом навстречу пожеланиям наших заказчиков стал ввод в эксплуатацию **дополнительной линии в городе Москве** для монтажа мало-серийных заказов и опытных образцов в дополнение к серийным линиям, расположенным за пределами города.

Все этапы технологического процесса монтажа полностью соответствуют промышленному уровню качества. Новая производственная площадка позволяет отработать технологические процессы по изготовлению электронных устройств любого уровня сложности **в короткий срок**, практически «в присутствии заказчика».



**К**ачественный выводной монтаж выполняют **монтажники РЭА с большим опытом** работы на предприятиях, связанных с заказами оборонной промышленности. Высокий профессионализм и непрерывное повышение квалификации позволяют выполнять монтажные работы как выводных элементов, так и компонентов SMD с размерами от 0201 и шагом выводов микросхем от 0,5 мм с полным соблюдением технологии пайки.

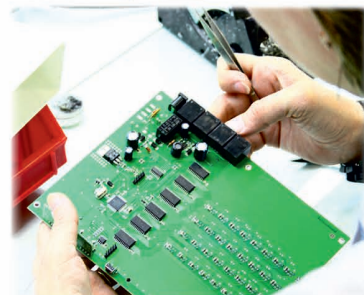


**А**бсолютно все собранные на производстве платы проходят **полный контроль качества** монтажа на каждом этапе технологического цикла с использованием систем оптического контроля.



#### Наши преимущества:

- Собственный производственный склад с номенклатурой около 10 000 самых применяемых электронных компонентов.
- Оперативная настройка линии SMT.
- Возможность монтажа SMD компонентов без использования трафаретов с помощью дозаторов паяльной пасты.
- Возможность монтажа электронных компонентов, переданных заказчиком без заводской упаковки.
- Оперативный выводной монтаж.
- ОТК в режиме реального времени на каждом этапе монтажа.
- Эффективная производительность за счёт посменного графика работы.



(495) 505-44-45 [www.berelcom.ru](http://www.berelcom.ru) [smt@berelcom.ru](mailto:smt@berelcom.ru)

# Экранирующие материалы производства компании Aaronia AG

**Дмитрий Бынкин (Москва)**

**В статье описаны недорогие и простые в использовании высокотехнологичные экранирующие материалы, работающие в широких диапазонах частот электромагнитных излучений.**

## Актуальность проблемы

Люди перестали задумываться о том влиянии, которое оказывают на них окружающие технические средства и электробытовые приборы. Электромагнитное излучение различной природы и интенсивности пронизывает среду обитания человечества, и с каждым годом это происходит всё интенсивнее, что не может положительным образом отразиться на здоровье. Опасность подстерегает каждого из нас практически повсюду. Это могут быть высоковольтные линии электропередач, базовые станции сотовой связи или радиолокаторы в аэропортах.

Отрицательное воздействие электромагнитных полей на человеческий организм известно и подтверждено многочисленными исследованиями не только в нашей стране, но и за рубежом. Самыми чувствительными к воз-

действию электромагнитного излучения в организме человека являются нервная, иммунная, эндокринная и половая системы. Наиболее сильное воздействие электромагнитное излучение оказывает на детский организм. Поэтому каждый человек должен знать о способах защиты от электромагнитного излучения.

Эффективным способом защиты от вредного воздействия электромагнитного излучения является ограничение мощности источника. Это можно реализовать с помощью специальных экранирующих материалов, как для самого источника излучения, так и для помещения, в котором находятся люди.

С электромагнитным излучением связан ещё один важный фактор: оно является средой передачи информации. Сегодня обработка и хранение информации, как правило, осуществляет-

ся при помощи персональных компьютеров. Информация может содержать коммерческую или государственную тайну. Каналами возможной утечки информации является излучение компонентов компьютера и сетевой инфраструктуры. Если осуществить приём и декодирование этого излучения, можно считать информацию, которая обрабатывается на компьютере и передаётся по кабельным каналам связи. Этот канал утечки информации называется ПЭМИН – побочные электромагнитные излучения и наводки. Как защитить важную информацию? Необходимо изолировать источник утечки информации с помощью специальных экранирующих материалов (см. рис. 1).

## Современные экранирующие материалы

Наряду с металлическими листами из специальных сплавов в настоящее время получили распространение металлизированные ткани на основе синтетических волокон. Такие материалы производит немецкая компания Aaronia AG ([www.aaronia.com](http://www.aaronia.com)), представителем которой на территории России является ЗАО «ТЕСТПРИБОР». Все экранирующие материалы обладают высокими коэффициентами затухания (до 100 дБ) (см. рис. 2) и удобны в использовании, поскольку обладают малой толщиной, хорошей гибкостью и отлично закрепляются на поверхности, как при помощи самоклеящейся основы, так и синтетического клея. Основные технические характеристики экранирующих материалов приведены в таблице.

Применение экранирующих материалов производства компании Aaronia AG позволяет успешно решать ряд задач, в том числе:

- экранирование жилых помещений с целью уменьшения дозы облучения населения, проживающего в промышленных центрах и крупных городах;
- защиту технического персонала, работающего в условиях воздействия электромагнитного излучения;
- защиту от утечки конфиденциальной информации;

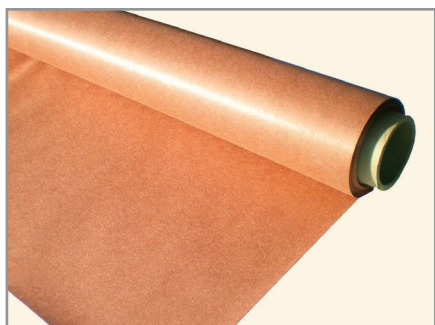


Рис. 1. Экранирующий материал Aaronia X-Dream

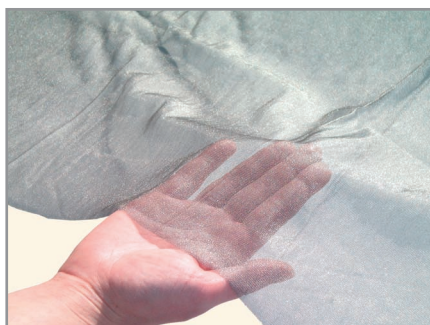


Рис. 2. Экранирующий материал Aaronia Shield

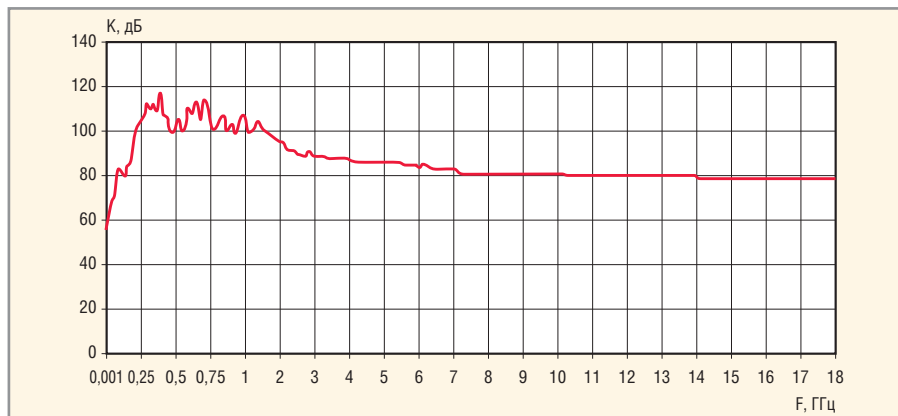


Рис. 3. График зависимости коэффициента затухания от частоты для материала Aaronia X-Dream

На правах рекламы

- защиту радиоэлектронной аппаратуры от близко расположенных мощных источников электромагнитного излучения;

- экранирование производственных помещений и лабораторий при проведении измерений уровня собственных излучений испытуемых изделий.

Внешний вид экранирующего полотна Aaronia X-Dream показан на рисунке 1. Как видно из таблицы, этот материал имеет достаточно широкий рабочий частотный диапазон и высокий коэффициент затухания. Зависимость коэффициента затухания от частоты приведена на рисунке 3.

Экранирующий материал Aaronia X-Dream можно применять для экранирования помещений (переговорных и жилых комнат, серверных и коммутационных центров) с целью защиты от съёма информации и уменьшения облучения персонала. Например, чтобы обеспечить защиту комнаты от излучения достаточно покрыть стены, пол и потолок экранирующим материалом Aaronia X-Dream, а окна закрыть прозрачной экранирующей тканью Aaronia Shield (см. рис.2).

Если же необходимо защититься от низкочастотного излучения (напри-

Основные технические характеристики экранирующих материалов, производимых компанией Aaronia AG

Название материала	Область применения	Рабочий диапазон частот	Затухание, дБ		Исполнение
			НЧ	РЧ	
A2000+	РЧ и НЧ электрические поля	100 МГц – 10 ГГц	25...35	10...20	Сетка с размером ячейки 5 мм
Aaronia Shield		100 МГц – 18 ГГц		43...50	Прозрачная ткань
Aaronia X-Steel		1 МГц – 50 ГГц		70...80	Плотная негорючая ткань
Aaronia X-Dream		1 МГц – 30 ГГц	40...50		Непрозрачное полотно
Aaronia X-Dream+		1 МГц – 30 ГГц		80...100	Самоклеящееся непрозрачное полотно
Grounding Mats		30 МГц – 30 ГГц			Непрозрачный коврик
Aaronia MagnoShield DUR	Постоянные и переменные электрические поля	до 30 МГц	10...13		Металлический лист толщиной 0,5 мм
Aaronia MagnoShield FLEX					Металлическая фольга толщиной 0,1 мм
Aaronia MagnoShield FLEX+			7...8		Самоклеящаяся металлическая фольга толщиной 0,1 мм

мер, электрической проводки в стенах здания), то экранирующий материал следует закреплять только в тех местах, где находятся его источники (например, кабельные каналы).

Экранирующий материал Aaronia X-Dream отлично закрепляется на поверхности стены при помощи клея (подобно обоям). Можно использовать аналогичный по своим характеристикам экранирующий материал Aaronia X-Dream+ на самоклеящейся основе. При необходимости, поверхности, покрытые экранирующим материалом, могут быть окрашены или оштукатурены.

Следует отметить, что экранирующий материал должен быть заземлён. С этой целью можно применять специальные устройства заземления, которые также производит Aaronia AG.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**


В настоящее время на рынке технических средств безопасности представлены различные системы экранирования. Как правило, они достаточно дороги и сложны в установке. Компания Aaronia AG предлагает недорогие и простые в использовании высокотехнологичные экранирующие материалы.



# ЭКРАНИРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ



- Панели и фольга Aaronia MagnoShield® для экранирования магнитного поля
- Ткани Aaronia-Shield® и полотна Aaronia X-Dream® для экранирования РЧ полей
- Экранирующие камеры/навесы, изготовленные из ткани Aaronia-Shield®
- Магнитоэкранированные камеры, экранированные камеры с «нулевой магнитной индукцией»



**ЗАО «ТЕСТПРИБОР»**  
официальный дистрибьютор  
компании AARONIA (Германия)

125362, г. Москва, ул. Свободы, д. 31, стр. 1, тел./факс: (495) 225-67-37, tp@test-expert.ru, http://тестприбор.рф

Реклама

# Развёртывание распределённой архитектуры электропитания на базе POL-модулей

Джереми Феррел, VPT Inc.

Современная авионика, военная и космическая электроника нуждаются в более высоких качественных показателях при одновременном снижении габаритов, веса и стоимости. Источник питания является ключевым фактором, определяющим конечные габариты, вес и тепловой расчёт системы. В статье обсуждаются методы реализации электрически и экономически эффективного электропитания, удовлетворяющего требованиям конкретной системы.

## Правильная архитектура системы электропитания – ключ к разработке эффективной конструкции

Одним из способов уменьшения площади посадочных мест для компонентов питания является использование обновлённой распределённой архитектуры электропитания. Вместо нескольких изолированных источников питания, работающих на свои нагрузки, в современной распределённой архитектуре используется один изолированный преобразователь и несколько модулей меньшего размера, установленных вблизи нагрузки (POL). Преимущество преобразователей POL заключается в меньших габаритных размерах, более высокой эффективности и лучших параметрах по сравнению с технологией изолированного преобразователя.

Многие военные, авиационные и космические системы имеют источник питания, который соответствует требованиям стандарта MIL-STD-704 для низковольтных систем электропитания. Этот стандарт придаёт большое значение предельным параметрам источника питания для различных усло-

вий эксплуатации, которые включают и переходной, и установившийся режимы. Например, согласно стандарту MIL-STD-704 (ред. F), переходные напряжения для 28-вольтовых систем постоянного тока должны находиться в пределах от 18 до 50 В. Многие приложения в системах военной авионики должны соответствовать старым редакциям стандарта MIL-STD-704, которые могут содержать даже более суровые переходные напряжения от 16 до 80 В. Столь широкие диапазоны входного напряжения в сочетании с требованиями к изоляции во многих системах вынуждают устанавливать дополнительный изолирующий каскад между источником питания и нагрузкой.

В недалеком прошлом пользователям было трудно найти высоконадёжные системы питания, сертифицированные по стандартам MIL-PRF-38534 и MIL-STD-883, которые бы одновременно соответствовали стандарту MIL-STD-704 и характеризовались высокой эффективностью и небольшим весом, удовлетворяя жёстким параметрам современной системы электропитания. Многие системы использовали либо несколько изолирован-

ных источников питания, либо один изолированный источник питания, предваряющий несколько линейных стабилизаторов. Любой из методов приводил к неэффективным, громоздким и дорогим системам электропитания.

На рисунке 1 показан пример использования нескольких изолированных преобразователей для питания каждой нагрузки. Основным недостатком такой топологии является повышенная сложность системы. Изолирующий каскад увеличивает сложность, стоимость и габаритные размеры, снижая эффективность и надёжность. Все эти факторы затрудняют эффективное энергопитание современных низковольтных систем.

## Более эффективное решение для электропитания: преобразователи постоянного тока вблизи нагрузки

Сегодня компания VPT предлагает более эффективное решение, которое предусматривает один изолированный источник питания, предваряющий несколько модулей POL. Каскад изолированного преобразователя оптимизирован для низковольтных систем, требующих высокого уровня эксплуатационной надёжности в соответствии со стандартом MIL-STD-704. Модули POL весьма эффективны, недороги и характеризуются очень высокой удельной мощностью. Это достигается использованием схемы с неизолированным синхронным понижающим преобразователем. Исключение изоляции упрощает схему и позволяет оптимизировать конструкцию. На рисунке 2 показано решение компании VPT для современных высоконадёжных низковольтных систем. В данном примере рассеиваемая мощность снижена до 6,8 Вт, что является сокращением на 68% (14,2 Вт) по сравнению с топологией, изображённой на рисунке 1.

Кроме существенного снижения потерь энергии, простоты и компактного размера, модули POL позволяют значительно уменьшить габариты, вес и конечную стоимость системы, повысив при этом её надёжность. Модули POL могут располагаться близко к нагруз-

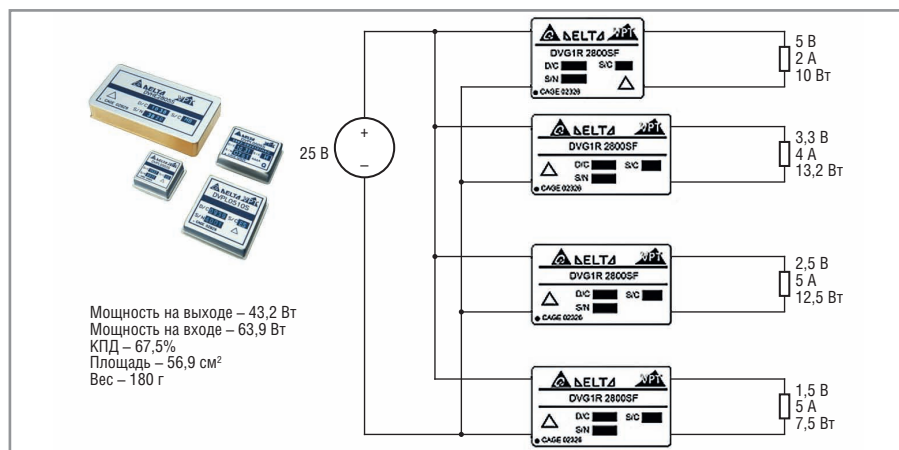


Рис. 1. Традиционная система электропитания, использующая изолированные DC/DC-преобразователи

# Неизолированные (POL) DC/DC модули VPT для специальных применений



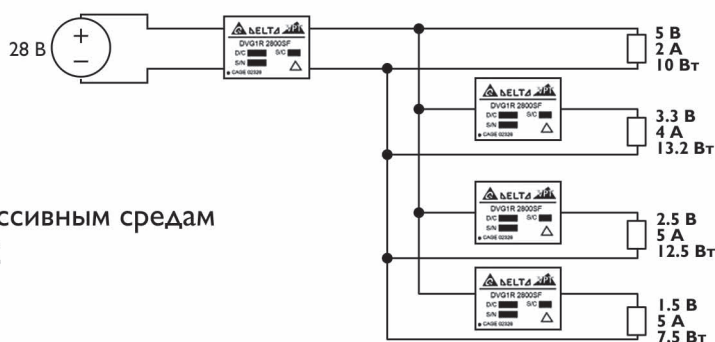
**Нет аналогов в мире!**



**100 кРаД  
85 МэВ-см<sup>2</sup>/мг**

## Особенности:

- Вход от 3,5 до 7,0 В
- Регулируемый выход от 0,8 до 3,4 В
- Ток нагрузки до 3, 5, 10, 15 и 20А
- КПД до 96%
- Плотность мощности > 100 Вт/дюйм<sup>3</sup>
- Ультратонкие размеры, малый вес
- Герметичный корпус, устойчивость к агрессивным средам
- Рабочая температура от -55°С до +125°С без снижения номинальной мощности
- Устойчивость к перегрузкам до 3000 г



тел. 8-800-333-6350  
vpt@petrointrade.ru  
www.petrointrade.ru

официальный дистрибьютор в России  
**ПетроИнТрейд**  
PT Electronics Holding

## Дополнительные услуги:

образцы со склада • техническая поддержка • военная приёмка • сертификационные испытания

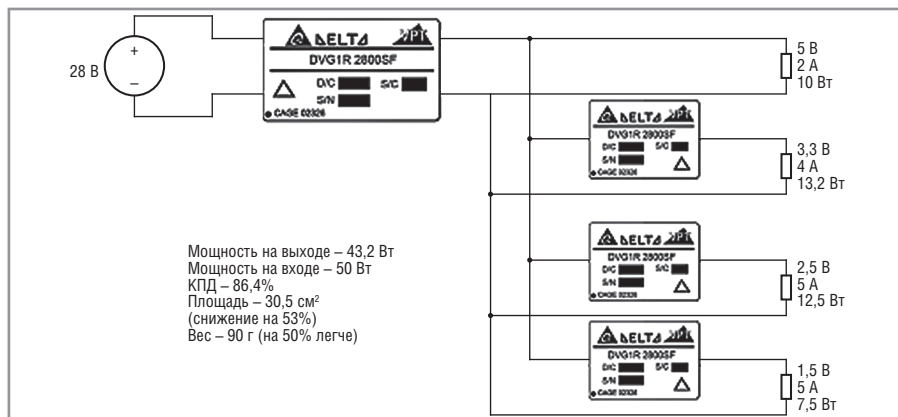


Рис. 2. Система с использованием модулей POL

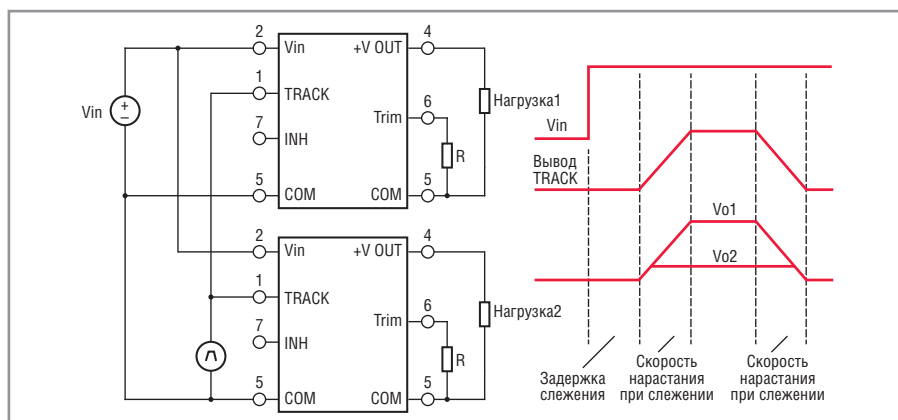


Рис. 3. Отслеживание формы сигналов

ке, снижая погрешности стабилизации и колебания напряжения при переходных процессах. При этом высокий КПД обеспечивает благоприятный температурный режим работы без дополнительных мер по отводу тепла. В результате такая распределённая архитектура электропитания даёт законченную систему, которая не только является более дешёвой и лёгкой, но также обеспечивает более высокие параметры по сравнению с предыдущим подходом.

**ВАЖНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ, ПРИНИМАЕМЫЕ ВО ВНИМАНИЕ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ КОНКРЕТНОЙ СИСТЕМЫ**

При разработке системы электропитания с использованием модулей POL компания VPT предлагает гибкие и разнообразные применения. Например, если ваша система предназначена для космической отрасли, компания VPT предлагает преобразователь SVGA, устойчивый к воздействию радиации. Кроме того, в преобразователях POL компании VPT используется единственный резистор для установки выходного напряжения. Благодаря этому уменьшается количество компонентов, которые должен аттестовать заказчик при создании новой высокоэффективной систе-

мы электропитания. Это даёт конструктору важную гибкость, устраняя необходимость в заказе нового компонента в случае изменения требований к напряжению. С выходом на рынок преобразователей VPT типа DVPL0503S на ток 3 А, DVPL0505 на 5 А, DVPL0510S на 10 А и DVPL0520S на 20 А потребителю стали доступны различные уровни мощности и габаритные размеры.

Для предотвращения повреждения современным высокопроизводительным цифровым системам требуется сверхточная стабилизация напряжения питания. Этого можно достичь, устанавливая модули POL очень близко к нагрузке, что снизит колебания в нагрузке за счёт устранения необходимости в длинных проводах или длинных медных соединениях на плате. Благодаря небольшому размеру и малому весу модули POL можно устанавливать очень близко к нагрузке, что экономит пространство, поскольку исчезает потенциальная необходимость в больших теплоотводах или каркасах для обеспечения жёсткости.

Другим полезным свойством модулей POL является управление синхронизацией и скоростью нарастания и убывания выходного напряжения. Это осуществляется посредством вывода «Track» на модулях типа DVPL0505S и

DVPL0510S. Вывод слежения позволяет управлять скоростью нарастания выходного напряжения с помощью внешнего сигнала. На рисунке 3 показан пример использования вывода слежения, который чрезвычайно полезен, когда несколько источников питают один и тот же компонент. Функция вывода слежения может быть гибко сконфигурирована непосредственно под вашу систему.

Если требуются более высокие параметры стабилизации, чем указанные в справочном листке на модуль, можно добавить внешние компоненты, чтобы улучшить параметры пульсаций выходного напряжения, переходные процессы или пульсации входного тока. Пульсации выходного напряжения можно снизить, добавив внешние конденсаторы с низким последовательным сопротивлением (ESR). Для обеспечения оптимального качества рекомендуется устанавливать керамические конденсаторы очень близко к выходам модуля POL. Не рекомендуется добавлять LC-фильтр для уменьшения пульсаций, т.к. это может привести к неустойчивости в петле регулирования и низкочастотным колебаниям на выходе модуля. Дополнительные конденсаторы ёмкостью до 5000 мкФ снижают колебания выходного напряжения при резких скачках тока нагрузки.

Наконец, если разработчик системы стремится снизить пульсации входного тока, то на входе модуля POL может быть установлен сглаживающий конденсатор. Верхний предел ёмкости конденсатора, который может быть добавлен на вход модуля POL, отсутствует. Единственным ограничением является максимальная ёмкость нагрузки другого преобразователя постоянного тока, от которого питается модуль POL.

**НОВАЯ РАСПРЕДЕЛЁННАЯ АРХИТЕКТУРА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ЗАВТРАШНЕГО ДНЯ**

Новые модели модулей POL с паспортным током 3, 5, 10 и 20 А отвечают требованиям стандартов MIL-PRF-38534 и MIL-STD-883. Благодаря этому современные разработчики располагают новыми и значительно расширенными возможностями при проектировании высокоэффективных систем питания, которые используются в авионике, военном и космическом оборудовании и удовлетворяют растущим требованиям к техническим параметрам, малому весу и низкой стоимости таких систем.



## Новости мира News of the World Новости мира

### Рынок ЖК ТВ-панелей впервые показал спад

Поставки ЖК телевизионных панелей в 2012 году, согласно данным аналитического агентства DisplaySearch, впервые показали спад. На рынок было отгружено 203 млн таких панелей, что на 1% меньше по сравнению с 2011 годом. Как отмечается, небольшой рост 0,6% был зафиксирован лишь в четвертом квартале, но он не смог перекрыть спад предыдущих трёх периодов.

В прошедшем году падение спроса на ЖК ТВ-панели в развитых странах составило 18%. Рост отрасли в развивающихся регионах не был столь интенсивным, чтобы перекрыть этот спад. Интересно, что в США уровень отгрузок остался практически неизменным. А вот в Японии и Западной Европе поставки снизились на 68% и 15% соответственно. Китай остаётся крупнейшим рынком. Спрос здесь вырос на 6% – до 52 млн. В Восточной Европе рост поставок составил 17%, что эксперты связывают с переходом на цифровое телевидение.

Лидером рынка по-прежнему остаётся компания Samsung Electronics, увеличив-

шая свою долю с 25 до 27,7%. Вторую позицию заняла LG Electronics с долей 15%. Замыкают пятерку лидеров японские производители Sony, Panasonic и Sharp.

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

### Отрасль NOR-памяти будет стагнировать до 2015 года

В 2012 году отрасль флэш-памяти типа NOR продемонстрировала спад. И, по мнению аналитического агентства IHS iSuppli, ситуация вряд ли изменится в лучшую сторону в 2013 и 2014 годах. Эксперты объясняют это тем, что многие производители мобильных телефонов (именно эти устройства являются главными потребителями NOR) постепенно отдают предпочтение NAND-микросхемам.

Если в 2011 году обороты отрасли NOR составили \$4,34 млрд, то в прошлом году они сократились до \$3,47 млрд, а в текущем году выручка производителей упадёт до \$3,4 млрд. В 2014 году ожидается пятипроцентный спад. Тем не менее, аналитики предрекают появление новых

приложений, которые положат конец застуханию отрасли. Уже в 2015 году спрос на NOR-память опять начнёт расти.

NOR-память с параллельным интерфейсом отличается более высокой стоимостью и стремительно теряет популярность. Ей на смену приходит SPI NOR с последовательным интерфейсом, которая дешевле и при этом экономичнее в терминах энергопотребления.

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

### «Интеграл» – СП Россия–Белоруссия?

По данным белорусских СМИ, руководство компании Интеграл ведёт переговоры с холдингом РосЭлектроника о консолидации активов в обмен на инвестиции в перевооружение предприятия. Сообщается, что в 2012 году Интеграл выпустил продукции на \$130 млн, из которых 78,5% было экспортировано в Россию. На Интеграле трудится более 5 тыс. человек, и возможные сокращения персонала могут стать самым трудносоглашаемым моментом. В 2007 году сообщалось об аналогичных переговорах с АФК Система.

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



## Требуемая КСС для основных светотехнических применений

- Отсутствует необходимость во вторичной оптике
- Низкие оптические потери
- Высокая световая отдача — более 90 лм/Вт
- Низкое тепловое сопротивление
- Высокая надежность



**STREET FLOOD**  
Уличное освещение



**INDA FLOOD**  
Промышленное освещение  
Уличное освещение



**OFFICE FLOOD**  
Офисное освещение  
Общее освещение



**УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СВЕТОДИОДНЫЙ МОДУЛЬ**  
Освещение витрин, рекламных щитов  
Архитектурное и ландшафтное освещение  
Автономные системы освещения

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ LIGHT ENGINES

**PROSOFT®**  
COMPONENTS

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

Тел.: (495) 232-2522 • факс: (495) 234-0640 • [info@prochip.ru](mailto:info@prochip.ru) • [www.prochip.ru](http://www.prochip.ru)

Реклама

# Микросхемы однократно программируемых ПЗУ на основе технологии antifuse серий 1645PT и 5576PT

Павел Леонов, Тимур Волков (Москва)

В статье описаны две микросхемы однократно программируемых постоянных запоминающих устройств, разработанных центром проектирования ЗАО «ПКК Миландр»: параллельное ПЗУ с произвольной выборкой на 256 кбит (32К×8) и последовательное ПЗУ на 1 Мбит, предназначенное для конфигурации ПЛИС.

## ВВЕДЕНИЕ

Как известно, существуют несколько разновидностей постоянных запоминающих устройств: масочно-программируемые ПЗУ (ROM), однократно программируемые ПЗУ (PROM), электрически программируемое ПЗУ с ультрафиолетовым стиранием (EPROM), ПЗУ с электрической записью и стиранием (EEPROM, флэш). Эти ПЗУ можно назвать классическими, поскольку технологии их производства хорошо отработаны. В то же время, всё больше зарубежных производителей уделяют внимание перспективным технологиям производства постоянных запоминающих устройств: сегнетоэлектрической памяти (FRAM); магниторезистивной памяти (MRAM); памяти, основанной на изменении фазового состояния вещества (CRAM); памяти, использующей бистабильные наномеханические переключатели (NRAM) и другим.

Перечисленные разновидности, «классические» или перспективные, различаются по информационной ёмкости, быстродействию, потребляемой мощности, рабочему напряжению питания, внутренней организации, интерфейсу и другим характеристикам. Но объединяющим свойством является их способность сохранять содержимое после выключения питания, т.е. *энергонезависимость*. Поэтому ПЗУ используются практически во всех устройствах, где требуются исходные данные для начала работы или программы, используемые в процессе вычислений, в том числе для хранения загрузочной конфигурации всех современных компьютеров и ПЛИС (FPGA).

Для конфигурации ПЛИС в автономных устройствах используются два

способа: загрузка из внешнего параллельного ПЗУ или микропроцессора (режим Passive Parallel) и загрузка из последовательного конфигурационного ПЗУ (режимы Passive Serial и Active Serial). Кроме того, ПЗУ применяются в различных устройствах специального и космического назначения для хранения кодов, шифров, констант, эталонов и т.д.

Каждая разновидность ПЗУ имеет свои преимущества и недостатки, учитывая которые, разработчики аппаратуры могут выбрать оптимальное решение для своей задачи. В настоящей статье мы остановимся на «классических» ПЗУ. Несомненно, EEPROM и флэш-память, обладающие возможностью многократной перезаписи информации в процессе эксплуатации, при большой информационной ёмкости на единицу площади кристалла, имеют преимущество перед масочными и однократно программируемыми ПЗУ. Однако, из-за использования плавающего затвора в качестве элемента памяти, эти ЗУ не могут обеспечить сохранность информации под воздействием ионизирующих излучений. Поэтому для функционирования в условиях космоса требуются запоминающие устройства, информация в которых не будет искажаться при любых внешних воздействиях, т.е. масочные или однократно программируемые ПЗУ.

Программирование масочного ПЗУ происходит в процессе изготовления, поэтому требуется значительное время для получения микросхемы, содержащей необходимую информацию. Сначала данные передаются заказчиком на фабрику изготовителя, затем изготавливается фотошаблон технологического слоя, сам кристалл, произво-

дится его тестирование и сборка в корпус и только после этого микросхема передаётся заказчику. Весь процесс записи информации занимает в среднем до двух и более месяцев, а с учётом того, что в ПЗУ часто записаны секретные коды и шифры, увеличивается вероятность утечки информации и, следовательно, сложность мероприятий для сохранения ее конфиденциальности.

При использовании микросхем однократно программируемых ПЗУ, заказчик приобретает уже проверенную микросхему, соответствующую требованиям технических условий (ТУ), и ему остаётся только записать требуемую информацию в ячейки памяти ПЗУ. Более того, в зависимости от функционального состава микросхемы (возможности внутрисхемного программирования), заказчик может запрограммировать микросхему, установленную на печатную плату.

## ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ОДНОКРАТНО ПРОГРАММИРУЕМЫХ ПЗУ

Известно несколько типов однократно программируемых ПЗУ, использующих различные принципы записи информации в ячейки: программирование методом лазерного или электрического пережигания перемычек, программирование методом пробоя подзатворного окисла транзисторной структуры, восстановление проводящего состояния перемычек аморфного кремния под действием импульса программирования или пробоя диэлектрика оксид-нитрид-оксид (ONO) и др. Ячейки памяти, запись информации в которые основана на пробое диэлектриков или восстановлении перемычек аморфного кремния получили название «antifuse» (восстановление перемычек).

Технологии программирования ПЗУ различного типа можно сравнить по следующим показателям: возможности разводки соединений над ячейками памяти, возможности искажения записанных данных, возможности про-

граммирования в корпусе потребителем, необходимости в специализированном оборудовании, радиационной стойкости, «прозрачности» данных на кристалле (т.е. возможности восстановления информации, записанной в ПЗУ, по состоянию элементов программирования). Результаты такой классификации (в сравнении с гипотетической «идеальной» технологией) приведены в таблице 1. Применение методов лазерного или электрического пережигания перемычек не позволяет использовать разводку между другими блоками микросхемы, т.к. требуется доступ к каждой ячейке при пережигании лазером или наличие вскрытых окон в изолирующих диэлектриках для обеспечения надёжного пережигания перемычек. Электрическое пережигание перемычек не обеспечивает их надёжного программирования, поэтому в процессе эксплуатации микросхемы может происходить восстановление проводимости перемычки, приводящее к искажению записанной информации. Результаты пережигания перемычек при лазерном программировании и пробое подзатворного окисла более на-

Таблица 1. Особенности технологий программирования ПЗУ

	Лазерное пережигание перемычки (Laser fuses)	Электрическое пережигание перемычки (Fuses)	Плавающий затвор (флэш, EEPROM)	Пробой тонкого окисла (Antifuse)	Идеальная
Разводка соединений над ячейкой	Нет		Н/Д	Да	
Искажение записанных данных	Нет	Да		Нет	
Программирование в корпусе потребителем	Нет	Н/Д	Да		
Специализированное оборудование	Да	нет			
Радиационная стойкость	Да		Нет	Да	
Прозрачность данных на кристалле	Да		Нет		
Общая оценка	2	2,5	3,5	6	

дёжны, поэтому искажения записанных данных не происходит. При лазерном пережигании перемычек требуется специализированное оборудование, причём дорогостоящее. При электрическом пережигании и пробое окисла специализированного оборудования не требуется, – достаточно использовать несложный программатор.

Неоспоримым преимуществом ячейки памяти, использующей пробой подзатворного окисла, является невозможность считывания записанной информации с кристалла, поскольку

визуально определить, пробит ли диэлектрик, практически невозможно. Напротив, состояние перемычки после лазерного или электрического программирования можно определить под микроскопом. Указанное преимущество ячеек с элементами antifuse очень важно при использовании ПЗУ в системах защиты информации и других применениях, требующих повышенных мер обеспечения секретности.

Необходимость в специализированном оборудовании для доступа к



**МИЛАНДР**  
Группа компаний

**20 лет**

на рынке МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

сохраня достигнутое

приближая будущее

созидая настоящее

**Радиационно стойкая микросхема однократно программируемого ПЗУ 1645PT2У\***

**для аппаратуры специального и двойного назначения**




**Емкость ОПЗУ - 256К (32К x 8) бит**  
**Напряжение питания - 3,3В ±10%**  
**Коэффициент программирования - 90%**  
**Время выборки по адресу и по сигналу nCE - не более 100 нс**  
**Время выборки по сигналу nOE - не более 30 нс**  
**Температурный диапазон: от -60° до +125°С**  
**Корпус: 64-выводной металлокерамический 5134.64-6**

\* доступны образцы и программаторы



124498, г. Москва, Зеленоград, проезд 4806, дом 6  
 тел: +7(495)981-54-33, факс: +7(495)981-54-36

[www.milandr.ru](http://www.milandr.ru), e-mail: [info@milandr.ru](mailto:info@milandr.ru)

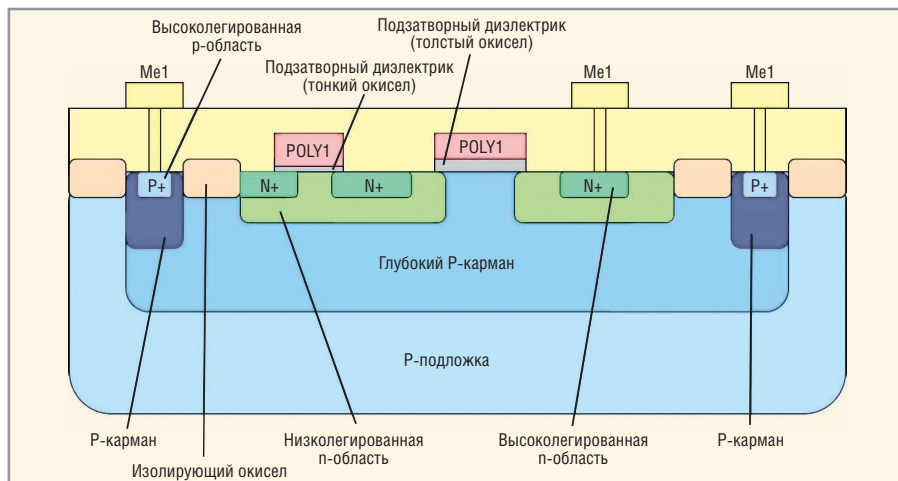


Рис. 1. Разрез структуры ячейки памяти ПЗУ с запоминающим элементом типа antifuse

каждой ячейке памяти при лазерном пережигании перемычек делает невозможным программирование в корпусе потребителями, в отличие от микросхем, использующих блоки однократно программируемых ПЗУ с электрическим пережиганием перемычек или пробоем тонкого окисла. Важным технологическим преимуществом запоминающих элементов типа antifuse является отсутствие технологического этапа термической постобработки микросхем для стабилизации запрограммированных перемычек из поликристаллического кремния.

Проведённое выше сравнение показывает, что для условий специального применения целесообразно использовать однократно программируемые ПЗУ с ячейками типа antifuse. Поэтому при разработке микросхем однократно программируемого ПЗУ с произвольным доступом ёмкостью 256 кбит и однократно программируемого конфигурационного ПЗУ ёмкостью 1 Мбит использовалась оригинальная ячейка памяти, основанная на пробое тонкого окисла. На рисунках 1 и 2 представлены разрез структуры и топология ячейки памяти.

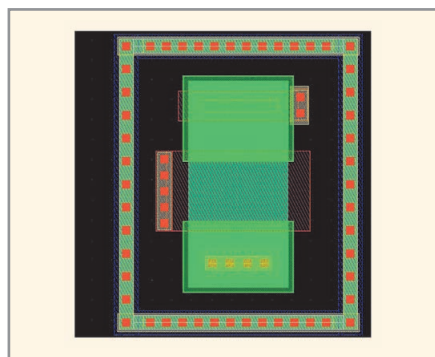


Рис. 2. Топологический чертёж ячейки памяти с элементом программирования antifuse

В качестве транзистора выборки в ячейке используется высоковольтный n-канальный транзистор с толстым подзатворным окислом и напряжением пробоя более 20 В. В качестве запоминающего элемента используется низковольтный n-канальный транзистор с дополнительным легированием в области канала. Пробивное напряжение подзатворного окисла низковольтного транзистора не превышает 8...10 В. Программирование проводится при напряжении 15...17 В, что обеспечивает качественной пробой тонкого подзатворного окисла низковольтного транзистора.

### МИКРОСХЕМА 1645PT2У

Микросхема 1645PT2У представляет собой однократно электрически программируемое постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) с произвольной выборкой с информационной ёмкостью 256 кбит (организация 32K слов по 8 бит), устойчивого к воздействию специальных факторов. Микросхема разработана по КМОП-технологии с минимальными проектными нормами 0,35 мкм, с одним уровнем поликремния и четырьмя уровнями металлизации. В качестве запоминающего элемента используется описанная выше ячейка типа antifuse.

Типовые режимы работы ПЗУ обеспечиваются управляющими сигналами nCE, nOE, nPE на соответствующих входах микросхемы в соответствии с временными диаграммами режимов считывания и программирования (см. рис. 3 и рис. 4). Выводы A0-A14 являются адресными входами, выходы данных D0-D7 являются двунаправленными, их состояние зависит от логических уровней управляющих сигналов.

При напряжении высокого уровня на входе nCE микросхема находится в режиме хранения, и её состояние не зависит от других управляющих сигналов, сигналов адреса и сигналов данных. Выходы микросхемы при этом находятся в состоянии высокого импеданса. В этом режиме микросхема потребляет минимальную мощность. Операции программирования и считывания возможны при активном сигнале nCE (напряжение низкого уровня на входе nCE).

При напряжении низкого уровня на входе nPE и напряжении высокого уровня на входе nOE происходит запись информации в определённые ячейки памяти в соответствии с сигналами на входах данных (D0-D7) и адресным кодом на входах адреса (A0-A14). По каждому адресному коду происходит выборка восьми ячеек памяти (по одной в каждом разряде) и последовательно, в зависимости от логического уровня на выводе данных (программирование ячейки происходит при высоком уровне на выводе данных, на остальных выводах данных низкий логический уровень), программируется байт входной информации.

Считывание происходит при напряжении высокого уровня на входе nPE; информация появляется на выходах микросхемы в соответствии с адресным кодом на входах адреса и напряжении низкого уровня на входе nOE. При наличии на входе nOE напряжения высокого уровня, выходы данных находятся в состоянии высокого импеданса. Сигнал nOE управляет выходными буферами, обеспечивая их переход в Z-состояние (при напряжении высокого уровня на входе nOE) независимо от состояния других управляющих сигналов.

Рабочий диапазон напряжения питания микросхемы составляет 3...3,6 В, температурный диапазон -60...125°C. В пределах указанных диапазонов напряжения и температуры максимальное время выборки по адресу и сигналу nCE равно 100 нс, а время выборки по сигналу nOE - 30 нс. Ток потребления в режиме хранения (на входе сигнала nCE напряжение высокого уровня) при напряжении питания 3,6 В и температуре +125°C (худшие условия для этого параметра) не превышает 200 мкА. Динамический ток потребления в режиме чтения информации не превышает 50 мА при напряжении пи-

тания 3,6 В и температуре  $-60^{\circ}\text{C}$  (худшие условия для этого параметра).

Микросхема выпускается в 64-выводном металлокерамическом корпусе 5134.64-6. Программирование микросхемы осуществляется с помощью USB-программатора, разработанного производителем.

### МИКРОСХЕМА КОНФИГУРАЦИОННОГО ОДНОКРАТНО ПРОГРАММИРУЕМОГО ПЗУ 5576PT1У

Программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) должны конфигурироваться данными каждый раз после включения питания, инициализации системы или при смене конфигурации. Конфигурационное устройство хранит конфигурационные данные и обеспечивает конфигурирование ПЛИС серии 5576ХС и аналогичных. Ядро конфигурационного устройства содержит два основных блока: конфигурационный контроллер и ОППЗУ. Блок ОППЗУ состоит из памяти ёмкостью 1 Мбит, которая программируется через последовательный канал, схемы формирования высоковольтного напряжения и генератора частоты, обеспечивающего необходимую длительность импульсов программирования. Блок-схема конфигурационного устройства представлена на рисунке 5.

Конфигурационное устройство 5576PT1У поддерживает два режима схем конфигурации ПЛИС:

- Active serial. Синхросигнал формируется на выводе DCLK ПЛИС и является входным для конфигурационного устройства. Режим выбирается при  $\text{AS\_PS} = \text{лог. 1}$ ;
- Passive serial. Синхросигнал формируется на выводе DCLK конфигурационного устройства и является входным для ПЛИС. Режим выбирается при  $\text{AS\_PS} = \text{лог. 0}$ .

Микросхема поддерживает режим каскадного включения группы микросхем. В этом случае синхросигнал формируется либо первым устройством в цепочке, либо ПЛИС, а на входе LAST последнего устройства в цепочке должна быть лог. 1. В режиме конфигурирования последовательные данные поступают на вывод DATA конфигурационного устройства.

К основным функциям конфигурационного устройства также необходимо отнести возможность внутрисхем-

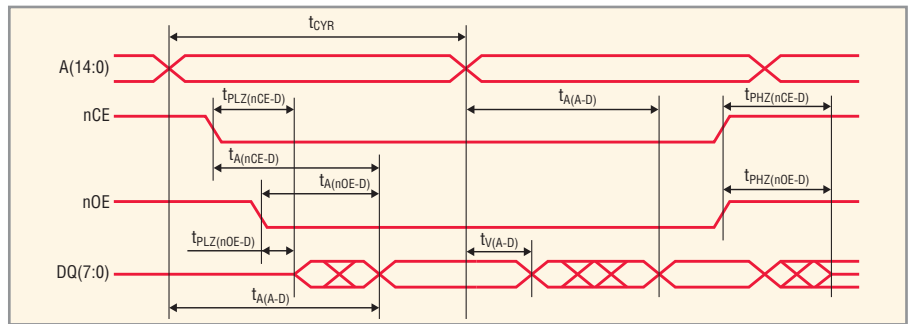


Рис. 3. Временная диаграмма режима чтения микросхемы 1645PT2У

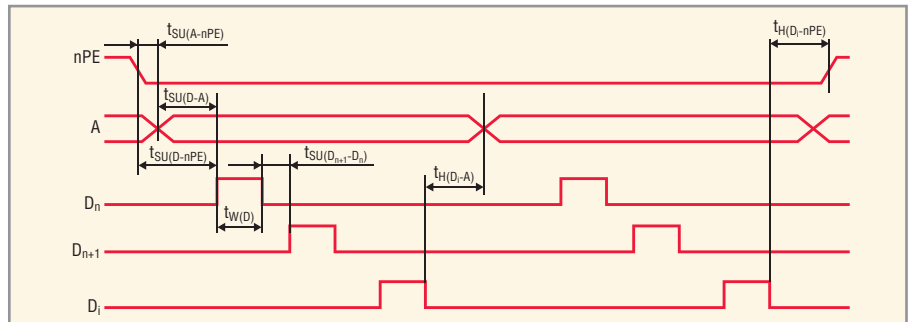


Рис. 4. Временная диаграмма режима программирования микросхемы 1645PT2У

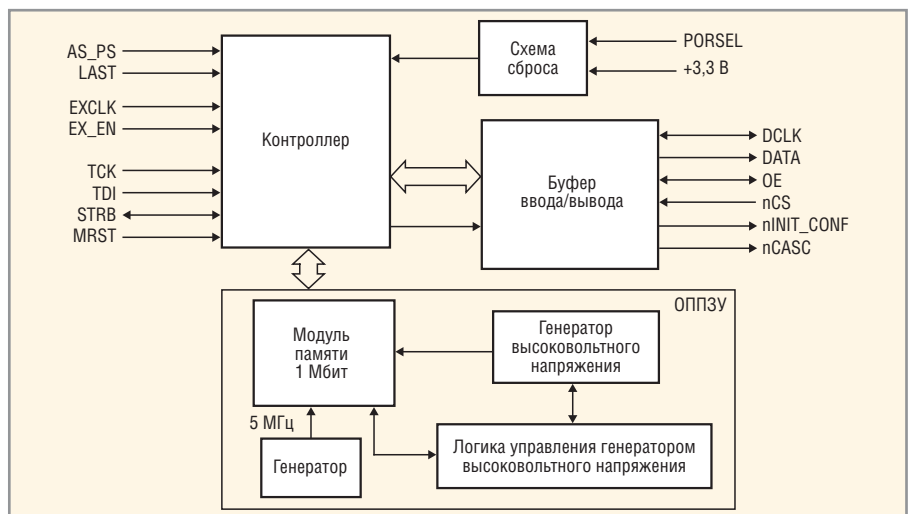


Рис. 5. Блок-схема конфигурационного ПЗУ 5576PT1У

ного программирования через последовательный интерфейс с защитой от случайного изменения ячеек памяти, а также возможность задания задержки схемы формирования сброса с помощью вывода PORSEL. Поскольку максимальная частота на входе DCLK ПЛИС может достигать 33 МГц, а устройство конфигурирования имеет внутренний генератор с частотой не более 5 МГц, предусмотрена возможность формирования внешнего синхросигнала на входе EXCLK при  $\text{EX\_EN} = \text{лог. 1}$  и  $\text{AS\_PS} = \text{лог. 0}$ . При подаче синхросигнала на вход EXCLK он транслируется на выход DCLK.

Конфигурирование ПЛИС осуществляет контроллер конфигурационного устройства. Процесс состоит из чтения конфигурационных данных из памя-

ти, последовательной выдачи данных на вывод DATA и обработки ошибок. После окончания работы схемы сброса, контроллер, в зависимости от состояния выводов AS\_PS, LAST, EX\_EN, определяет схему и частоту конфигурации. После получения конфигурационных настроек контроллер проверяет готовность ПЛИС принимать конфигурационные данные, опрашивая линии nSTATUS и CONF\_DONE. Если ПЛИС готова к приёму данных ( $\text{nSTATUS} = \text{лог. 1}$ ,  $\text{CONF\_DONE} = \text{лог. 0}$ ), контроллер начинает чтение данных с адреса 0x0000 и передает их в линию DATA с использованием синхросигнала DCLK.

Помимо этого, контроллер отслеживает ошибки в процессе конфигурации. Ошибка CONF\_DONE происходит,

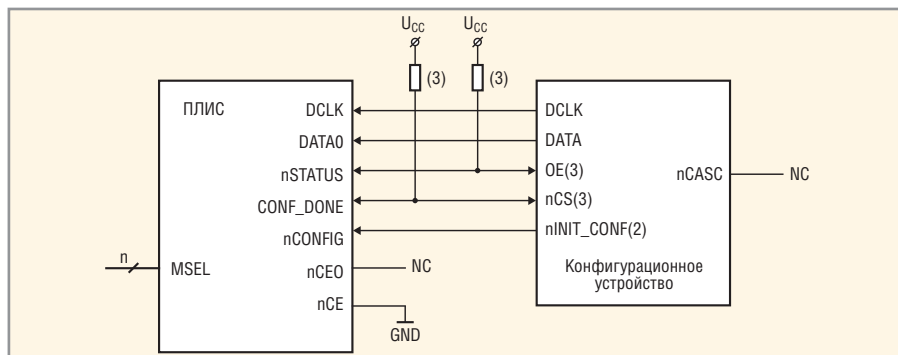


Рис. 6. Конфигурирование ПЛИС конфигурационным устройством

ходит, когда ПЛИС не устанавливает сигнал CONF\_DONE в лог. 1 за 64 такта DCLK после того, как был передан последний конфигурационный бит. Когда обнаруживается ошибка CONF\_DONE, контроллер формирует импульс лог. 0 на выводе OE длительностью 21 мкс, который сбрасывает nSTATUS в лог. 0. После освобождения вывода OE начинается повторное конфигурирование ПЛИС. Ошибка в контрольной сумме (CRC) происходит, когда ПЛИС обнаруживает искажение конфигурационных данных, которое может быть вызвано как помехами на плате, так и неудачной разводкой линий конфигурационных сигналов. ПЛИС сигнализирует контроллеру об ошибке низким уровнем на выводе nSTATUS. Если в ПЛИС установлен параметр «Auto-Restart Configuration After Error», он переводит сигнал nSTATUS в лог. 1 после периода ожидания, и контроллер пытается реконфигурировать ПЛИС. По окончании конфигурирования, контроллер переводит линию DCLK в лог. 0, а линию DATA – в Z-состояние (если LAST = лог. 0) или в лог. 0 (если LAST = лог. 1). На рисунке 6 показана схема подключения конфигурационного устройства к ПЛИС.

1. Особенности подключения конкретных семейств ПЛИС к конфигурационному устройству описаны в документации ПЛИС.
2. Вывод nINIT\_CONF не требует подключения подтягивающего резистора. Если nINIT\_CONF не применяется, то вывод nCONFIG можно подключить к питанию.
3. Выводы OE и nCS обязательно должны иметь подтягивающие резисторы к питанию, так как не имеют внутренних подтягивающих резисторов. Номинал резисторов определяется пользователем, но должен быть не менее 1 кОм.
4. Вывод LAST должен быть подключён к питанию.

Если конфигурационные данные ПЛИС превышают ёмкость одного конфигурационного устройства, то используется каскадное подключение нескольких конфигурационных устройств (см. рис. 7). В этом случае вывод nCASC предыдущего устройства подсоединяется к выводу nCS последующего. На входе LAST последнего устройства должна быть лог. 1, у остальных устройств – LAST = лог. 0. Если используется режим PS, то вывод AS\_PS первого устройства в цепочке должен быть подтянут к земле, у остальных устройств – к питанию. Если для всех устройств в цепочке применяется режим AS, тогда выводы всех конфигурационных устройств AS\_PS = лог. 1. Когда используется вывод nINIT\_CONF, только вывод первого устройства подключается к выводу nCONFIG ПЛИС, у остальных устройств эти выводы остаются неподключёнными. У последнего конфигурационного устройства в цепочке вывод nCASC остаётся неподключённым.

Блок сброса (схема POR) удерживает систему в состоянии сброса, пока не установится напряжение питания. Время задержки POR включает время нарастания напряжения питания и программируемый пользователем счётчик задержки. Когда питание стабилизируется, схема POR освобождает вывод OE. Время POR может быть увеличено внешним устройством, удерживающим OE в лог. 0. Конфигурационное устройство поддерживает программирование задержки POR. Можно установить задержку POR по умолчанию 100 мс или уменьшить её до 2 мс для систем, требующих быстрого включения питания. Вывод PORSEL управляет задержкой POR: лог. 1 единица выбирает задержку 2 мс, лог. 0 – задержку 100 мс.

Для гарантии того, что конфигурационное устройство вошло в режим конфигурирования правильно, необходимо, чтобы схема POR ПЛИС закончила работу прежде, чем схема POR конфигурационного устройства. Задержка POR конфигурационного устройства  $t_{PHL}(POR)$  при PORSEL= лог. 0 позволит ПЛИС включиться прежде, чем начнётся конфигурирование. Помимо этого, вывод nINIT\_CONF конфигурационного устройства необходимо подключить к выводу nCONFIG

ПЛИС. Если для всех устройств в цепочке применяется режим AS, тогда выводы всех конфигурационных устройств AS\_PS = лог. 1. Когда используется вывод nINIT\_CONF, только вывод первого устройства подключается к выводу nCONFIG ПЛИС, у остальных устройств эти выводы остаются неподключёнными. У последнего конфигурационного устройства в цепочке вывод nCASC остаётся неподключённым.

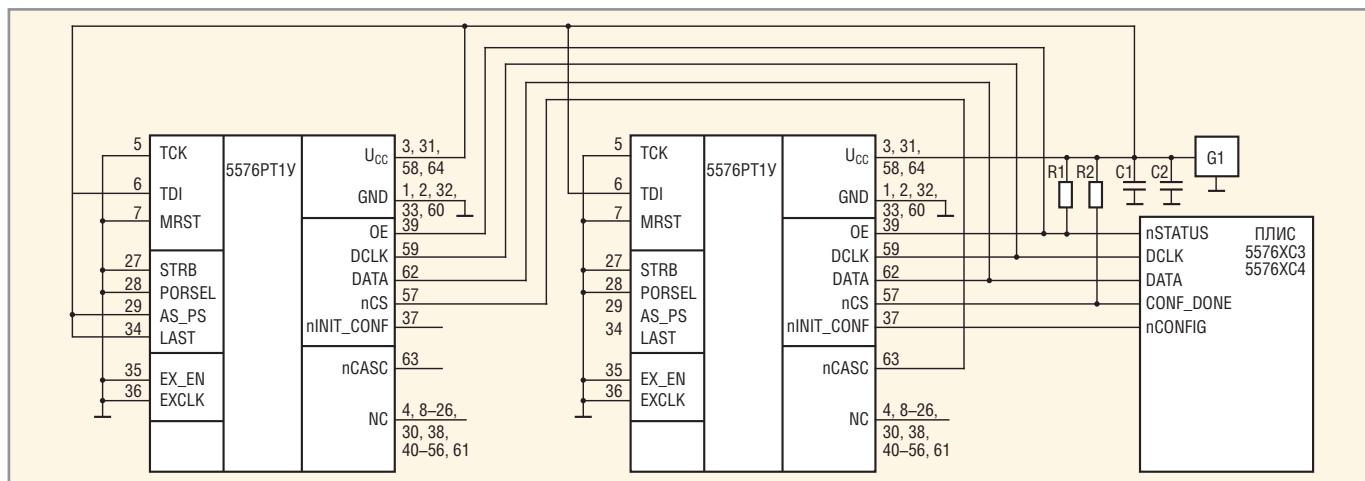


Рис. 7. Схема включения ПЛИС с несколькими конфигурационными микросхемами

ПЛИС, что позволит удерживать вывод nCONFIG в лог. 0, пока напряжение питания не стабилизируется.

Конфигурационное устройство программируется с помощью фирменного USB-программатора компании «Миландр» через специализированный последовательный интерфейс с защитой от случайного изменения ячеек памяти. Программатор поддерживает два формата файлов с конфигурацией ПЛИС: двоичный формат (\*.rbf) и шестнадцатеричный (\*.hexout).

Процедура записи байта в ячейку памяти инициируется четырьмя командными циклами, представленными в таблице 2. Программная последовательность состоит из двух циклов разблокирования, команды предустановки, адреса и программируемых данных, запись которых инициирует внутренний алгоритм программирования. Для определения окончания операции, необходимо контролировать сигнал занятости BUSY, который передаётся по двунаправленной линии данных последовательного интерфейса. Контроль других характеристик ячеек памяти не требуется. Конфигурационное устройство автоматически формирует программные импульсы и проверяет характерные для ячейки свойства.

Для входа в последовательный режим работы сигнал STRB = лог. 1 должен быть зафиксирован по переднему фронту TCK (см. рис. 8). Для выхода из последовательного режима необходимо произвести сброс с помощью сигнала MRST = лог. 0. Через последовательный интерфейс возможно выполнение операций записи и чтения памяти, они могут выполняться непосредственно с каждой 8-разрядной или 16-разрядной ячейкой памяти (разрядность памяти задаётся в команде). Для инициирования записи необходимо передать командные последовательности (см. таблицу 2), состоящие из нескольких циклов.

Режим полного цикла (см. рис. 9) может быть только четвёртым при программировании данных. Данный ре-

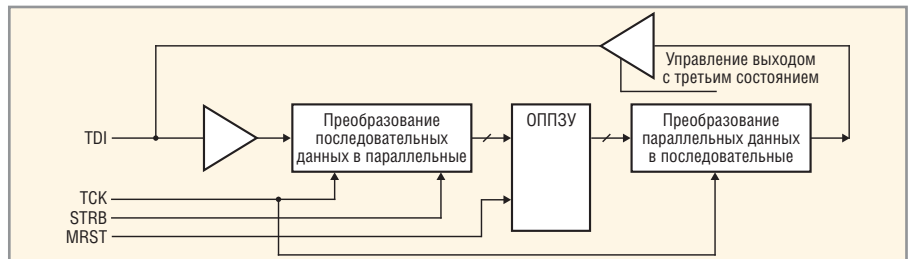


Рис. 8. Структурная схема последовательного канала

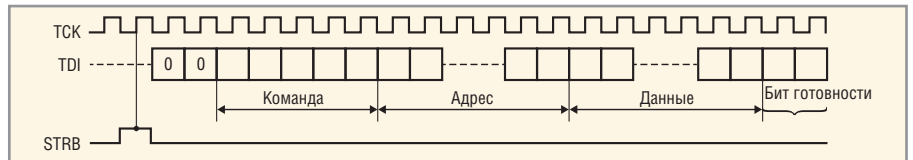


Рис. 9. Режим полного цикла

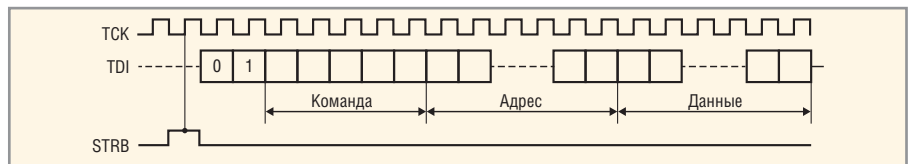


Рис. 10. Режим командного цикла

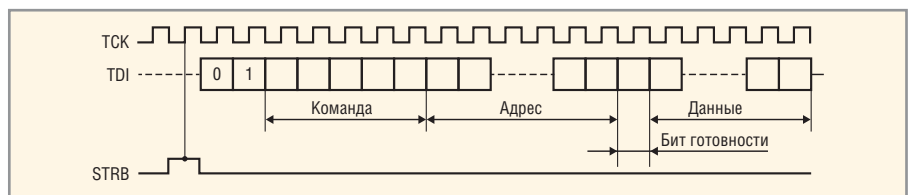


Рис. 11. Режим цикла чтения

жим инициируется стартовым символом 00 (см. таблицу 3), затем последовательно передаются адрес записываемой ячейки памяти и записываемые данные. После этого вывод TDI переключается на выход и на него выводится состояние сигнала BUSY. В случае инициирования внутреннего алгоритма программирования, этот сигнал переключается в лог. 0 через 3 импульса TCK, а по завершении операции переключается в лог. 1. Синхросигнал TCK необходимо подавать постоянно до окончания операции. Для гарантированного считывания сигнала BUSY необходимо производить не менее четырёх последовательных выборок с объединением результата по «И».

Команды, адрес и данные передаются младшими разрядами вперёд. В случае 8-разрядных данных передаётся 17-разрядный адрес, в случае 16-раз-

рядных данных – 16-разрядный адрес. При записи 16-разрядных данных младший байт берётся из таблицы, а старший байт имеет нулевое значение.

Режим командного цикла (см. рис. 10) может быть только первым, вторым или третьим при программировании данных. Данный режим инициируется стартовым символом 01, так же как и в полном цикле, затем следует команда, адрес и данные. Отличие состоит в том, что в этом режиме адрес фиксирован и всегда является 12-разрядным; данные также фиксированы и всегда являются 8-разрядными. Для выполнения командного цикла после его передачи необходимо подать не менее трёх дополнительных импульсов TCK.

Режим цикла чтения (см. рис. 11) инициируется стартовым символом 10, далее через вывод TDI последовательно передаются команда и адрес,

Таблица 2. Командные последовательности

Командные последовательности	Циклы	Циклы на шине											
		Первый		Второй		Третий		Четвёртый		Пятый		Шестой	
		Addr	Data	Addr	Data	Addr	Data	Addr	Data	Addr	Data	Addr	Data
Запись	4	555	AA	AAA	55	555	A0	PA	PD				

Таблица 3. Таблица истинности последовательного режима

Стартовый символ [1:0]	Режим работы
00	Полный цикл
01	Командный цикл
10	Цикл чтения
11	Повтор цикла

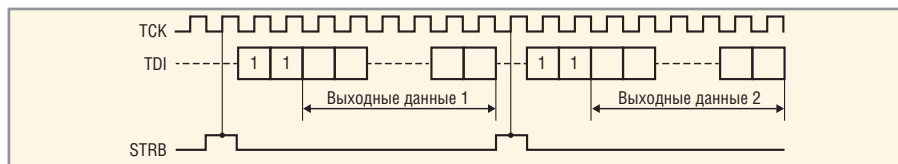


Рис. 12. Повтор цикла чтения

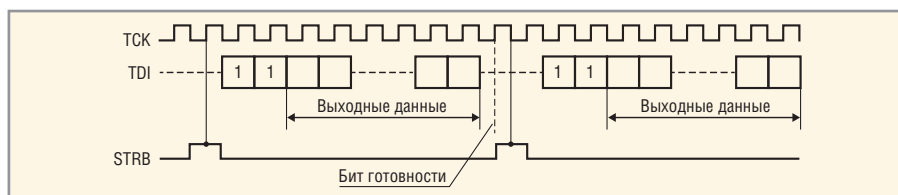


Рис. 13. Повтор цикла записи

затем вывод TDI переключается на выход и выводится содержимое сигнала занятости BUSY, который сигнализирует о неоконченной операции программирования. Если сигнал BUSY = лог. 1, то младшими разрядами вперед выдвигаются данные соответствующей разрядности.

Если в следующем за циклом чтения режимом текущий стартовый символ равен 11, то происходит повтор цикла чтения (см. рис. 12). Данные по адресу, равному предыдущему адресу плюс единица, выводятся на выход TDI последовательно, младшими разрядами вперед. После это

го адрес автоматически инкрементируется и происходит ожидание следующего высокого уровня сигнала STROBE. Если следующий за ним стартовый символ 11, то происходит повтор чтения, а затем инкремент адреса и т.д. Разрядность данных соответствует разрядности данных предыдущего цикла чтения.

Если предыдущий режим работы является полным циклом и текущий стартовый символ 11, то происходит повтор цикла записи (см. рис. 13) по линии TDI по адресу, равному предыдущему плюс единица. Затем происходит вывод на выход TDI состоя-

ния сигнала BUSY (аналогично режиму полного цикла). После окончания записи адрес автоматически инкрементируется и ожидается следующий высокий уровень сигнала STROBE. Если следующий стартовый символ 11, то происходит повтор записи, а затем инкремент адреса и т.д. Разрядность данных соответствует разрядности данных предыдущего полного цикла.

Рабочий диапазон напряжения питания микросхемы 5576PT1У составляет 3...3,6 В, температурный диапазон –60...125°C. Ток потребления в режиме хранения при напряжении питания 3,6 В и температуре +125°C (худшие условия для этого параметра) не превышает 500 мкА. Динамический ток потребления в режиме чтения информации не превышает 40 мА при напряжении питания 3,6 В и температуре –60°C (худшие условия для этого параметра). Микросхема выпускается в 64-выводном металлокерамическом корпусе 5134.64-6.

Подробную информацию о представленных в статье микросхемах однократно программируемых ПЗУ можно найти на интернет-странице производителя [www.milandr.ru](http://www.milandr.ru). ©

## Новости мира News of the World Новости мира

### SK Hynix покинула тройку лидеров рынка флэш-памяти

Согласно данным аналитического агентства DRAMeXchange, в 2012 году продажи флэш-памяти компании Samsung Electronics сократились на 4,9%. Несмотря на это, южнокорейский гигант продолжает удерживать лидерство в отрасли.

Выручка Samsung от продаж NAND-чипов в 2012 году составила \$7,29 млрд. Это обеспечило ей долю на рынке в размере 38,2%. Второе место заняла компания Toshiba с долей 27,9%. Тройку лидеров замыкает Micron Technology с долей 13,9%.

Если первые две позиции остались неизменными, то появление на третьем месте компании Micron нельзя обойти вниманием. В 2012 году ей удалось обойти своего главного конкурента – компанию SK Hynix, доля которой снизилась с 12,3 до 11,9%. Выручка Micron увеличилась на 9,7% за год, тогда как доходы SK Hynix упали на 10,1%. Выручка Toshiba снизилась на 14,6% по сравнению с 2011 годом, но большое опережение ближайших преследователей позволяет ей пока оставаться недосыгаемой.

В целом совокупная выручка в отрасли NAND-микросхем в 2012 году снизилась на

6,6% – до \$19,06 млрд. В четвертом квартале выручка выросла на 14,6% по сравнению с третьим кварталом, что объясняется ростом спроса на флэш-память благодаря выпуску множества новых смартфонов и планшетов.

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

### «Ангстрем» обратится в Сбербанк

Российский производитель микросхем «Ангстрем» собирается подписать со Сбербанком несколько взаимосвязанных договоров об открытии невозобновляемых кредитных линий и договора банковской гарантии. Этот вопрос вынесен на рассмотрение совета директоров компании.

По словам представителя компании Алексея Дианова, займы будут потрачены на финансирование работ предприятия по государственным контрактам на выполнение опытно-конструкторских работ.

Пресс-служба Сбербанка пока никак не прокомментировала озвученную информацию.

По итогам 2010 г. около 35% выручки «Ангстрема» приходилось на долю госзаказов. В 2011 г. предприятие подписало контракт с Минобороны на выполнение опыт-

но-конструкторских работ «Унификация» на сумму 3,8 млрд руб. При этом стоимость активов предприятия на момент заключения сделки составляла 2,9 млрд руб.

В 2011 г. выручка «Ангстрема» составляла 1,9 млрд руб., а активы компании были оценены в 4,5 млрд руб.

Компания производит интегральные микросхемы для оборонной, космической и атомной отраслей промышленности, комплексов и систем цифровой связи. Более 50% коммерческой продукции предприятия (кристаллы на пластинах и микросхемы) экспортируется. Основные конечные потребители кристаллов на пластинах и микросхем «Ангстрема» на внешнем рынке – сборочные заводы в Юго-Восточной Азии, производящие электронную аппаратуру массового спроса.

В холдинг «Ангстрем» входят ОАО «Ангстрем», ОАО «Ангстрем-М», ОАО «Сборочное производство «Ангстрем»» (СП «Ангстрем»), ОАО «НПО Ангстрем», ОАО «Ангстрем-Т», «Ангстрем-2М» и «Ангстрем-Дизайн». Группа подконтрольна бывшему министру связи Леониду Рейману.

<http://rosrep.ru/>



# Новости мира News of the World Новости мира

## ЖК Ultra HD-панели: в 2013 году будет отгружено 2,6 млн

В 2013 году, согласно прогнозам аналитического агентства DisplaySearch, на рынок будет поставлено 2,6 млн жидкокристаллических телевизионных панелей со сверхвысоким разрешением 3840 × 2160 пикселей (Ultra HD).

В настоящее время производители фокусируются на разработке и развитии передовых технологий, которые должны способствовать росту популярности формата Ultra HD. В частности, работа проводится в таких направлениях, как создание конструкции с ячейками высокой прозрачности, высокопроизводительного драйвера интегрированных схем, модулей подсветки с высокой эффективностью.

Среди ведущих игроков данного сегмента необходимо отметить компанию Innolux Corporation, которая ведёт разработку полной линейки продуктов с разрешением Ultra HD и диагоналями от 39 до 85 дюймов. При этом самыми популярными размерами, как ожидают производители, окажутся модели с диагоналями 50, 55, 58 и 65 дюймов.

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

## STMicroelectronics рассталась с Ericsson

Крупнейший европейский производитель микроэлектроники STMicroelectronics NV (STM) и шведская Ericsson прекратили сотрудничество в совместном предприятии ST-Ericsson – компании не смогли найти на него покупателя. Разделение активов закончится до конца года.

Как сообщается, при разделении активов (50 на 50 между Ericsson и STM) будет уволено 1,6 тыс. сотрудников ST-Ericsson.

Предприятие, находящееся в Женеве, занималось в основном разработкой и производством платформ для мобильных телефонов и другого телекоммуникационного оборудования. С момента создания СП STM опустилась в рейтинге мировых производителей микроэлектроники с пятого на седьмое место.

Генеральный директор STM Карло Бозотти отметил, что в течение последнего года прорабатывались различные сценарии развития совместного предприятия, но возможность закрытия всегда оставалась на рассмотрении.

Ericsson получит контроль над бизнесом по разработке чипов для мобильного LTE, в то время как STM займётся оставшейся продуктовой линейкой и производственными мощностями СП.

По словам Карло Бозотти, по плану разделения активов Ericsson оставит при себе около 1,8 тыс. персонала СП из 4450 работников.

Как ранее сообщал ComNews, STM планировала создать совместное предприятие и с российским производителем чипов «Ситроникс Микроэлектроника» для выпуска микроэлектромеханических систем (МЭМС) по обработке видеосигнала, применяющихся в электронных системах автомобилей и мобильных устройств. Стороны также обсуждали возможность поставки микрочипов для программы «Умный дом».

Ранее STM передала России и «Ситроникс Микроэлектроника», в частности, технологию производства чипов 90 нм и помогла в её внедрении на российских предприятиях.

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

Honeywell

FLUKE

EPCOS

SICK

VISHAY

BOURNS  
Reliable Electronic Solutions

ICR

TE  
connectivity  
Authorized Distributor

Panasonic

crydom

DATA VISION

MITSUBISHI  
ELECTRIC

Kingbright

muRata  
Innovator in Electronics

velleman

## StrongIRFET

транзисторы 40 В высокой надежности



### Промышленные N-канальные транзисторы со сверхнизким сопротивлением канала (Rds(on)) и высоким рабочим током до 195 А

Наименование	Напр-е пробоя, В	Ток коллектора (25°C), А	Сопр-е канала Rds(on) макс.(10В), мОм	Заряд затвора (10В), нКл	Корпус
IRFR7440TRPbF	40	90	2.5	89	D-Pak
IRFS7437TRL7PP	40	195	1.5	150	D2-7pin
IRFS7437TRLPbF	40	195	1.8	150	D2-Pak
IRFS7440TRLPbF	40	120	2.8	90	D2-Pak
IRFH7004TRPbF	40	100	1.4	134	PQFN56
IRFH7440TRPbF	40	85	2.4	92	PQFN56
IRFH7446TRPbF	40	85	3.3	65	PQFN56
IRF7946TRPbF	40	90	1.4	141	DirectFET
IRFB7430PbF	40	195	1.3	300	TO-220AB
IRFB7434PbF	40	195	1.6	216	TO-220AB
IRFB7437PbF	40	195	2	150	TO-220AB
IRFB7440PbF	40	120	2.5	90	TO-220AB
IRFB7446PbF	40	118	3.3	62	TO-220AB
IRFP7430PbF	40	195	1.3	300	TO-247

#### Особенности:

- сверхнизкое сопротивление канала в открытом состоянии Rds(on)
- высокий рабочий ток
- широкий модельный ряд транзисторов

Применение: аккумуляторы, инвертеры, UPS, инвертеры на солнечных батареях, DC привода, ORing и серверы с «горячей» заменой

Узнай больше: [www.irf.ru/strongirfet](http://www.irf.ru/strongirfet)

www.platan.ru  
**ПЛАТАН**

Офисы в Москве: м. Молодежная: ул.Ивана Франко, 40, стр.2, (495) 97 000 99, platan@aha.ru;  
м. Новослободская: 1-й Щемилевский 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

# Конструктивно-технологические особенности ДМОП и БТИЗ, устойчивых к спецфакторам

Владимир Бойко, Борис Бубукин, Александр Кастрюлёв (г. Воронеж)

**Проблемы устойчивости ЭКБ силовой электроники к различным видам ионизационного излучения не теряют актуальности и по сей день. ОАО «ВЗПП-С», имея более чем 15-летний опыт разработки и производства полупроводниковых приборов, интенсивно занимается данными вопросами и предлагает свои решения.**

В 2003 году завод освоил серийное производство БТИЗ KE705A/Б/В/Г для электронного зажигания автомобилей. В этих приборах впервые удалось практически решить проблему паразитного тиристора при переключении тока коллектора 14 А на напряжение 360 или 400 В для разных групп, а также решить проблему получения диодов Зенера в слое поликремния с заданными значениями пробивного напряжения и токов утечки. Наличие диодов Зенера в цепях затвор-эмиттер и затвор-коллектор делает эти транзисторы устойчивыми к статическому электрическому разряду с напряжением до 6000 В. В дальнейшем были отработаны технологические процессы производства мощных низкочастотных БТИЗ (время выключения менее 1,5 мкс) на напряжения 600 и 1200 В и постоянный ток 50 и 35 А соответственно. Но в условиях дороговизны эпитаксиального кремния и жёсткой конкуренции со стороны западных фирм, отечественные разработки не получили путёвку в жизнь.

Космические исследования и практическое использование космического пространства, развитие ядерной энергетики и необходимость защиты электронной аппаратуры в условиях радиационного излучения потребовали от производителей электронной аппаратуры и, как следствие, от производителей компонентов этой аппаратуры повышения стойкости к воздействию этих спецфакторов (СФ).

Выяснилось, что излучения оказывают воздействие практически на все слои полупроводниковых (п/п) приборов как в процессе воздействия, так и оставляют следы после прекращения воздействия.

Известны [4] следующие основные эффекты воздействия радиационного излучения (в т.ч. ТЗЧ космического пространства) на п/п приборы и радиоэлектронную аппаратуру:

- структурные повреждения п/п прибора, приводящие к изменению времени жизни и концентрации носителей;
- дозовые эффекты в окислах и на границах раздела окисел-полупроводник, приводящие к изменению зарядов в МОП-структурах;
- фотоэффекты в р-п-переходах, приводящие как к возникновению избыточных токов в проводниках, так и к проявлению тиристорного эффекта;
- эффекты одиночных событий при воздействии протонов, ТЗЧ и термоядерных нейтронов, приводящие к потере информации, прожигу или тиристорному эффекту;
- электромагнитные эффекты, приводящие к наведению потенциалов, паразитных токов и электрическим пробоям.

Российские предприятия не остались в стороне от решения проблем повышения радиационной стойкости производимой ими ЭКБ. С 70-х годов прошлого столетия завод ВЗПП-С выпускает серию радиационностойких микросхем по технологии КСДИ, по которой диэлектрическая изоляция компонентов предохраняет микросхемы от тиристорного эффекта и фотоэффектов в р-п-переходах.

По этому пути в настоящее время идут все производители радиационно-стойких микросхем на основе Si, технологии КНС и КНИ – это практическое развитие технологии КСДИ в современных условиях. Однако технологические особенности создания ЭКБ силовой электроники требуют более специфичного подхода к методам повышения устойчивости к СФ.

Современные силовые ДМОП-транзисторы и БТИЗ – это, по сути, БИС с большим количеством (более 50–100 тыс.) элементарных ячеек, параллельно соединённых полевых транзисторов, на одном кристалле, состоящих из следующих конструктивных элементов:

- *подложки*, представляющей кремниевую эпитаксиальную или неэпитаксиальную пластину с заданными значениями толщины  $d$  и удельного сопротивления  $\rho$  в соответствии с параметрами транзистора;
- *матрицы ячеек латерального или канавочного (трени)* МОП-транзистора с заданной конструкцией ячеек: шаг и форма ячеек, расстояние между ячейками, глубина канальной, истоковой и других областей, толщина подзатворного диэлектрика, определяющих основные параметры транзистора;
- *периферийной области транзистора*, расположенной между матрицей ячеек и краем кристалла, определяющей в большой степени пробивное напряжение транзистора.

Разберём последовательно виды воздействий и решения, используемые в силовых приборах, для их частичной нейтрализации с целью повышения радиационной стойкости.

1. Структурные повреждения п/п прибора, влекущие за собой изменение времени жизни и концентрации носителей, в итоге приводят к снижению значений пробивного напряжения и токов утечки. Причём очевидно, что наиболее страдает поверхность п/п. При этом наибольшее влияние оказывается на более высокоомную область п/п, какой и является периферия.

Периферия большинства современных высоковольтных транзисторов (да и диодов тоже) обычно представляет собой набор диффузионных областей в виде концентрических окружностей вокруг активной области. Расстояния между кольцами задаются в соответствии с необходимым значением пробивного напряжения и с учётом удельного сопротивления кремния.

Недостатком кольцевой периферии является то, что они занимают «лишнее» место на периферии п/п, т.к. сами кольца имеют определённую ширину, а расстояния между ними открыты для проникновения подвижных ионов, а также подвержены полемому воздействию зарядов в окисле. В результате воздействия ионизирующих излучений изменение удельного со-

противления поверхности п/п нарушает условия оптимальности расстояний между кольцами, что может приводить как к повышению утечек, так и к снижению пробивных напряжений.

- Дозовые эффекты в окислах и на границах раздела окисел-полупроводник, приводящие к изменению зарядов в МОП-структурах и, как следствие, к изменению порогового напряжения и поверхностного сопротивления, приводящего к снижению пробивного напряжения и повышению утечек по периферии ПП.
- Фотоэффекты в p-n-переходах и эффекты одиночных событий при воздействии протонов, ТЗЧ и термоядерных нейтронов, приводящие к отпирианию паразитных p-n-p-транзисторов в ячейках n-канальных (или p-n-p-транзисторов в ячейках p-канальных) ДМОП-транзисторов, а в БТИЗ совместно с активным p-n-p-транзистором – к транзисторному эффекту.
- Электромагнитные эффекты, приводящие к наведению потенциалов и электрическим пробоям подзатворного диэлектрика (см. рис. 1 [3]), имеющего пробивное напряжение

от 30 В (гарантируется 100% контролем) до 80 В фактически.

Для снижения уровней отрицательного воздействия каждого из вышеперечисленных факторов радиационного излучения разработчиками ВЗПП-С предложены следующие конструктивно-технологические решения:

- Защита подзатворного диэлектрика диодами Зенера в слое поликремния (см. рис. 2), что повышает более чем на порядок стойкость транзисторов к статическим электрическим разрядам.
- Опыт изготовления диодов Зенера в слое поликремния позволил не только разработать БТИЗ для систем электронного зажигания автомобилей, защищённого от статэлектрических разрядов до 6000 В, но и разработать в дальнейшем спиральную периферию в слое поликремния с ДЗ (см. рис. 3), нечувствительную к стационарным и подвижным зарядам в межслойном и защитном (пассивирующем) диэлектриках. Преимущества спиральной периферии заключаются в том, что она:
  - занимает меньше места, чем кольцевая (нет затрат поверхности

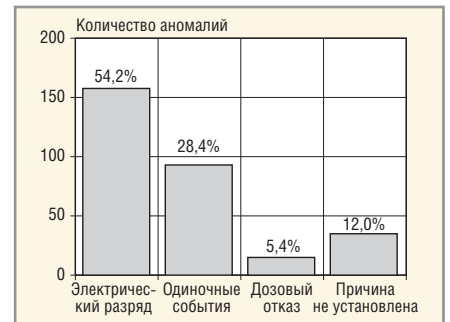


Рис. 1. Влияние эффектов электризации на РЭА космических аппаратов

на диффузионные кольцевые области);

- экранирует поверхность периферии п/п от воздействия полей зарядов, расположенных выше слоя поликремния, в котором изготовлена спираль.

Кроме того, расстояния между витками зависят только от стойкости межвиткового диэлектрика к распределённому напряжению между витками по формуле:

$$0,5T > w > K \times U_w / E_{кр.д.}, \quad (1)$$

где  $T$  – шаг спирали,  $w$  – расстояние между витками спирали,  $U_w$  – напря-



## ОАО «Воронежский Завод Полупроводниковых Приборов - Сборка»

### НОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ:

1. Выпрямительные быстродействующие мосты 2М142А - 2М145А (400В, 600В; 1,0А, 10А)
2. Биполярные транзисторы с изолированным затвором 2Е901А - 2Е901В (1700В, 2500В; 15А - 35А)
3. Модули силовые (50В - 200В; 120А - 360А)
4. Стабилизаторы напряжения 1334, 1335:
  - с фиксированным выходным напряжением (2,85В, 3В, 3,3В, 5В; 0,1А)
  - с фиксированным выходным напряжением (1,8В, 2,5В, 3,3В, 5В; 5,0А)
  - с фиксированным напряжением отрицательной полярности (-5В; 0,1А)
  - с регулируемым выходным напряжением положительной полярности (1,25В; 5,0А)

Контакты: (473) 223-69-51 (473) 223-69-16
www.vzpp-s.ru market@vzpp-s.ru

Реклама

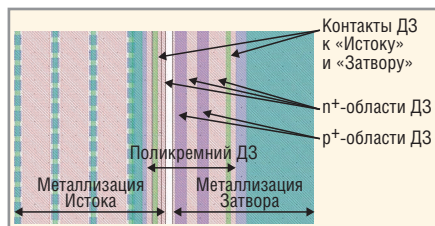


Рис. 2. Конструкция диодов Зенера в слое поликремния вокруг ВКП–«Затвор»

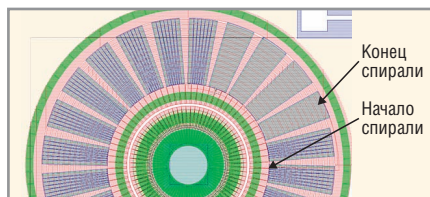


Рис. 3. Высоковольтный диод со спиральной периферией в слое поликремния с ДЗ (показано без металлизации)

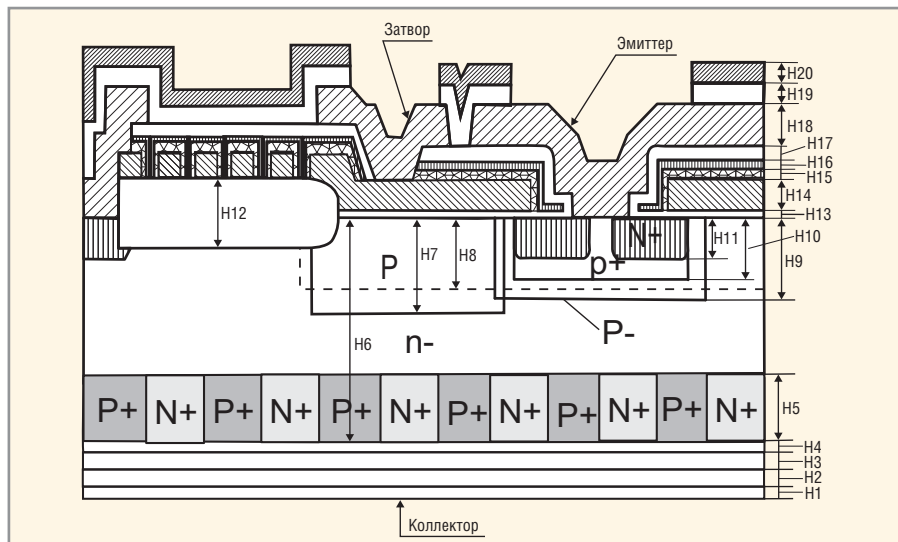


Рис. 4. Мощный радиационно-стойкий быстродействующий БТИЗ с обратным диодом и периферией в виде спирали с ДЗ и с ДЗ-защитой «Затвор-Исток» в слое поликремния

жение между соседними витками спирали,  $E_{кр.д.}$  – критическая напряжённость поля в диэлектрике между витками спирали перед пробоем,  $K$  – коэффициент запаса по пробивному напряжению диэлектрика между витками спирали и, следовательно, не зависит от удельного сопротивления кремния, т.е. спираль не теряет своих свойств при воздействии ионизирующих излучений, что выражается в снижении утечек и повышении стабильности пробивного напряжения относительно п/п с кольцевой перифе-

рией, занимающей равную поверхность.

3. Использование специального радиационно-стойкого технологического процесса, при котором подзатворный диэлектрик не подвергается температурным обработкам выше температуры его образования, что повышает стабильность порогового напряжения. Специально проведённая работа [2] по анализу дефектообразования в подзатворном диэлектрике МОП-транзисторов в технологическом процессе изготовления силового МОП-транзистора в рамках НИР «Ис-

следование и разработка технологии изготовления радиационно-стойких силовых транзисторов» позволила определить операцию, наиболее ответственную за максимальное влияние на дефекты в подзатворном диэлектрике (см. таблицу), и найти способ их снижения.

4. Использование самосовмещённых технологических процессов, при которых значительно ослабляется коэффициент усиления паразитного транзистора, параллельного МОП-транзистору, приводит к значительному повышению стойкости к тиристорному эффекту при переключении высоких значений тока в условиях работы п/п с индуктивной нагрузкой и высокой энергией лавинного пробоя без ограничения пробивного напряжения.

Повышение стойкости к тиристорному эффекту в свою очередь повышает стойкость к фотоэффектам в р-п-переходах и эффектам одиночных событий при воздействии протонов, ТЗЧ и нейтронов.

Приведённый выше опыт позволил создать ряд высоковольтных радиационно-стойких БТИЗ с обратным диодом [5] на напряжения 1200 и 1700 В и постоянный ток 35 и 20 А (время выключения менее 150 нс), конструкция которого приведена на рисунке 4.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Патент № 2379786 от 02.09.2008 г. «Периферия полупроводникового прибора, нейтрализующая влияние зарядов на стабильность обратных утечек и пробивного напряжения». ОАО «ВЗПП-С».
2. Попов В.Д. Отчёт по теме «Анализ дефектообразования в подзатворном диэлектрике МОП-транзисторов в технологическом процессе их изготовления» в рамках НИР «Исследования и разработка технологии изготовления радиационно-стойких силовых транзисторов». 2006 г.
3. Герасимчук О.А., Епифанцев К.А., Скоробогатов П.К. «Подпороговые эффекты повреждения микросхем при воздействии на их выводы серий импульсов напряжения». ОАО «ЭНПО СПЭЛС» НИЯУ «МИФИ». Доклад на конференции 2011 г. (г. Нижний Новгород).
4. Улимов В.Н. «Базовые механизмы формирования радиационных эффектов в п/п, ИС и РЭА». Доклад на конференции 2010 г. (г. Пичунда).
5. Патент № 2370855 от 18.02.2008 г. «Транзистор с ограничением тока и способ его изготовления». ОАО «ВЗПП-С».

**Результаты расчёта концентрации дефектов оксида кремния**

№	Наименование операции	T+273, К	t, мин	N <sub>деф.обр.</sub> , см <sup>-3</sup>	N <sub>деф.</sub> , см <sup>-3</sup>
1	Формирование подзатворного оксида	1123	80	4,23×10 <sup>15</sup>	4,23×10 <sup>15</sup>
2	Осаждение материала затвора	913	240	2,53×10 <sup>16</sup>	2,52×10 <sup>16</sup>
3	Формирование р+ областей. Разгонка бора	1273	60	4,75×10 <sup>18</sup>	4,76×10 <sup>18</sup>
		1423	360	1,88×10 <sup>21*</sup>	1,88×10 <sup>21*</sup>
		1273	90	1,07×10 <sup>19</sup>	1,80×10 <sup>20</sup>
4	Формирование п+ областей. Разгонка фосфора	1213	30	3,85×10 <sup>17</sup>	1,31×10 <sup>20</sup>
5	Формирование межслойного диэлектрика	1073	180	6,15×10 <sup>17</sup>	2,10×10 <sup>19</sup>
		1173	20	7,59×10 <sup>16</sup>	1,88×10 <sup>19</sup>
		1075	180	6,47×10 <sup>17</sup>	3,79×10 <sup>18</sup>
		1123	15	1,42×10 <sup>16</sup>	3,67×10 <sup>18</sup>
6	Отжиг контактов	1123	70	3,10×10 <sup>17</sup>	3,43×10 <sup>18</sup>
7	Вжигание алюминия	783	20	3,45×10 <sup>11</sup>	3,43×10 <sup>18</sup>
8	Осаждение защитного оксида	723	60	1,44×10 <sup>11</sup>	3,43×10 <sup>18</sup>
9	Снятие механических напряжений	623	180	4,49×10 <sup>7</sup>	3,43×10 <sup>18</sup>

\* Наибольшую концентрацию дефектов вносит операция «Разгонка бора»

# Новости мира News of the World Новости мира

## «Родник» продемонстрирует на «ЭкспоЭлектронике» новые возможности Altium Designer

Во время проведения выставки «Экспо-Электроника-2013» на стенде НПП «Родник» будет продемонстрирована новая версия комплексной системы проектирования электронных устройств на уровне печатных плат и ПЛИС Altium Designer 2013, которая позволяет разработчикам вести совместный проект, начиная с создания принципиальной схемы до подготовки проектов к производству.

В рамках выставки Алексей Евгеньевич Сабунин, ведущий преподаватель Учебно-консультационного центра «Родник», проведёт семинар «Altium Designer 13. Новые возможности». Мероприятие пройдет 10 апреля с 13:00 до 15:00 в конференц-зале № 3.

Среди новинок на стенде НПП «Родник» можно будет также увидеть новые версии интегрированных пакетов разработки СВЧ-устройств FEKO 6.2 и Antenna Magus 4.2. Помимо продукции САПР специалисты компании представят измерительную технику компаний Femto (Германия) и Keithley (США), а также универсальные системы коммутации производства Universal Switching Corporation (США).

Приглашаем специалистов посетить стенд компании «Родник» на выставке

«ЭкспоЭлектроника-2013», которая пройдет с 10 по 12 апреля в МВЦ «Крокус Экспо» (павильон № 1, зал № 3, стенд О07).

[www.expoelectronica.primexpo.ru](http://www.expoelectronica.primexpo.ru)

## Новые продукты FASTWEL на семинаре в Самаре

16 апреля 2013 года при поддержке компании ПРОСОФТ и ее филиала в Самаре состоится тематический семинар «День решений FASTWEL».

Участникам мероприятия будет предложен обзор ключевых изделий и новинок данного российского разработчика и производителя электронного оборудования. В ходе работы семинара ведущие специалисты ПРОСОФТ представят конкурентные преимущества, технические характеристики и сферы применения продуктов FASTWEL.

Также пройдет презентация новой серии контроллеров под кодовым обозначением СРМ71Х в линейке модульных ПЛК FASTWEL I/O. При её создании были учтены текущие требования рынка, связанные с увеличением объемов обрабатываемой информации и количества точек ввода/вывода на современных объектах автоматизации.

В программе семинара запланирована демонстрация семейства процессорных и периферийных модулей в форматах CompactPCI и PC/104. Другой блок мероприятия посвящён разработке заказных изделий для специализированных применений на базе серийно выпускаемых продуктов. Отправной точкой создания заказного изделия может быть серийная плата FASTWEL, встраиваемый или панельный компьютер или же компьютерный модуль (COM). Такой подход позволяет заказчику в короткие сроки получить решение с требуемой функциональностью по оптимальной цене.

Мероприятие будет интересно системным интеграторам и техническим специалистам отделов АСУ ТП промышленных, транспортных и оборонных предприятий. В ходе семинара на мини-выставке будут представлены демонстрационные образцы. Все желающие смогут получить консультации по использованию представленного оборудования в конкретных проектах.

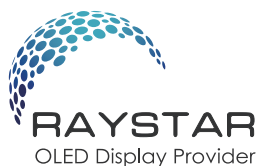
Место проведения: г. Самара, ул. Мичурина, 23А, БЦ «Экспо-Волга».

Участие бесплатное. Для необходимой предварительной регистрации на семинар требуется заполнить электронную форму на сайте или обратиться к организаторам.

**ПРОСОФТ-Самара:**

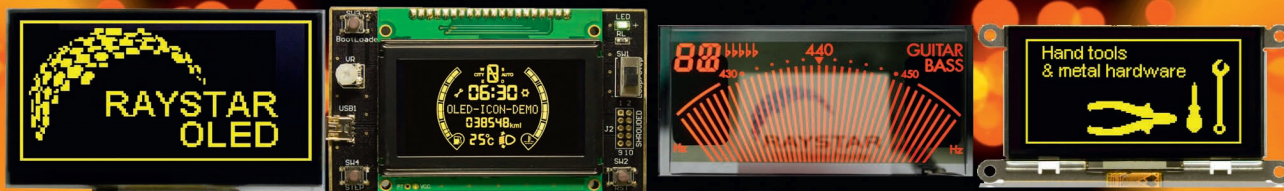
**Тел.: +7 (846) 277-9165, 277-9166**

**info@samara.prosoft.ru**



## Лучшая замена ЖК-панелям

### OLED-дисплеи 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)
- Светозмиссионная 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 OPTONICS

**PROSOFT®**

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



Реклама

# Форм-фактор StackPC – новый подход к разработке встраиваемых модулей и систем

## Часть 1. Защищённые компьютеры на базе одноплатных, Stack- и COM-модулей

Алексей Сорокин (Москва)

Рассмотрены защищённые компьютеры на базе трёх видов встраиваемых изделий – одноплатных компьютеров, COM- и стековых модулей, таких как PC/104 или StackPC, а также методы разработки защищённого оборудования на их основе. Кратко описаны спецификации PC/104 и StackPC.

### ЗАЩИЩЁННЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ И МЕТОДЫ ИХ РАЗРАБОТКИ

Отечественные и иностранные производители компьютерного оборудования предлагают множество разнообразных решений для всех областей науки и техники. Существует огромный выбор электронных компонентов, модулей и готовых систем. Каждое изделие, будь то компонент модуля или компонент системы, характеризуется своей степенью завершенности и областью применения.

Когда перед разработчиком ставится задача интеграции нового решения во вновь разрабатываемую или модернизируемую систему, необходимо уделить значительное время подбору элементной базы, учитывая требования технического задания. Решение данной задачи, в большинстве случаев, можно свести к двум вариантам: разработке новой или модификации имеющейся системы. В итоге должна получиться система, адаптированная под конкретную задачу. В данном случае под адаптацией можно понимать разработку нового изделия с применением имеющейся элементной базы по отдельному техническому заданию либо модернизацию имеющегося решения под новые требования без существенной переработки изделия.

Основным отличием разработки новой системы от адаптации является степень универсальности получаемого изделия. При разработке нового изделия под конкретную задачу мы получаем специализированное изделие, возможно, с некоторым избыточным функционалом на будущее. Такое изделие может идеально вписаться в систему, поскольку в нём нет ничего лиш-

него и универсального, в широком смысле этого слова, а форм-фактор и расположение компонентов изделия определяются конкретной системой.

Примером таких изделий являются ноутбуки. Для каждой модели производитель разрабатывает новую материнскую плату, систему охлаждения, корпус, клавиатуру и т.п. Стандартными узлами являются только модули памяти, дисковая подсистема, матрица дисплея и разъемы расширения, такие как miniPCI-express, для установки дополнительных модулей. Разрабатывая такое изделие, производитель несёт дополнительные издержки. Во-первых, необходимо провести полноценные лабораторные, стендовые, определительные и приёмочные испытания, а также поставить изделие на производство. Во-вторых, серийность такого изделия, а, возможно, и серийность его компонентов будет ниже, чем выпускаемых аналогов. Следовательно, стоимость разработки и выпуска новой модели всегда выше стоимости адаптации и производства модифицированного изделия. Поэтому новые изделия заметно дороже популярных серийных продуктов.

Но если изделие востребовано, его цена со временем заметно снижается. Заказчику, как всегда, требуется качественное изделие по возможно низкой цене, а производитель заботится о рентабельности: для него выгоднее заниматься разработкой удачных изделий и их модификаций. Поэтому адаптации уделяется всё больше внимания, и практически каждое новое изделие для открытого рынка содержит большой потенциал модификации без существенных затрат времени и сил.

Возможность адаптации изделия, на примере защищённых компьютеров, зависит от следующих факторов: стандартизации применяемых модулей, их технологичности, сложности разводки соединений внутри изделия и технологичности механических составляющих – корпуса, теплоотвода, крепления модулей и т.п. В зависимости от решаемых задач к изделию могут предъявляться дополнительные требования по надёжности – от электрических и механических характеристик до электромагнитной совместимости, работки на отказ, степени защищённости корпуса, разъёмов и кабелей. Данные требования влияют на выбор элементной базы и конструкцию корпуса изделия. Например, такое понятие, как «защищённый», с применением общепринятой системы классификации IPxx (Ingress Protection Rating, Степень Защищённости от Проникновения), сложно распространить на модуль или набор модулей, не установленных в корпус. Но для системы, состоящей из набора модулей, корпуса или каркаса, защищённость является неотъемлемой характеристикой.

Если к системе предъявляются, например, требования IP65, то они будут распространяться и на интерфейсные разъёмы, и, как следствие, повлияют на способы вывода интерфейсов внутри корпуса. В итоге это приведёт к необходимости выбора изделий определённого форм-фактора. (В отсутствие требований IPxx можно использовать обычный одноплатный компьютер со стандартными разъёмами и установить его в негерметичный корпус.)

Требование IP65 обуславливает герметичные разъёмы и разводку интерфейсных кабелей внутри корпуса. Применение одноплатного компьютера со стандартными интерфейсными разъёмами приведёт к громоздкой разводке, поскольку ответные части стандартных разъёмов далеко не миниатюрные. Необходимо также позаботиться о кондуктивном теплоотво-

# ДОЛОМАНТ

ЗАО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «ДОЛОМАНТ»

## ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА СЛУЖБЕ ОТЕЧЕСТВУ

### Контрактное производство

электронных изделий любой сложности по конструкторской документации заказчика

#### ★ Электронные компоненты

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

#### ★ Монтаж печатных плат

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

#### ★ Поставка печатных плат

ДОЛОМАНТ является партнером мировых лидеров по производству печатных плат

#### ★ Сборка приборов, стоек, шкафов

Полный цикл производства электроники

### Заказные разработки

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

### Разработка и производство электронного оборудования и программного обеспечения

Более 500 изделий для специальных применений и жестких условий эксплуатации

### Поставка в качестве второго поставщика

Более 400 000 наименований изделий иностранного производства под контролем военного представительства

### Специальные проверки и исследования

Приемка ОТК и контроль ВП МО РФ. ГОСТ Р ИСО 9001-2008 и ГОСТ РВ 15.002-2003

**Контакты** Россия, 117437, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 108  
Тел.: (495) 232-20-33, факс: (495) 232-1654  
Web: [www.dolomant.ru](http://www.dolomant.ru), E-mail: [info@dolomant.ru](mailto:info@dolomant.ru)  
**Заказные разработки** E-mail: [cd@dolomant.ru](mailto:cd@dolomant.ru)

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



Реклама

© СТА-ПРЕСС

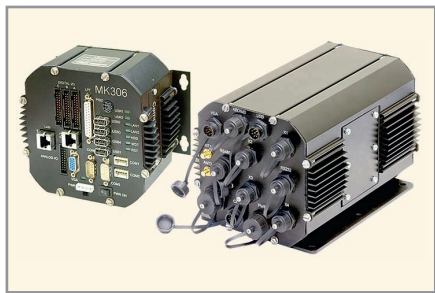


Рис. 1. Пример компьютеров со степенями защиты IP20 и IP65

де из герметичного корпуса. Он не стандартизован для одноплатного компьютера, оснащённого, как правило, ребристым радиатором, а не пластиной, отводящей тепло на корпус. Поэтому требование IP65 к корпусу защищённого компьютера, скорее всего, приведёт к выбору модулей таких распространённых форм-факторов, как COM или ETX (с разработкой платы-носителя), PC/104-plus или PC/104-express (с набором периферийных модулей) (см. рис.1). Безусловно, возможны и другие варианты, но они обойдутся дороже и поэтому менее популярны.

Каждый производитель по-своему решает вопросы степени соответствия модулей тем или иным стандартам и реализует обеспечение требований по защищённости разрабатываемой системы. Часто при работе с изделиями (модулями) одного стандарта разработчику приходится использовать различные методы построения похожих систем только потому, что аналогич-

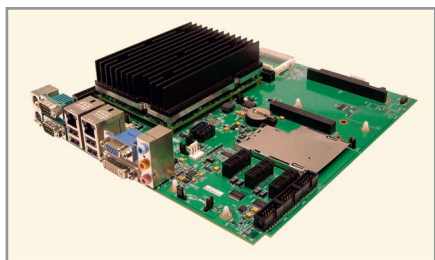


Рис. 3. Модуль COM-Express, установленный на плату-носитель

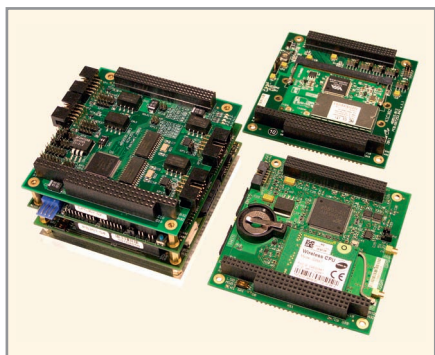


Рис. 4. Стековые модули PC/104-plus

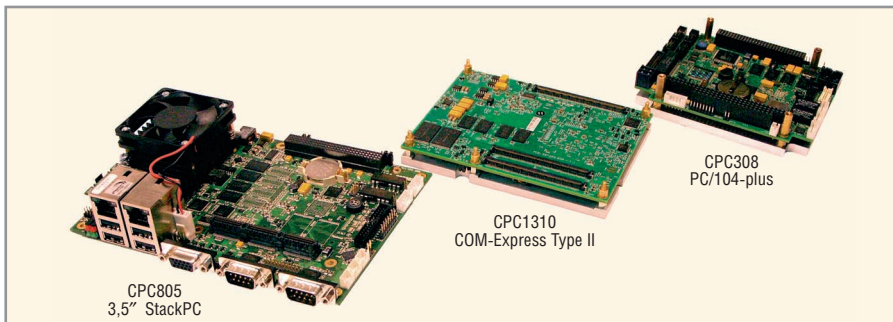


Рис. 2. Модули: одноплатный 3,5", COM-Express и стековый PC/104-plus

ные узлы у двух изделий, соответствующих одному стандарту, сделаны по-разному. Это может быть вызвано отступлениями от стандарта или, наоборот, отсутствием требований в стандарте, например, по расположению основных компонентов и узлов.

Необходимо понимать, что любой стандарт может описывать только ключевые моменты, общие для всех модулей. Чем больше таких моментов выделено и описано в стандарте, тем лучше совместимость модулей от различных производителей. Однако излишняя детализация стандарта приведёт к ограничению производителей. Поэтому не существует единого подхода к реализации «универсальной защищённой системы», но есть решения конкретных задач, предлагаемые разными производителями.

Разновидности защищённых систем и способы их построения были описаны автором в статье «Промышленные компьютеры для встраиваемых систем», СТА № 1/2011. Фактически, в каждой сфере применения есть наиболее распространённые стандарты и типы систем, которые можно назвать ключевыми. Среди них можно выделить стековые форм-факторы, предназначенные для построения максимально защищённых и надёжных систем. В данной статье мы рассмотрим следующие методы построения защищённых систем:

- системы на базе одноплатных компьютеров с применением стековых модулей расширения (стандарты EPIC, EBX, 3,5");
- системы на базе процессорных COM-модулей (стандарт PICMG COM.0);
- системы на базе стековых модулей PC/104-Express Type I, II, Universal (стандарт международного консорциума pc104.org);
- системы на базе модулей StackPC (новый стандарт, разрабатываемый и продвигаемый компанией Fastwel, stackpc.org).

## ВСТРАИВАЕМЫЕ РЕШЕНИЯ НА БАЗЕ ОДНОПЛАТНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ

Существуют три вида модулей, которые тесно связаны друг с другом – это одноплатные компьютеры (SBC, Single Board Computer) с возможностью функционального расширения, COM-модули (Computer on Module) и стековые модули (Stack modules). Хотя внешний вид этих модулей сильно отличается (см. рис. 2), они реализуют общий подход к построению систем, называемый стековым.

Например, COM-модуль стыкуется с платой-носителем, к которой, в свою очередь, могут подключаться модули другого форм-фактора (см. рис. 3). Стековые модули семейства PC/104 стыкуются друг с другом без каких-либо дополнительных объединительных плат, организуя легко конфигурируемую и в то же время жёсткую и стандартизованную конструкцию (см. рис. 4). Одноплатные компьютеры, по сути, представляют собой полностью самостоятельные модули стандартизованного или произвольного форм-фактора. Одноплатный компьютер может иметь стандартные интерфейсные разъёмы и, как правило, выпускается в одном из наиболее популярных форм-факторов – EPIC, EBX или 3,5". Причём, если мы говорим о расширяемом одноплатном компьютере, то подразумеваем стандартизованный способ – установку дополнительных стековых модулей – как наиболее подходящий для встраиваемых систем вариант (см. рис. 5).

В последнее время функциональность компонентов расширяется, а габариты микросхем уменьшаются благодаря переходу на новые технологические процессы. Миниатюризация элементной базы позволяет увеличивать насыщенность модулей различными интерфейсами. Не так давно под процессорным модулем понимали только вычислитель, поскольку всю площадь платы занимали процессор и



системная логика. Сегодня один процессорный модуль может заменить систему 10-летней давности. При разработке процессорного модуля на современной элементной базе стало сложнее найти место на печатной плате для установки необходимого количества разъёмов ввода-вывода, нежели чем для системной логики, обеспечивающей широкий функциональный набор интерфейсов.

Практически любой современный процессорный модуль можно рассматривать как законченный одноплатный компьютер. Однако такой специализированный интерфейс, как CAN, встречается далеко не в каждом процессорном модуле. Именно для реализации таких интерфейсов используются шины расширения, а достаточное количество портов COM, USB, IDE, SATA и LAN присутствует практически в каждом современном процессорном модуле. Тем не менее, одноплатным компьютером по-прежнему называют модули конкретных форм-факторов – ATX, EPIC, EBX или 3,5". Остальные модули имеют предопределённый форм-фактор, в рамках которого они были разработаны, а одноплатными компьютерами являются «по совместительству».

Одноплатный компьютер практически всегда оснащён интерфейсами или шинами расширения функционала посредством стековых периферийных модулей. Поэтому можно утверждать, что если система строится на базе одноплатных компьютеров, применяются стековые периферийные модули расширения для достижения требуемой функциональности. Сам по себе одноплатный компьютер часто является лишь платформой. Безусловно, можно установить в корпус только одноплатный компьютер, и для ряда задач этого будет достаточно. На рынке предлагается множество простых одноплатных ПК, в том числе и корпусированных – так называемые BOX PC и Panel PC (вариант с дисплеем), произведённые в Китае и Тайване (см. рис. 6). По функционалу они напоминают ноутбук без клавиатуры. Если у таких компьютеров появляются ответственное применение и специализированные интерфейсы, возможности установки модулей расширения, требования по защищённости и стойкости к воздействию внешних факторов, то, в подавляющем большинстве, они будут произведены в Европе, США и России (см. рис. 7).

### ВСТРАИВАЕМЫЕ РЕШЕНИЯ НА БАЗЕ COM-МОДУЛЕЙ

Модули COM не применяются отдельно, для них разрабатываются платы-носители (Carrier Board), которые часто содержат дополнительные интерфейсы и шины расширения, так же как и одноплатные компьютеры. COM-модуль, установленный на плату-носитель, фактически является одноплатным компьютером со сменным процессорным модулем, поскольку плата-носитель и процессорный модуль представляют собой единую систему. Процессорный COM-модуль должен обеспечивать не только механическую совместимость с платой-носителем, но и поддерживать весь функционал этой платы. Поэтому программу BIOS для COM-модуля производители дорабатывают под конкретную плату-носитель или предоставляют рекомендованные решения для разработчиков плат-носителей под конкретные COM-модули.

Существует несколько типов COM-модулей – это изделия, выполненные по спецификациям COM Express (PICMG COM.0), ETX/nanoETX и COM-Express mini (Kontron). Остальные спецификации «COM-подобных» решений, такие как CoreExpress, COMIT (SFF-SIG), FCOM, StackPC (Fastwel), менее популярны (см. рис. 8).

Разработать плату-носитель под COM-модуль намного проще, чем процессорный модуль. Печатные платы процессорных модулей могут иметь до 12 слоёв, и до 90% их площади занимают компоненты. Производитель процессорных модулей берёт на себя всю ответственность за проверку качества изготовления и сборки. Например, модули форм-факторов COM, PC/104 и Com-rastPCI достаточно компактны, однако требуют размещения на плате большого числа разнородных компонентов.

Модуль CPC1301 (COM-Express Type 2) торговой марки Fastwel содержит

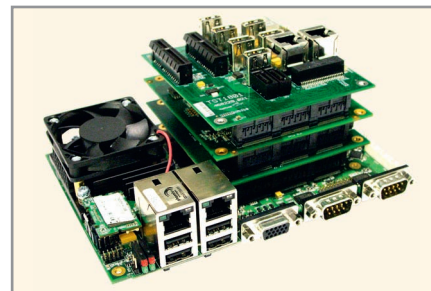


Рис. 5. Одноплатный компьютер CPC805 форм-фактора 3,5" с установленными модулями форм-факторов PC/104-Express и StackPC

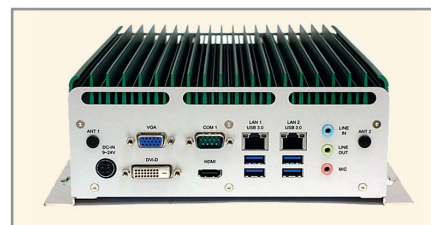


Рис. 6. Системный блок BOX PC ROC335A на базе процессора Core i7 (Perfectron, Тайвань)



Рис. 7. Защищённый компьютер MK905 на базе процессора AMD Geode LX800 (Fastwel, Россия)

1075 компонентов, его плата размером 125×95 мм состоит из 16 слоёв со слепыми отверстиями. Плата-носитель KIB1280 для модуля CPC1301 (COM-Express Type 2) с шиной расширения PC/104-plus содержит 687 компонентов и 6 слоёв в габаритах 244×305 мм. Однако на плате-носителе подавляющее большинство компонентов – это штыревые соединители и интерфейсные разъёмы, фильтрующие конденсаторы, подтягивающие и ограничивающие резисторы, элементы схем цифро-

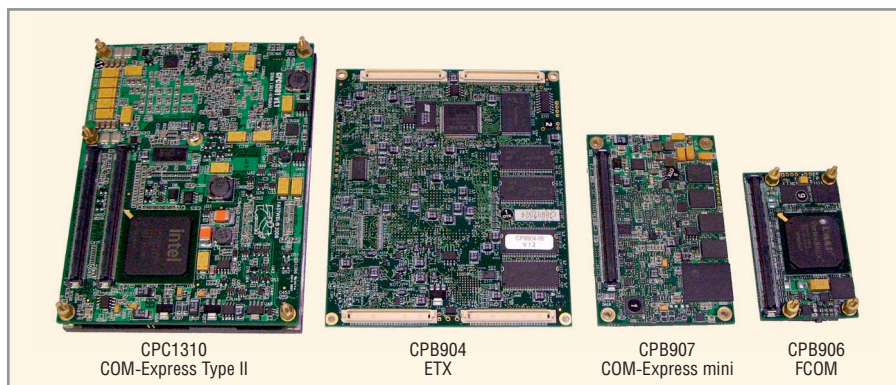
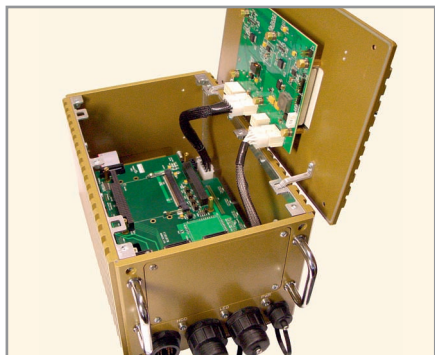


Рис. 8. Модули COM различных спецификаций: COM-Express, ETX, COM-Express mini, FCOM



**Рис. 9. Модульный компьютер МК1301 (Доломант, Россия) на базе модуля COM-Express Type II с кондуктивным теплоотводом на корпус. Применение платы-носителя даёт возможность расширения функционала модулями форм-факторов PC/104-plus, miniPCI и Express CARD**



**Рис. 10. Панельный компьютер BC01 (Fastwel, Россия)**

вой логики и защиты интерфейсов CAN и SDVO (графические интерфейсы для поддержки двух дополнительных дисплеев LVDS). На процессорном модуле, помимо основных громоздких компонентов – процессора с системой охлаждения, системной логики и стабилизаторов питания, необходимо разместить ещё около тысячи пассивных компонентов, без которых работа процессорного модуля будет невозможна.

Это обуславливает существенное различие в технологичности печатных плат: на COM-модуле для реализации заложенного функционала необходимо использовать большее количество слоёв с глубокими отверстиями, а плата-носитель представляет собой обычную 6-слойную печатную плату без особых требований к технологии производства и плотности размещения компонентов. Полный цикл разработки и постановка на производство процессорного COM-модуля занимает от 1 до 2 лет, в зависимости от новизны элементной базы и сложности размещения компонентов, объёма доработок системного и тестового ПО, а также содержания приёмочных и сертификационных испытаний. В свою очередь, разработка платы-носителя занимает от 4 до 6 месяцев, а в

случае адаптации – ускоряется почти до времени закупки компонентов и сборки первых образцов, как правило, от 1 до 3 месяцев. Поэтому преимущества использования COM-модулей очевидны.

Модули COM оснащены стандартизированной системой теплоотвода в виде теплораспределительной пластины (heat-spreader), что позволяет разрабатывать собственные платы-носители и корпуса для любого типа COM-модулей от любого производителя. Если модуль снимают с производства, его можно относительно безболезненно заменить аналогичным модулем, сохранив плату-носитель, разработанный корпус, присоединительные разъёмы и т.п.

Примером применения COM-модулей в России является модульный компьютер МК1301 торговой марки Fastwel, разработанный для жёстких условий эксплуатации. В данном компьютере используются простые, но многофункциональные платы-носители и высокотехнологичный процессорный модуль на базе мощного процессора Core 2 Duo или экономичного Core Solo. Преимуществом такого решения является лёгкая и быстрая адаптация под требования заказчика. Данный компьютер фактически является аппаратной платформой для защищённой вычислительной или управляющей системы (см. рис. 9).

Другим примером могут служить защищённые панельные компьютеры семейства BC всё той же торговой марки Fastwel. Данное изделие также является аппаратной платформой с возможностью быстрой адаптации под конкретные требования заказчика и использует в качестве основы стандартный и широко распространённый модуль CPB904 форм-фактора ETX и плату-носитель. Таким образом, в каждом изделии применяется стандартный серийный процессорный модуль, надёжность которого проверена временем (см. рис. 10).

### **ВСТРАИВАЕМЫЕ РЕШЕНИЯ НА БАЗЕ МОДУЛЕЙ СТЕКОВЫХ ФОРМ-ФАКТОРОВ**

Существуют два основных типа расширяемых систем – магистрально-модульные с применением объединительных плат и стекковые, в которых модули сочленяются друг с другом. Любые другие способы являются комбинацией этих вариантов. Ярким примером магистрально-модульных систем могут служить изделия форм-факторов Com-

растPCI, VME и MicroPC. Заметим, что слотовую систему, например обычные материнские платы форм-фактора ATX со слотами PCI и PCI-express, также можно назвать магистрально-модульной, где в качестве объединительной платы выступает системная плата. В свою очередь, COM-модули можно отнести к стекковым, поскольку они стыкуются с платой-носителем аналогично стекковым модулям. Разница лишь в том, что COM-модуль и плата-носитель выполнены в разных форм-факторах. Наиболее распространённым стекковым решением является PC/104.

В качестве шин расширения стекковые модули используют проходные разъёмы, как в PC/104 и PC/104-plus, или два разнотипных разъёма с двух сторон платы, как в PC/104-express. Соединители подобраны так, чтобы при стыковке модулей сохранялась их взаимная ориентация. Данные разъёмы называют разъёмами шин расширения (Expansion Bus Connectors), различая верхний (TOP) и нижний (BOTTOM) соединители. Назначение контактов разъёмов описано в спецификации. В зависимости от типа заявленного производителем функционала используются те или иные сигнальные цепи, при этом спецификация описывает порядок их использования. Например, периферийный стекковый модуль PC/104-express обязан использовать первый канал PCI-express с разъёма расширения. Не допускается использование второго канала, если не используется первый, поскольку это приведёт к нарушению работы всей системы.

Существенное отличие между стекковыми модулями, одноплатными компьютерами и COM-модулями состоит в типе применяемых интерфейсных разъёмов и принципах использования этих интерфейсов. На стекковых модулях в подавляющем большинстве используются только штыревые соединители для интерфейсных разъёмов и практически никогда не применяются стандартные для персональных компьютеров. Это обусловлено тем, что стекковые модули являются сборочными единицами для различных систем, и вывод интерфейсов осуществляется через специализированные разъёмы, характерные для конкретного решения. Для одноплатных компьютеров применяется максимально возможное количество разъёмов стандартного типа, что обуславливает их область применения – негерметичные BOX PC. COM-мо-

дули вообще не содержат интерфейсных разъёмов, поскольку их интерфейсы выведены на разъёмы шин расширения и рассчитаны на дальнейшее их использование на плате-носителе.

Стековые модули, благодаря компактной и жёсткой конструкции, часто используются в системах, к которым предъявляются повышенные требования по механическим воздействиям. Компактный форм-фактор и невысокие требования к теплоотводу позволяют разрабатывать относительно простые и технологичные корпуса для защищённых систем с возможностью адаптации под требования заказчиков. Примером массовых корпусов для широкого рынка стековых систем могут служить изделия канадской компании Tri-M – CanTainer (см. рис. 11), а примером разрабатываемых и поддерживаемых типов корпусов – продукты IDAN и HiDAN американской компании RTD (см. рис. 12) и корпуса с кондуктивным теплоотводом для модулей PC/104 и StackPC российской компании ДОЛОМАНТ (см. рис. 13). Ограничения по кондуктивному теплоотводу для компактных форм-факторов накладывают ограничения по потребляемой мощности всей системы. Это приводит к тому, что изделия стековых форм-факторов, по сравнению с изделиями CompactPCI и COM-express, разрабатываются в основном для систем управления со средней или низкой производительностью.

Как уже отмечалось, наиболее распространённой стековой системой является семейство PC/104. Известны попытки организовать новые стековые форм-факторы, например SUMIT (SFF-SIG) и StackPC (Fastwel). Однако SUMIT несовместим с PC/104-express.

Стандарты PC/104-express и StackPC будут подробно рассмотрены во второй части данной статьи. Однако, забегая вперёд, можно отметить, что далеко не все модули стандарта PC/104-express совместимы между собой, и данная спецификация не содержит рекомендаций для построения систем, в ней лишь приведены несколько общих примеров стыковки модулей между собой. Поэтому при работе с PC/104 постоянно возникают проблемы: как организовать стек из процессорного модуля, периферийных модулей, источника питания и, возможно, интерфейсного модуля с интерфейсными разъёмами; как эффективно организовать герметичную и защищённую систему с эффективным теплоотводом; как разместить ин-

терфейсные кабели внутри корпуса и т.п. В результате анализа и проработки данных вопросов «в железе» появилась спецификация StackPC, которая призвана ответить на большинство перечисленных вопросов и разработана не только для описания изделий уровня модуля, но и системы в целом.

Спецификация StackPC определяет три основных требования:

- 1) назначение контактов разъёмов шин расширения StackPC;
- 2) взаимное расположение разъёмов шин расширения StackPC;
- 3) организацию систем на базе модулей StackPC и PC/104-plus, а также общие требования по адаптации подхода StackPC к другим популярным форм-факторам.

Первое и второе требования однозначно заявляют о механической и электрической совместимости различных модулей между собой. Третье требование по организации и построению систем описывает простой и в то же время функциональный подход – стек в одном направлении (Stack Up Only), что подразумевает подсоединение модулей расширения только сверху процессорного модуля. Это позволило сделать процессорные и периферийные модули проще и технологичнее по сравнению с PC/104-express. Спецификация также регламентирует единый подход к организации отвода тепла от процессорного модуля и стабилизаторов питания, аналогично COM-express.

Подход StackPC предполагает возможность уменьшения объёма кабельных соединений внутри стека благодаря более эффективному, чем в PC/104-express, использованию разъёма расширения – не только для шин PCI-express, которые можно наращивать путём установки мостов PCI-express, но и для ряда необходимых периферийных интерфейсов и служебных сигналов. В результате спецификация StackPC описывает новую возможность для стековых модулей – применение модулей StackPC, реализованных в формате PC/104, для COM-приложений, т.е. в качестве процессорных COM-модулей. Раньше такое применение было неприемлемо для изделий форм-фактора PC/104.

Назначение контактов разъёмов StackPC продумано таким образом, чтобы при необходимости можно было обеспечить максимальную совместимость изделий StackPC с такими распространёнными стандартами, как PC/104-plus и PC/104-express различных типов



Рис. 11. Защищённые заказные компьютеры серии МК (Fastwel, Россия) на базе стека модулей PC/104 или StackPC с применением бюджетных корпусов фирмы Tri-M (Канада)



Рис. 12. Защищённые заказные компьютеры на базе стеков модулей PC/104 с модульной конструкцией корпуса IDAN и HiDAN (RTD, США)

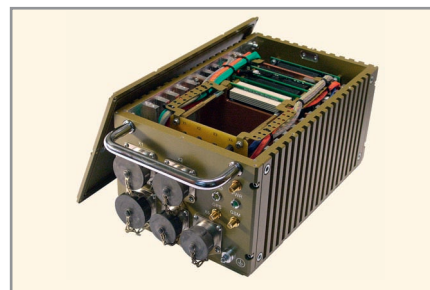


Рис. 13. Защищённый заказной компьютер МК308 (Доломант, Россия). Корпус разработан для поддержки модулей PC/104 и StackPC, в том числе с оригинальной системой кондуктивного теплоотвода

(1, 2, Universal и их сочетания). Такая возможность совместимости и/или переноса подхода StackPC на другие форм-факторы также описана в общих требованиях по адаптации. Например, можно сделать модуль StackPC в формате PC/104 и обеспечить совместимость с большинством изделий PC/104-express, дополнив их новыми возможностями, которые предлагает подход StackPC. Можно разработать модуль формата 3,5" с шиной расширения StackPC и обеспечить дополнительную функциональность StackPC наряду с совместимостью с подавляющим большинством периферийных модулей PC/104-express. Все эти аспекты спецификации StackPC мы разберём во второй части статьи в сравнении со спецификацией PC/104-express.

# Сложные задачи разработки DC/DC-преобразователей для миссии на Марсе

Виктор Жданкин (Москва)

Разработка оборудования для миссии на Марсе связана с решением множества уникальных проблем, которые требуют всестороннего понимания вопросов физики материалов и излучений, анализа на схемном уровне и методологии проектирования. В статье обсуждаются вопросы проектирования преобразователей постоянного напряжения для бортовой аппаратуры марсохода Curiosity. Приведены результаты испытаний преобразователей Interpoint, серийно выпускаемых компанией CRANE Aerospace & Electronics, на стойкость к воздействию гамма-излучения с небольшой мощностью дозы.

## ВВЕДЕНИЕ

Космическое пространство является жёсткой окружающей средой с предельными температурами, механическими воздействиями и бомбардировкой элементарными частицами с различной энергией. Кроме обеспечения стойкости к этим дестабилизирующим факторам, космическая аппаратура должна надёжно работать в течение 15 лет или более, включая до 5 лет наземных испытаний. Одной из важнейших задач создания космических аппаратов с длительным сроком активного существования является обеспечение требуемой стойкости бортовой аппаратуры к воздействиям ионизирующих излучений.

Надёжное питание оборудования зонда для полёта на Марс является сложной задачей для разработчиков преобразователей постоянного напряжения [1–3]. Объём работ по квалификации преобразователя для применения в космической аппаратуре является значительным, и поэтому преимущественно пользуются устройст-

ва с подтверждёнными техническими характеристиками для бортовой аппаратуры космических аппаратов. Для обеспечения непрерывного безотказного функционирования оборудования важно проанализировать воздействие наихудшего сочетания внешних факторов, учитывая предельные значения параметров компонентов с коэффициентом запаса к нормам.

Длительный жизненный цикл космических приборов обязывает разработчика преобразователей применять компоненты, которые будут оставаться доступными в течение десятилетий. Применение микросхем с высокой степенью интеграции является рискованным, поскольку они, как правило, имеют короткий жизненный цикл, синхронизированный с изменениями технологии производства. Конструкция на дискретных компонентах с подтверждёнными параметрами часто является наилучшим решением для преобразователей космической категории качества (Space).

Применение отдельных компонентов вместо стандартных интегральных микросхем преобразователей предоставляет разработчику большую гибкость в выборе топологии устройства и метода регулирования. Космическое пространство характеризуется большим перепадом температур (–130...+125°C), поэтому при выборе компонентов необходимо провести детальные исследования их параметров под воздействием предельных температур.

Проникновение в космос является рискованной операцией, которая требует огромного внимания к механической конструкции преобразователя. Способ крепления особенно важен для крупногабаритных компонентов, таких как трансформаторы и накопительные конденсаторы. На рисунке 1 показана конструкция радиационно-стойкого DC/DC-преобразователя серии SMHF без защитной крышки. Следует принимать во внимание даже тип маркировочной краски для изделия, с учётом требований к содержанию летучих конденсируемых веществ (Collected Volatile Condensable Material, CVCМ) и устойчивости к дегазации, измеряемой по общей убыли массы (Total Mass Loss, TML).

## ВОЗДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ

Если преобразователь используется в бортовой аппаратуре космической техники, он должен выдерживать воздействие радиации, которая включает ионизирующие излучения низкой и высокой интенсивности, протоны и ионы солнечных и галактических космических лучей, вызывающие в изделиях электронной техники одиночные дефекты и структурные повреждения кристаллической решётки из-за смещения атомов (Displacement Damage) под воздействием высокоэнергетических протонов и нейтронов.

Характер повреждения зависит от массы частицы, скорости и вещества, с которым взаимодействует частица. Результатом может быть непредсказуемое изменение состояния логических схем или общий сбой в работе вследствие радиационного защёлкивания транзисторов в открытом состоянии, что часто наблюдается в КМОП- и БиКМОП-приборах. Общепринятая классификация одиночных эффектов представлена в [4, 5].

Дефекты образуют узлы захвата и сокращают время жизни носителей малой концентрации. В отличие от

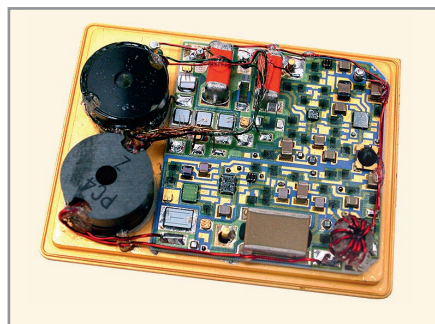


Рис. 1. Конструкция гибридно-плёночного DC/DC-преобразователя серии SMHF (крышка снята)

повреждений, создаваемых непосредственно ионизирующим излучением, структурное повреждение часто является необратимым. Оно ухудшает характеристики светочувствительных устройств, уменьшая коэффициенты передачи тока транзисторов, особенно при низких плотностях тока, и может понижать коэффициент рекомбинации во многих полупроводниковых приборах с дополнительной примесной проводимостью.

Во время 8-месячного полёта зонда Curiosity к Марсу произошли три мощные вспышки на Солнце, которые вызвали всплеск солнечных космических лучей (SME – Solar Mass Ejections), многократно превысивший фоновое излучение. Солнечная радиация состоит из потока высокоэнергетических протонов, или  $\alpha$ -частиц, высокоэнергетических электронов, или  $\beta$ -частиц, нейтронов, тяжёлых ядер, электромагнитных полей,  $\gamma$ -излучения и рентгеновских лучей, и этот поток может быть непосредственно ионизирующим или косвенно ионизирующим.

Ионизирующее излучение может служить причиной повышения напряжения и тока смещения в биполярных усилителях и компараторах, сужения полосы пропускания биполярных усилителей, уменьшения коэффициента усиления биполярных транзисторов, отрицательного смещения затвора МОП-транзисторов. Нейтроны вызывают ионизирующее излучение косвенно, когда они взаимодействуют с полупроводниковыми приборами. Это приводит к нестабильности атомов, излучающих гамма- или альфа-частицы при радиоактивном распаде.

### ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Для уменьшения влияния дестабилизирующих факторов космического пространства была предложена следующая методология проектирования преобразователей постоянного напряжения [1]:

- обеспечение значительного ограничения допустимых значений напряжения для активных устройств;
- повсеместное использование токоограничительных резисторов;

- выбор топологии для источника с высоким импедансом (обратноходовой или с подачей тока);
- использование МОП-транзисторов, стойких к пробое подзатворного диэлектрика (SEGR, Single Event Gate Rapture) и к превышению скорости нарастания напряжения;
- проектирование с учётом резкого уменьшения коэффициента усиления транзистора;
- проектирование с использованием микросхем с ограниченной сложностью;
- применение биполярных усилителей, которые наименее чувствительны к ионизирующему излучению;
- использование схемотехнических решений, которые допускают значительные изменения напряжения смещения и тока смещения;
- выключение МОП-транзисторов отрицательным напряжением затвористок для компенсации пороговых смещений в наихудшем случае;
- испытание и отбор всех чувствительных компонентов на стойкость к радиации.



## Активный компонент вашего бизнеса



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



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













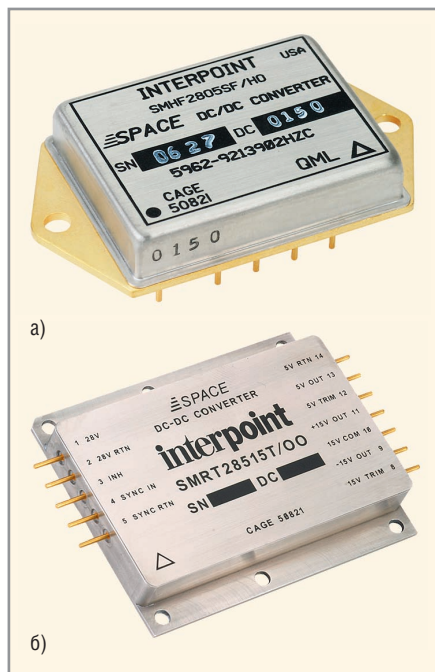




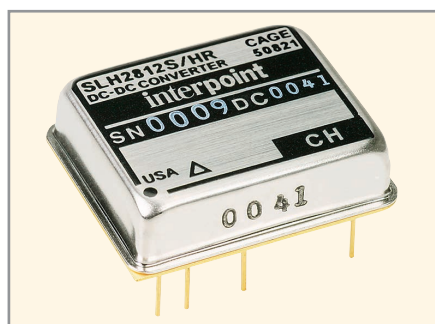




Тел.: (495) 232-2522 • [info@prochip.ru](mailto:info@prochip.ru)



**Рис. 2.** Внешний вид радиационно-стойкого интегрально-гибридного DC/DC-преобразователя серии SMHF с крепёжными фланцами (а) и радиационно-стойкого DC/DC-преобразователя серии SMRT (б)



**Рис. 3.** Внешний вид DC/DC-преобразователя серии SLH

Отбор компонентов по радиационной стойкости характеризуется проблемами, связанными с арендой времени на ускорителях элементарных частиц, радиоактивной природой нейтронов и длительностью испытаний, требуемых для определения характеристик устройства при низких интенсивностях ионизирующего излучения, наблюдаемого в космическом пространстве (ELDRS – Enhanced Low Dose Rate Sensitivity, мощность дозы ниже  $10^{-3}$ – $10^{-2}$  рад ( $\text{SiO}_2$ )/с).

Разработка оборудования для миссии на Марсе связана с решением множества уникальных проблем, которые требуют всестороннего понимания вопросов физики устройства, материаловедения, особенностей передачи тепла, космического излучения, анализа на схемном уровне и методоло-

гии проектирования для уменьшения влияния специфических дестабилизирующих факторов космического пространства.

Производители DC/DC-преобразователей, такие как Crane Aerospace & Electronics, отреагировали на возрастающую сложность требований и испытаний DC/DC-преобразователей и помехоподавляющих фильтров космической категории качества. Разработка и производство такой техники является специализированной отраслью промышленности. Продукция компании Crane Electronics (поставляемая под торговой маркой Interpoint) применялась во многих программах NASA, включая всё ещё функционирующую миссию Cassini-Huygens Saturn, а также в автономном планетарном зонде Curiosity (Mars Science Laboratory, MSL).

### Миссия марсохода «Любопытность»

Зонд Curiosity был запущен с космодрома Air Force Station, расположенного на мысе Канаверал, 26 ноября 2011 года ракетой Atlas V, а 5 августа 2012 года совершил посадку на Марс в районе кратера Гейла. Этот наиболее сложный из когда-либо разработанных планетарных зондов содержит в 10 раз больше научного оборудования, чем его предшественники Spirit и Opportunity. Основной задачей Curiosity является исследование того, мог ли Марс когда-либо предоставлять благоприятные условия для жизни бактерий, а также пригодности Марса для организации поселений будущих исследовательских экспедиций.

В результате 100-дневной работы марсохода Curiosity были обнаружены вода в грунте [6], органика небиологического происхождения и были проведены измерения радиации. Если человек решит отправиться на Красную планету, то кроме жуткого холода и разреженного воздуха он подвергнется риску получить опасную дозу радиации. Марсоход Curiosity оказался первым земным аппаратом, который сделал измерения заряженных частиц с помощью американского прибора RAD. За первые сто дней он зафиксировал несколько вспышек на Солнце, в результате которых поток заряженных частиц резко вырос. Однако, как показали расчёты, оболочка аппарата сократила

мощность этих доз в несколько раз. Результаты измерений прибора RAD были дополнены данными прибора HEND (изготовитель ИКИ РАН, Россия), установленного на вращающемся по марсианской орбите аппарате Mars-Odissey. В отличие от американского прибора, он способен регистрировать нейтроны низких энергий. Мониторинг радиационной обстановки на Марсе очень важен в связи с подготовкой будущих полётов обитаемых космических аппаратов.

В аппаратуре зонда Curiosity применены девять различных серий DC/DC-преобразователей и помехоподавляющих фильтров компании CRANE Electronics, включая SMFLHP, SMRT, SMHF и SFME. На рисунке 2 показан внешний вид DC/DC-преобразователей Interpoint. Помехоподавляющие фильтры дополняют требования стандарта MIL-STD-461 к помехам излучения и кондуктивным помехам.

Изделия Interpoint поддерживали программы NASA в течение многих лет, включая аппарат Cassini-Huygens, запущенный в 1997 году, который продолжает посылать ценные сведения о Сатурне и его спутниках.

Ниже представлены результаты испытаний преобразователей компании CRANE Aerospace & Electronics на воздействие ионизирующих излучений низкой интенсивности, которые были получены при подготовке изделий для бортовой аппаратуры зонда Curiosity.

### Историческая справка

Изделия, предназначенные для применения в бортовой аппаратуре космической техники, были разработаны во времена, когда стандартные радиационные испытания осуществлялись при высокой мощности дозы (HDR). В последние пять лет были проведены дополнительные испытания этих изделий при низких мощностях поглощённой дозы (LDR), согласующихся с ELDRS. Уверенность в корректном поведении продукции космической категории качества при мощностях ELDRS основана на том, что испытания проведены как на компонентном уровне, так и на уровне преобразователей.

Испытаниям были подвергнуты DC/DC-преобразователи серий SLH (см. рис. 3), SMSA, SMHF, SMTR и SMRT, изготовленные компанией Crane Electronics. Эти изделия содержат ограниченный набор биполярных ИС, которые являются потенциально чувствительными к суммарной накопленной дозе ионизации при очень низкой мощности дозы (менее чем 10 мрад (Si)/с). Перечень ИС, используемых в конструкции преобразователей, приведён в таблице 1.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ**

Четыре биполярных ИС, используемых в популярных сериях преобразователей Crane Electronics:

- LM119 – двоянный компаратор, приобретённый у компании National Semiconductor в виде кристалла MD8. Этот кристалл тестировался на воздействие радиации согласно руководящему техническому документу (Source Control Drawing, SCD), который содержит пострадиационные ограничения, обнаруженные компанией Crane Electronics (CEI);
- LM136 – прецизионный источник опорного напряжения на 2,5 В, приобретённый у National Semiconductor как кристалл MDR, с гарантированным значением предельной накопленной дозы 100 крад (Si), подтверждённой при воздействии ионизирующего излучения с высокой мощностью дозы;
- LM158 – двоянный операционный усилитель, приобретённый у компании National Semiconductor как кристалл MDE с гарантированными и установленными для партии параметрами радиационной стойкости при низких мощностях дозы (ELDRS). В преобразователях применяются микросхемы LM158 или MC34072;
- MC34072 – двоянный операционный усилитель, приобретённый у компании On Semiconductor и испытанный по руководящему техническому документу (SCD), который содержит пострадиационные ограничения, обнаруженные компанией Crane Electronics.

**Результаты исследований микросхемы LM119**

Микросхема LM119 является единственным прибором, используемым в

дискретной реализации схемы ШИМ во всех упомянутых преобразователях Interpoint. Устройство представляет собой двоянный компаратор, одна часть которого функционирует в качестве генератора тактовых импульсов с гистерезисом, а вторая часть – в качестве компаратора ШИМ-контроллера. Возможным результатом воздействия радиации является изменение частоты генератора, однако он не чувствителен к весьма значительным изменениям напряжения и тока смещения.

Изменения напряжения смещения действуют в одинаковом направлении на обоих уровнях цикла гистерезиса и приводят к сдвигу рабочей точки, но не величины гистерезиса. Схема генератора устойчива к напряжению смещения 100 мВ, что во много раз больше, чем можно ожидать от воздействия ионизирующего излучения с низкой мощностью дозы. Изменение тока смещения также приводит к положительному или отрицательному сдвигу рабочей точки, но поскольку обе точки смещаются в одном направлении, частота генерации не изменяется.

Другая половина ИС LM119 используется в качестве ШИМ-компаратора, диапазон синфазной помехи на входах составляет от 1,2 до 6 В при изменении коэффициента заполнения от 0 до 60%. Сдвиг рабочей точки, вызванный изменением напряжения или тока смещения на входе, не влияет на коэффициент заполнения, поскольку высокое значение коэффициента петлевого усиления при разомкнутом контуре обратной связи стабилизирует рабочую точку, что необходимо для достижения правильного коэффициента заполнения и, соответственно, выходного напряжения.

Схема ШИМ-контроллера на основе ИС LM119 тестировалась [3] при воздействии низких мощностей (поглощённых) доз ионизирующих излучений (ELDRS) до значений поглощённых доз 50 крад (Si) и 100 крад (Si) со смещением частоты на 1%. При сопоставлении данных для поглощённой дозы 100 крад (Si), полученных при воздействии большой мощности дозы (HDR) и низкой мощности дозы (LDR), различий не обнаружено. Эта же схема много раз была испытана при больших мощностях дозы (HDR) до поглощённой дозы 450 крад

(Si), опять с изменением частоты менее чем на 1%.

**Результаты исследований микросхемы LM136**

Микросхема LM136 применяется во всех изделиях космической категории качества компании Crane Electronics в качестве источника опорного напряжения, относительно которого устанавливается выходное напряжение. Дрейф выходного напряжения является суммой смещения опорного напряжения и входного напряжения смещения усилителя. Значения этих смещений, измеренные под воздействием низкой мощности дозы ионизирующего излучения, могут быть использованы для определения суммарного дрейфа. Сравнение значений, полученных при испытаниях воздействиями доз высокой и низкой мощности, может быть использовано для определения предельной накопленной дозы при воздействии ионизирующего излучения небольшой мощности.

В данных, полученных при испытаниях преобразователя SMRT на воздействие небольшой мощности дозы ионизирующего излучения (ELDRS) при поглощённой дозе 100 крад (Si), обнаружены смещение выходного напряжения на 0,5% и отсутствие различий между результатами испытаний при HDR и LDR. При испытании ИС LM136 воздействием высокой мощности дозы до значения поглощённой дозы 100 крад (Si) получено устойчивое изменение выходного напряжения на 0,3%. Результаты испытаний модуля серии SMSA воздействием мощностей доз ELDRS до поглощённой дозы 50 крад (Si) показали смещение выходного напряжения на 0,3% и подтвердили различия при испытаниях на LDR и HDR.

**Результаты исследований микросхемы MC34072**

Эта биполярная ИС операционного усилителя применяется для формиро-

**Таблица 1. Перечень биполярных ИС, применяемых в DC/DC-преобразователях Interpoint**

Серия	ИС
SLH	LM136
SMSA	LM119, LM136, LM158
SMHF	LM119, LM136, LM158 или MC34072
SMTR	LM119, LM136, LM158 или MC34072
SMRT	LM119, LM136, LM158

**Таблица 2. Результаты испытаний компонентов DC/DC-преобразователей на ELDRS**

Изделие	Компонент	Партия пластины		Мощность дозы	Суммарная накопленная доза ионизации
SMRT	LM158	JM084X27-WS		<=10 мрад(Si)/с	100K
SMRT	LM136	JM0CX16-W10			100K
SMRT	LM119	J2098325-W6			100K
MFP	LM136	JM05CX201-W10			100K
SMSA2815S	LM136	J206B7482	JM0637042	0,02 рад(Si)/с	50K
SMSA2815S	MC35072	P550F100N-W38	P536F100L-W18		50K
SMSA2815S	LM119	J20667341	J205B6252-W6		50K
Компонент	MC35072	HM069063		10 мрад(Si)/с	32,4K
Компонент	LM136	A122M002-W1		5 мрад(Si)/с	32,4K
Компонент	LM119	J205B6252		10 мрад(Si)/с	5K

**Таблица 3. Результаты испытаний преобразователя SMRT на воздействие ионизирующего излучения с мощностью дозы 10 мрад(Si)/с**

Воздействие	Несмещённый Частота коммутации, кГц				Смещённый Частота коммутации, кГц			
	S/N157	смещение, %	S/N170	смещение, %	S/N176	смещение, %	S/N218	смещение, %
OK	293		294		291		291	
20K	294	0,341297	295	0,340136	292	0,343643	285	-2,06186
40K	295	0,682594	296	0,680272	292	0,343643	292	0,343643
60K	295	0,682594	297	1,020408	292	0,343643	293	0,687285
80K	295	0,682594	297	1,020408	292	0,343643	293	0,687285
100K	295	0,682594	298	1,360544	293	0,687285	293	0,687285
168-часовой отжиг при +100°C	294	0,341297	294	0	291	0	291	0

**Таблица 4. Изменение входного тока (А) работающего преобразователя SMSA2815S для различных значений поглощённой дозы (входное напряжение 31 В, ток нагрузки 300 мА)**

Поглощённая доза, крад (Si)	Контрольный образец	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Среднее значение
0	0,003	0,003	0,003	0,003	0,0030
2	0,003	0,003	0,0029	0,0029	0,0029
5	0,0029	0,0028	0,0027	0,0028	0,0028
7	0,0029	0,0028	0,0027	0,0027	0,0027
10	0,0029	0,0027	0,0027	0,0025	0,0026
15	0,0029	0,0028	0,0027	0,0027	0,0027
30	0,0028	0,0027	0,0027	0,0027	0,0027
50	0,0031	0,0029	0,0029	0,0028	0,0029
Отжиг	0,0031	0,0029	0,0029	0,0028	0,0029

**Таблица 5. Изменение выходного напряжения преобразователя SMSA2815S под воздействием ионизирующего излучения**

Поглощённая доза, крад (Si)	Контрольный образец	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Среднее значение
0	14,930	14,951	14,913	14,927	14,93033
2	14,975	14,961	14,914	14,926	14,93367
5	14,978	14,974	14,910	14,934	14,93933
7	14,977	14,973	14,922	14,935	14,94333
10	14,978	14,972	14,930	14,940	14,94733
15	14,978	14,920	14,936	14,950	14,93533
30	14,978	14,985	14,952	14,981	14,97267
50	14,978	14,955	14,945	14,978	14,95933
Отжиг	14,930	14,951	14,913	14,961	14,94167

вания сигнала ошибки, когда существует разность между опорным и выходным напряжением преобразователя. Усиленное напряжение ошибки управляет ШИМ-контроллером для воздействия на выходное напряжение. Как и в случае ИС LM136, сумма смещения в усилителе и источнике опорного напряжения может проявляться как изменение выходного напряжения.

Испытания преобразователя серии SMSA (см. рис. 4), содержащего ИС из двух разных партий кремниевых пластин MC34072, до поглощённой дозы 50 крад (Si) показали смещение выходного напряжения на 0,3% (LDR и HDR). Это смещение, скорее всего, относится только к источнику опорного напряжения (LM136).

### Выводы

Каждый из трёх компонентов, определённый как потенциально чувствительный к воздействию ELDRS, был многократно испытан на компонентном уровне и в составе преобразователей. Микросхема источника опорного напряжения LM136 была испытана 4 раза в составе преобразователя, 1 раз на компонентном уровне (каждый раз для различных партий). Микросхема LM119 была испытана 3 раза в составе преобразователей (каждый раз с различными партиями) и один раз на компонентном уровне. Микросхема MC34072 была испытана 2 раза в составе изделий и 1 раз как отдельный компонент; каждое испытание проводилось для разных партий.

Согласованность результатов испытаний каждого компонента, по меньшей мере, для 3 партий пластин значительно уменьшает риск потенциальной проблемы ELDRS при использовании этих компонентов. Кроме того, преобразователи были спроектированы так, чтобы минимизировать влияние радиации, вызывающей изменения технических параметров. Подробные результаты испытаний приведены в [3]. Результаты испытаний каждого из этих компонентов кратко представлены в таблице 2.

Результаты испытаний преобразователя серии SMRT на воздействие мощности дозы ELDRS представлены в таблице 3 (исследование изменения частоты преобразования). Другие таблицы с результатами испытаний DC/DC-преобразователя SMRT283R3S представле-



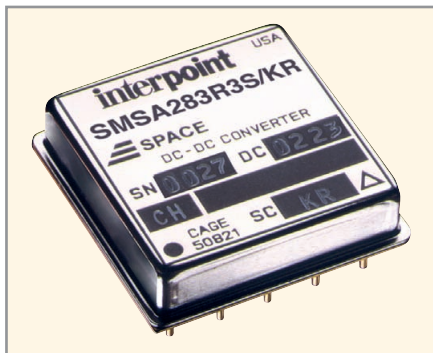


Рис. 4. Внешний вид преобразователя серии SMSA

ны в отчёте [3]. Отдельные результаты испытаний преобразователя серии SMSA2815S представлены в таблицах 4 и 5; подробные результаты изложены в отчёте [7]. Значения параметров всех испытываемых образцов DC/DC-преобразователей SMSA2815S оставались в пределах спецификации до значения поглощённой дозы 50 крад (Si) после воздействия гамма-излучения с мощностью дозы 20 мрад (Si)/с. Испытания различных партий ИС, потенциально чувствительных к воздействию ионизирующих излучений космического пространства и приме-

няемых в изделиях космической категории качества компании Crane Aerospace & Electronics, не выявили эффекта уменьшения величины предельной накопленной дозы радиации для биполярных приборов под воздействием ионизирующего излучения с низкой мощностью дозы (ELDRS). Испытания биполярных ИС были проведены как в составе преобразователей, так и отдельно. Кроме того, конструкция преобразователей не чувствительна к изменению параметров ИС в результате воздействия ионизирующих излучений, что минимизирует влияние накопленной дозы радиации, независимо от её мощности.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Dave Perchlik*. Challenges of Designing Voltage Converters for a Mission to Mars. CRANE Aerospace & Electronics, 2012.
2. NASA's Mars Science Lab, Curiosity, Lands on Mars with Interpoint DC-DC Converters. News Release. CRANE Aerospace & Electronics, 2012.
3. *Jay Kuebny, David Perchlik*. Low Dose Rate Effects on Crane Space Products. CRANE

Aerospace & Electronics, February 17, 2012.

4. *Анашин В.С.* Средства контроля воздействия ионизирующих излучений космического пространства на РЭА космических аппаратов в области одиночных эффектов. Датчики и системы, 2009, № 9.
5. *Анашин В.С.* Общие вопросы обеспечения стойкости РЭА космических аппаратов к ионизирующим излучениям космического пространства за счёт ЭКБ. Тезисы докладов семинара «Контроль стойкости электронной компонентной базы к ионизирующим излучениям космического пространства для её применения в радиоэлектронной аппаратуре космических аппаратов», РОСКОСМОС, 12 декабря 2012.
6. Первые результаты российского эксперимента ДАН на борту марсохода НАСА Curiosity, работающего на поверхности Марса. ИКИ РАН, сообщение пресс-службы, 2012.
7. *Stephen Buchner, Christian Poivey, Jim Forney, Hak Kim*. TID Test Report SMSA2815S (Interpoint) DC-to-DC Converter. G07SEP\_SMSA2815\_TID. NASA/GSFC, 6th November, 2007. ©




Грандиозная надежность.  
Любая задача выполнима!

Компоненты для гражданского и военного применения








Поворотные переключатели • Промышленные клавиатуры • Механические и оптические энкодеры • Джойстики • Кнопочные переключатели

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ GRAYHILL



АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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



# AC/DC-преобразователи класса Industrial производства компании TESLA Electric

**Александр Гончаров (Прага, Чехия), Сергей Довбышев (Киев, Украина)**

Продукция компании Alexander Electric, известной марки источников питания и силовых преобразователей, теперь будет выпускаться под логотипом всемирно известной фирмы TESLA Electric. Данный материал открывает цикл обзорных статей, посвящённых продуктовой линейке TESLA Electric.

## ИНФОРМАЦИЯ О КОМПАНИЯХ

Компания Alexander Electric s.r.o. является разработчиком и производителем модулей и блоков вторичного электропитания, а также модулей защиты и фильтрации промышленного, коммерческого и специального (industrial, commercial and military, aerospace, space) назначения мощностью 3...10 000 Вт, а также дистрибьютором TESLA Electric.

Система менеджмента качества Alexander Electric s.r.o. соответствует стандарту ISO 9001:2009 применительно к разработке, производству и поставке модулей электропитания, фильтров и защитных устройств. Продукция компании имеет сертификаты соответствия специальным стандартам и стандартам безопасности.

TESLA Electric s.r.o. – это подразделение всемирно известной международной компании TESLA, работающее в области производства компонентов для систем электропитания и специализирующееся на высоконадёжных мощных AC/DC и DC/DC вторичных источниках питания. Компания представляет линейки низкопро-

фильных AC/DC- и DC/DC-преобразователей, которые могут работать в самых суровых условиях. Источники вторичного электропитания производства компании TESLA Electric предназначены для использования в составе систем электропитания для промышленной автоматики, телекоммуникаций и связи, авиации, морского и железнодорожного транспорта и многих других. Инженеры компании постоянно ведут поиск новых решений, позволяющих уменьшить габариты модулей электропитания и их высоту, увеличить энергоэффективность и расширить область применения за счёт стойкости к температурным и другим воздействиям. Производственные мощности TESLA Electric находятся на территории Европейского союза.

## AC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ КЛАССА INDUSTRIAL

Главными преимуществами изделий TESLA Electric являются:

- высокая выходная мощность (1000 Вт для DC/DC-преобразователей и 1800 Вт для AC/DC-преобразователей);

- компактные габариты и низкопрофильная конструкция;
- высокая надёжность в жёстких условиях эксплуатации.

Произведённые компанией TESLA Electric изделия сертифицированы EZU – европейским институтом испытаний и сертификации. На данный момент предлагаются следующие приборы:

- AC/DC-преобразователи класса Industrial;
- DC/DC-преобразователи класса Industrial;
- DC/DC-преобразователи класса High Voltage;
- DC/DC-преобразователи класса Railway Application;
- фильтры для сетей постоянного и переменного напряжений.

Рассмотрим подробнее AC/DC-преобразователи класса Industrial (серия TESA).

Данные изделия прекрасно показали себя в областях применений с жёсткими условиями эксплуатации. Они применяются в системах промышленной автоматики и вычислительной техники, в телекоммуникации и связи, радиолокации и радионавигации.

AC/DC-преобразователи серии TESA имеют следующие конструктивные и технические особенности:

- компактные размеры и низкопрофильную конструкцию;
- широкий диапазон рабочих температур: –50...+85°C;
- высокий КПД – до 89%;
- количество выходных каналов – до четырёх;
- гальваническую развязку вход-выход ~3 кВ;
- полный комплекс защит: защиту от перегрузки, КЗ и перенапряжения, тепловую защиту;
- соответствие стандарту ЭМС EN55022 (А и В).

Модули серии TESA выпускаются в восьми вариантах выходных мощностей: 40, 80, 100, 150, 250, 600, 1000 и 1500 Вт. В рамках данной статьи речь пойдёт о первых четырёх (40, 80, 100 и 150 Вт), характеристики которых сведены в таблице.

Таблица. Основные характеристики AC/DC-преобразователей серии TESA

Тип модуля	TESA40	TESA80	TESA100	TESA150*
Выходная мощность, Вт	40	80	100	150
Размеры без учета выводов, мм	101×51×20	111×61×23,5	111×61×23,5	134×84×28
Рабочая температура корпуса, °C	–40...+85 и –50...+85			
Входные напряжения, В	100...264 и 80...140			
Выходные напряжения, В	5, 12, 15, 24, 27, 48			
КПД, %	До 86			
Максимальный выходной ток, А	8	16	20	30
Количество выходов	1, 2, 3			1, 2, 3, 4
Стандарт ЭМС EN55022	Класс В	Класс В	Класс В	Класс А Класс В (с фильтром TEFA5)

\* Сервисные функции: подстройка выходного напряжения, дистанционное управление, корректор коэффициента мощности

На правах рекламы

Представленные модули используются в промышленной аппаратуре, а также в изделиях, предназначенных для эксплуатации в жёстких условиях.

Модули типа TESA40-SxN/-SxP, TESA80-SxN/-SxP, TESA100-SxN/-SxP и TESA150-SxN/-SxP выполнены на заказной элементной базе и залиты теплопроводящим компаундом. Они характеризуются расширенным температурным диапазоном  $-50...+85^{\circ}\text{C}$  и оснащены микросхемой температурной защиты. Все модули проходят специальные виды температурных и предельных испытаний, в том числе электротермотренировку с экстремальными режимами включения и выключения.

Существующая опция медного корпуса (покрытие «чёрный хром») допускает установку на алюминиевый радиатор, что благоприятно влияет на показатели ЭМС и теплопередачу.

Во всех четырёх представленных сериях возможно изготовление преобразователей в бюджетном исполнении, но при этом изменятся: диапазон рабочих температур  $-10...+85^{\circ}\text{C}$ , проч-

ность изоляции  $\sim 1,5$  кВ и входная сеть 176...240 В.

### Серия TESA40

AC/DC-преобразователи типа TESA40 (см. рис. 1) имеют следующие конструктивные и технические особенности:

- класс Industrial;
- медный корпус (опция);
- выходной ток до 8 А, мощность 40 Вт, 1–3 выходных канала;
- входные напряжения: 100...264 В, 176...240 В и 80...140 В;
- энергетическая плотность – до 388 Вт/дм<sup>3</sup>;
- низкопрофильная 20 мм конструкция с ножевыми контактами, клеммными колодками (опция), крепление на DIN-рейку (опция);
- рабочие температуры корпуса:  $-40...+85^{\circ}\text{C}$  и  $-50...+85^{\circ}\text{C}$ ;
- гальваническая развязка выходов;
- защита от перегрузки, КЗ и перенапряжения, тепловая защита.

При очень небольших габаритах (101×51×20 мм) выходная мощность этих приборов достигает 40 Вт. Они имеют 1, 2 или 3 гальванически развя-



Рис. 1. AC/DC-преобразователь типа TESA40

занных выходов в зависимости от Part Number. Предусмотрен полный комплекс защиты от перегрузок по току, КЗ, перегрева. Существует возможность включения параллельно и последовательно по выходу.

Каждый преобразователь соответствует стандартам ЭМС EN55022 класс В.

### Серия TESA80

AC/DC-преобразователи типа TESA80 имеют следующие конструктивные и технические особенности:

- класс Industrial;
- медный корпус (опция);



TESLA ELECTRIC



## Компактные AC/DC преобразователи с ультранизким профилем

Серия преобразователей TESA мощностью от 40 до 1500 Вт для применения в промышленной автоматике. Широкий диапазон рабочих температур  $-50^{\circ}\text{C}...+85^{\circ}\text{C}$  и полный комплекс защит позволяют использовать модули этой серии даже в самых суровых климатических условиях.

### Флагманы продуктовой линейки:

TESA100: 100 Вт, 111×61×23,5 мм

TESA600-LP: 600 Вт, 175×93×28 мм

Производитель:

Прага TESLA Electric s.r.o. Pobebradska 56/186, Tesla Area, Prague 9 – Hloubetin, 198 00, тел./факс + 420 266 107 303

Дилеры TESLA Electric:

Россия ГК «Александр Электрик» teslaelectric-eu.com, russia@teslaelectric-eu.com, тел./факс +7 (800) 775-87-76, +7 (495) 510-42-64

Украина ГК «ГРАНД Электроник» grandelectronic.com, snd@grandelectronic.com, тел. (044) 239-96-06

Реклама



Рис. 2. AC/DC-преобразователь типа TESA150

- выходной ток до 16 А, мощность 80 Вт, 1–3 выходных канала;
- входные напряжения: 100...264 В, 176...240 В и 80...140 В;
- энергетическая плотность – до 503 Вт/дм<sup>3</sup>;
- низкопрофильная 23,5 мм конструкция с ножевыми контактами, клеммными колодками (опция), крепление на DIN-рейку (опция);
- рабочие температуры корпуса: –40...+85°C и –50...+85°C;
- гальваническая развязка выходов;
- защита от перегрузки, КЗ и перенапряжения, тепловая защита.

При очень небольших габаритах (111×61×23,5 мм) выходная мощность данных преобразователей достигает 80 Вт. Они имеют 1, 2 или 3 гальванически развязанных выхода в зависимости от Part Number. Предусмотрен полный комплекс защиты от перегрузок по току, КЗ, перегрева. Существует возможность включения параллельно и последовательно по выходу.

Каждый преобразователь соответствует стандартам ЭМС EN55022 класс В.

### Серия TESA100

AC/DC-преобразователи типа TESA100 имеют следующие конструктивные и технические особенности:

- класс Industrial;
- медный корпус (опция);
- выходной ток до 20 А, мощность 100 Вт, 1–3 выходных канала;
- входные напряжения: 100...264 В, 176...240 В и 80...140 В;
- энергетическая плотность – до 628 Вт/дм<sup>3</sup>;
- низкопрофильная 23,5 мм конструкция с ножевыми контактами, клеммными колодками (опция), крепление на DIN-рейку (опция);
- рабочие температуры корпуса: –40...+85°C и –50...+85°C;
- гальваническая развязка выходов;

- защита от перегрузки, КЗ и перенапряжения, тепловая защита.

При очень небольших габаритах (111×61×23,5 мм) выходная мощность данных преобразователей достигает 100 Вт. Имеет 1, 2 или 3 гальванически развязанных выхода в зависимости от Part Number. Предусмотрен полный комплекс защиты от перегрузок по току, КЗ, перегрева. Существует возможность включения параллельно и последовательно по выходу.

Каждый преобразователь соответствует стандартам ЭМС EN55022 класс В.

### Серия TESA150

AC/DC-преобразователи типа TESA150 (см. рис. 2) имеют следующие конструктивные и технические особенности:

- класс Industrial;
- медный корпус (опция);
- выходной ток до 30 А, мощность 150 Вт, 1–4 выходных канала;
- входные напряжения: 100...264 В, 176...240 В и 80...140 В;
- энергетическая плотность – до 476 Вт/дм<sup>3</sup>;
- низкопрофильная 28 мм конструкция с ножевыми контактами, клеммными колодками (опция), крепление на DIN-рейку (опция);
- корректор коэффициента мощности;
- рабочие температуры корпуса: –40...+85°C и –50...+85°C;
- гальваническая развязка выходов;
- защита от перегрузки, КЗ и перенапряжения, тепловая защита, дистанционное ВКЛ/ВЫКЛ;
- подстройка выходного напряжения.

При небольших габаритах (134×84×28 мм) выходная мощность данных преобразователей достигает 150 Вт. Имеет 1, 2, 3 или 4 гальванически развязанных выхода в зависимости от Part Number. Предусмотрен полный комплекс защиты от перегрузок по току, КЗ, перегрева. Существует возможность включения параллельно и последовательно по выходу.

Каждый преобразователь соответствует стандартам ЭМС EN55022 класс А (класс В при использовании совместно с модулем защиты и фильтрации TEFA5).

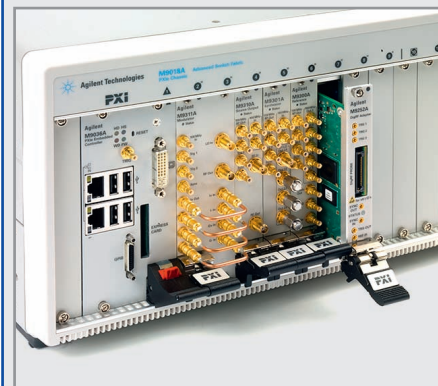
*В следующем номере журнала будут представлены модули серии TESA с выходной мощностью 250, 600, 1000 и 1500 Вт.*



## Новости мира

### Хост-адаптер для тестирования микросхем радиомодулей по спецификации DigRF v4 альянса MIPI

Agilent Technologies представляет новое решение для тестирования микросхем радиомодулей мобильных устройств по новой спецификации DigRF v4 альянса MIPI.



Хост-адаптер Agilent M9252A DigRF позволяет разработчикам ускорить тестирование и анализ интегральных схем радиомодулей, применяемых в сотовых телефонах, планшетах и других мобильных устройствах.

Прибор является расширением линейки модульных систем PXIe. Обеспечивая поддержку скоростей Gear1 и Gear2 (3 Гб/с), а также множественные соединения (multiple links) и расширение канала (lane extension), M9252A обеспечивает всю функциональность интерфейса DigRF.

M9252A является частью семейства RDX. Обеспечивает последовательную подачу испытательных сигналов для оценки и характеристики схем, основанных на спецификации DigRF v4. В одном модуле совмещён передатчик и приёмник для генерации настраиваемого потока информационных и управляющих данных, который позволяет разработчикам наблюдать отклик тестируемого устройства. Инженерам предоставляется выбор: работать в области цифровых или радиочастот для быстрой характеристики цифрового и беспроводного поведения тестируемого устройства.

Хост-адаптер позволяет характеризовать и анализировать микросхемы радиомодулей посредством сигналов приёма и передачи LTE-Advanced.

Модуль M9252A можно совместить с генератором и анализатором радиосигналов для подачи тестовых сигналов и анализа отклика на них.

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

Новости мира News of the World Новости мира

«Оркада» покажет новейшие разработки в области высокоскоростной электроники

Специалисты компании «Оркада» примут участие в выставке «ЭкспоЭлектроника-2013», где продемонстрируют новые возможности проектирования высокоскоростной электроники и интеграции программы электромагнитного моделирования ANSYS HFSS 15 в программную платформу Cadence Silicon-Package-Board 16.6 для сквозного маршрута проектирования печатных плат, корпусов микросхем и систем на кристалле.

Благодаря технологии Solver on Demand, которая позволяет подготовить проект к моделированию, не выходя из программной среды Cadence Silicon-Package-Board 16.6, значительно упрощается процесс передачи данных в ANSYS HFSS 15. Возникает единая среда проектирования и моделирования, способная помочь в широком спектре вопросов, связанных с обеспечением качества и надёжности функционирования радиоэлектронных модулей, блоков и систем. Для новейших разработок в области высокоскоростной электроники создание и моделирование виртуального макета устройства

является единственным возможным маршрутом для успешного выхода на рынок.

Отдельно будут представлены технологии проектирования на уровне «печатная плата – ПЛИС», аналого-цифрового моделирования, подготовки печатных плат к производству, интеграции в PDM-системы.

Ждём вас 10-12 апреля в МВЦ «Крокус Экспо» (павильон № 1, зал № 3, стенд L44).

[www.expoelectronica.primexpo.ru](http://www.expoelectronica.primexpo.ru)

Globalfoundries ускоряет освоение 28 нм норм

Поставки 28 нм чипов TSMC в настоящее время находятся не на том уровне, который требуется многими производителями, а потому Globalfoundries решила напомнить, что она находится в числе тех компаний, которые способны обеспечить производство 28 нм чипов. В июне Globalfoundries отмечала, что стремится стать крупнейшей контрактной кузницей полупроводниковых чипов. На достижение цели, если это когда-то случится, у компании, конечно, уйдёт немало времени, но она делает всё возможное для этого.

Пока ещё компания не может конкурировать с TSMC в этой области. Со времени

начала массового 28 нм производства TSMC получила десятки заказов. Более того, единственной причиной, по которой разработчикам GPU, процессоров и систем на чипе приходится прибегать к услугам других производителей, является то, что TSMC не может удовлетворить спрос. Существуют даже опасения, что AMD и NVIDIA вовсе не смогут в этом году достичь желаемого уровня поставок графических ускорителей.

28 нм нормы производства GlobalFoundries опираются на технологию HKMG (транзисторы с металлическими затворами на изоляторе с высоким значением диэлектрической постоянной) с принципом Gate-First, который позволяет выпускать чипы по площади на 20% меньшие, чем у конкурентов, использующих подход Gate-Last. Компания отмечает, что ею уже хорошо налажен 32 нм техпроцесс, на который она опирается при развёртывании 28 нм норм.

28 нм чипы GlobalFoundries будет производить коммерчески на мощностях Fab 1 в Дрездене и Fab 8 в Нью-Йорке в начале 2013 года. С AMD и некоторыми другими производителями уже подписаны контракты.

<http://thefoundryfiles.com/>

**SHARP**

LCD-ПАНЕЛИ SHARP ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРИМЕНЕНИЙ



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

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ SHARP

**PROSOFT**®

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



Реклама

# Источники питания компании Inventronics для светодиодного освещения

Андрей Егоров (Москва)

**Применение светодиодного освещения невозможно без осознанного выбора источников питания, обладающих необходимыми характеристиками. Предлагаемая статья посвящена специализированным источникам питания, которые предлагает компания Inventronics.**

Постоянный рост мировых цен на энергоносители стимулирует разработку и применение энергосберегающей продукции, в том числе эффективных осветительных приборов на основе светодиодных технологий. Современные светодиодные приборы используются для наружного и внутреннего освещения (дороги, парковые зоны, мосты, объекты ЖКХ, офисные и жилые помещения), декоративного освещения, архитектурной подсветки и многого другого. В каждой области применения светодиодов предъявляются определенные требования к источникам питания.

Компания Inventronics (Hangzhou), Inc. более 10 лет специализируется на разработке и производстве источников питания постоянного тока и напряжения. Благодаря современной схемотехнике и грамотной компоновке, источники питания серий EUC и EUV имеют КПД до 94%, коэффициент

мощности до 0,99, отличаются высокой надёжностью и долговечностью. Рассмотрим две основные серии источников питания, которые удовлетворяют требованиям разработчиков систем освещения.

## СЕРИЯ EUC

Серия EUC – это источники питания, обеспечивающие постоянное значение выходного тока от 350 мА до 12 А в диапазоне входных напряжений переменного тока 90...305 В. Минимальное и максимальное значения выходного постоянного тока определяются схемотехникой источника питания. Номинальные выходные мощности – 35, 50, 60, 75, 85, 100, 120, 150 и 200 Вт. Источники имеют встроенный корректор мощности с  $\cos\phi=0,99$  и обеспечивают КПД более 90%. Кроме того, в данной серии источников питания предусмотрена возможность управления яркостью освещения (dimming) по протоколу 1–10V. Применительно к уличным светодиодным светильникам такое регулирование позволяет реализовать энергосберегающие функции за счёт изменения уровня освещения в зависимости от уровня естественной освещённости или от времени суток.

На рисунке 1 представлены источники питания серии EUC с выходной мощностью 75 и 200 Вт соответственно.

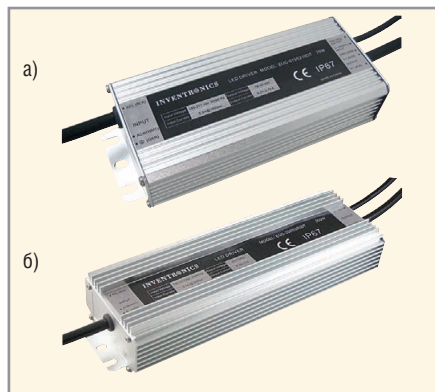


Рис. 1. Источники питания серии EUC с выходной мощностью 75 Вт (а) и 200 Вт (б)



Рис. 2. Источник питания серии EUV с выходной мощностью 75 Вт

## СЕРИЯ EUV

Серия EUV – это источники питания, обеспечивающие постоянное выходное напряжение от 12 до 105 В в диапазоне входных напряжений переменного тока 90...305 В. Минимальное и максимальное выходные напряжения определяются схемотехникой источника питания. Номинальные выходные мощности – 35, 50, 60, 75, 85, 100, 120, 150, 200, 250 и 300 Вт. Источники имеют встроенный корректор мощности с  $\cos\phi=0,99$  и обеспечивают КПД более 90%.

Для современных источников питания является обязательным наличие защиты от перенапряжения, короткого замыкания, превышения входного напряжения и перегрева. В источниках питания компании Inventronics такая защита предусмотрена. При превышении максимально допустимого выходного напряжения более чем на 10% источник питания отключается от нагрузки; при превышении входного напряжения и тока в нагрузке свыше определённых значений источник питания отключает нагрузку. Защита от перегрева отключает нагрузку, если температура внутри корпуса превысит 110°C.

На рисунке 2 показан источник питания серии EUV с выходной мощностью 75 Вт.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Источники питания серий EUC и EUV компании Inventronics предлагаются более чем в двадцати типоразмерах, каждый из которых включает не менее пяти моделей.

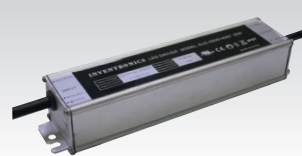
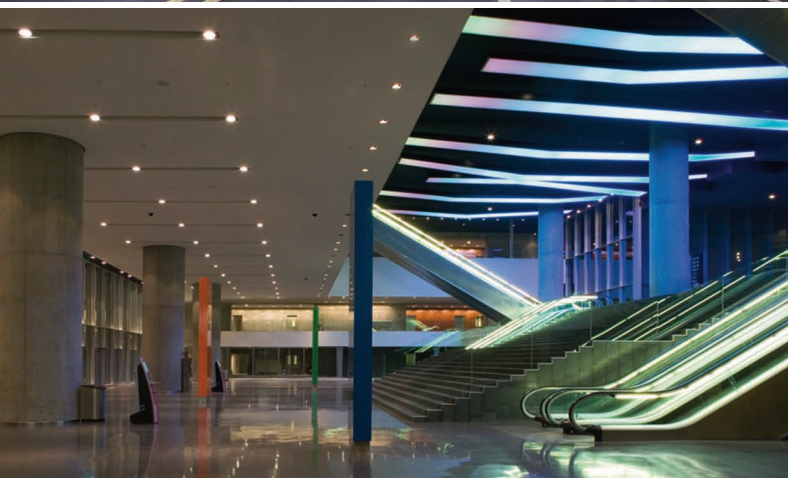
Приведём некоторые типовые параметры:

- широкий диапазон входного напряжения переменного тока 90...305 В;
- активная коррекция коэффициента мощности для мощных моделей не менее 0,95 и не менее 0,92 для источников малой мощности;
- коэффициент полезного действия не менее 90%;
- нестабильность по напряжению 1...3%;
- нестабильность по нагрузке 3...5%;
- степень защиты IP67;
- срок службы не менее 65 000 часов.

Параметры конкретных моделей необходимо уточнять в технической документации.

Светодиодный светильник является энергоэффективным источником света, поэтому необходимо правильно выбрать драйвер, который должен обеспечивать надёжную работу светильника на протяжении длительного времени, а также соответствовать требованиям существующей нормативной документации. Продукция компании Inventronics ([www.inventronics-co.com](http://www.inventronics-co.com)) является оптимальной по всем параметрам, включая стоимость. ©

## Источники питания INVENTRONICS со стабилизацией выходного тока и напряжения



Компания XLight представляет широкий спектр источников питания INVENTRONICS для систем светодиодного освещения мощностью от 36 до 300 Вт

Серия EUC – источники питания со стабилизированным выходным током от 350 мА до 8,33 А

Серия EUV – источники питания со стабилизированным выходным напряжением от 12 до 105 В

### Преимущества

- Питание от сети 90...305 В
- Возможность управления яркостью освещения
- Показатель эффективности до 94%
- Коэффициент мощности до 99%
- Отсутствие пульсаций
- Защита от перенапряжения, короткого замыкания и перегрева
- Диапазон рабочих температур от  $-40$  до  $+70^{\circ}\text{C}$
- Режим работы не менее 65 000 часов
- Водонепроницаемый корпус IP67

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ XLIGHT



# Калибровка эталонного источника мощности 1 мВт 50 МГц

Хок Енг (Hock Eng), Agilent Technologies

Описывается процедура измерения и калибровки эталонного источника измерителя мощности (Agilent N432A). Представлен пошаговый ход выполнения операций с помощью измерителя мощности с термисторным датчиком, в результате чего, применяя основной статистический метод определения полной погрешности измерений, оценивают погрешность или предполагаемую ошибку измерения.

## ВВЕДЕНИЕ

Высокочастотные измерители мощности являются весьма важным и необходимым инструментом при разработке радиопередающих устройств и другой ВЧ-аппаратуры. Именно поэтому измерение мощности или проверка эталонного источника мощности 1 мВт (0 дБм) 50 МГц является одной из ключевых задач при ежегодном обслуживании или калибровке ВЧ-измерителей мощности. В калибровочных лабораториях инженеры проводят калибровку и измерение эталонной мощности для оценки точности работы измерительных приборов. Иными словами, поддержание точности и

единства измерения мощности эталонного сигнала опосредованно минимизирует погрешность измерений с помощью измерителей мощности.

Все существующие ВЧ-измерители мощности, некоторые показаны на рисунке 1, имеют встроенный источник эталонной мощности, который иногда называют просто эталонным калибратором. Чтобы гарантировать точность измерения мощности, следует выполнить обнуление и калибровку перед любым прямым измерением мощности с помощью измерителя и датчика. Датчик мощности подключается к эталонному источнику для того, чтобы все поправки в соответствии с калибро-

вочным коэффициентом измерителя мощности (соединённым с датчиком мощности) были привязаны к источнику 1 мВт 50 МГц.

Эталонный источник 1 мВт, как правило, имеет очень малую погрешность, лежащую в диапазоне от  $\pm 0,5$  до  $\pm 0,9\%$ . Поэтому, для того чтобы измерить эталонную мощность, используются более точные измеритель мощности и датчик, например, измеритель мощности с термисторной головкой [1].

## СХЕМА ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ ЭТАЛОННОГО ИСТОЧНИКА 1 мВт 50 МГц

На рисунке 2 представлена типовая схема измерения мощности эталонного калибратора с помощью измерителя мощности с термисторным датчиком. В качестве измерителя мощности здесь используется Agilent N432A (см. рис. 3) [5] и [2]. Для измерения напряжения постоянного тока ( $V_{\text{комп}}$  и  $V_{\text{вч}}$ ), поступающего с выхода измерителя мощности, используется цифровой мультиметр 3458A [3]. Подобная схема широко применяется в калибровочных или метрологических лабораториях в силу её высокой точности и воспроизводимости.

Специально изготовленная термисторная головка (см. рис. 4) обеспечивает эталонное измерение мощности с очень низким рассогласованием, т.е. с низким значением коэффициента стоячей волны (КСВ) на частоте 50 МГц. Низкий КСВ на 50 МГц необходим для снижения погрешности измерения за счёт рассогласования, т.е. возникновения отражённой волны в точке подсоединения термисторной головки к эталонному калибратору испытываемого измерителя мощности. Известно, что ошибки рассогласования могут существенно влиять на общую погрешность измерения. Характерным примером таких специальных термисторных головок являются устройства Agilent 478A (с опцией H75 или H76) или 8478B (с опцией H01). КСВ этих головок на частоте 50 МГц менее 1,05, в то время как обычные термисторы могут иметь типичное значение КСВ до 1,3.



Рис. 1. Выход источника эталонного сигнала 1 мВт (0 дБм) 50 МГц на измерителях мощности



Рис. 2. Типовая схема измерений эталонной мощности 1 мВт 50 МГц [2]



Рис. 3. Измеритель мощности Agilent N432A (набор)



Рис. 4. Специальные термисторные головки, обладающие низким КСВ на частоте 50 МГц



## ПОШАГОВАЯ ПРОЦЕДУРА ИЗМЕРЕНИЯ ЭТАЛОННОЙ МОЩНОСТИ

- Соберите измерительную схему в соответствии с рисунком 2.
- Установите на цифровом мультиметре 3458A режим измерения напряжения постоянного тока.
- Включите измеритель мощности N432A и испытуемый измеритель мощности и дайте им прогреться по меньшей мере 30 минут.
- Обнулите N432A (убедитесь, что эталонный источник испытуемого измерителя выключен).
- Округлите показания цифрового мультиметра до двух знаков после запятой и запишите это значение как  $V_0$ . Это напряжение, измеренное между разъёмами  $V_{\text{комп}}$  и  $V_{\text{вч}}$ , когда ВЧ-мощность не была включена (эталонный калибратор был выключен).
- Включите эталонный источник испытуемого измерителя мощности.
- Округлите показания цифрового мультиметра до двух знаков после запятой и запишите это значение как  $V_1$  (типичное значение 80 мВ).  $V_1$  – это напряжение, измеренное между разъёмами  $V_{\text{комп}}$  и  $V_{\text{вч}}$ , когда эталонный калибратор был включён.
- Отсоедините кабель, идущий к отрицательному входу цифрового мультиметра, от разъёма  $V_{\text{вч}}$  на N432A и подсоедините его к разъёму заземления N432A.
- Запишите показания цифрового мультиметра как  $V_{\text{комп}}$  (типичное значение 4,8 В).  $V_{\text{комп}}$  – это напряжение температурной компенсации измерительного моста.
- Вычислите мощность эталонного генератора с помощью формулы 1. Типичное значение  $R$  составляет 200 Ом. Калибровочный коэффициент  $CF$  для термисторной головки на частоте 50 МГц принимается равным 0,99.
- Ожидаемый результат вычислений должен составлять 1 мВт  $\pm 0,9\%$  [4].

$$P = \frac{2 \times V_{\text{комп}} \times (V_1 - V_0) + V_0^2 - V_1^2}{4 \times R \times CF} \quad (1)$$

## ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ

Погрешность при измерении мощности эталонного калибратора, равной 1 мВт, определяется по формуле 2 [4], которая получена из формулы 1 добав-

Сводная таблица погрешностей измерения

Составляющие погрешности	Единицы измерения	Значение	Пределы	Вклад в погрешность (стандартная погрешность $\times$ чувствительность)
Измерение напряжения $V_{\text{комп}}$	В	4,8	$\pm 0,00003845$	$4,67 \times 10^{-9}$
Измерение напряжения $V_1$	В	0,080	$\pm 0,00000098$	$6,77 \times 10^{-9}$
Измерение напряжения $V_0$	В	0,0023	$\pm 0,00000032$	$-2,23 \times 10^{-9}$
Измерение сопротивления моста, $R$	Ом	200	$\pm 0,00250$	$-7,35 \times 10^{-9}$
CF (калибровочный коэффициент)	Безразмерная величина	0,99	$\pm 0,004$ (откалибровано в метрологической лаборатории)	$-2,06 \times 10^{-9}$
M (погрешность рассогласования)	Безразмерная величина	1,00	$\pm 0,00142$ ( $2 \times \Gamma_s \times \Gamma_d$ )	$-1,02 \times 10^{-9}$
Корень квадратный из суммы квадратов				$2,29 \times 10^{-6}$
Коэффициент запаса $k = 2$ при вероятности 95%				2
Ожидаемая погрешность				$4,59 \times 10^{-6}$
Ожидаемая погрешность в % относительно 1 мВт				0,4597

лением множителя  $M$  в знаменателе дроби, учитывающего рассогласование при передаче сигнала от калибратора на испытуемом измерителе мощности к термисторной головке.

$$P = \frac{2 \times V_{\text{комп}} \times (V_1 - V_0) + V_0^2 - V_1^2}{4 \times R \times CF \times M} \quad (2)$$

Множитель  $M$  представляет собой максимальную (для наихудшего случая) погрешность рассогласования между испытуемым калибратором и термисторной головкой. Его можно представить в виде  $(1 \pm 2 \times \Gamma_s \times \Gamma_d)$ , где  $\Gamma_s$  – это коэффициент отражения от эталонного источника, а  $\Gamma_d$  – это коэффициент отражения от термисторной головки.

## ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ

Как правило, оценка погрешности измерения мощности осуществляется с помощью сводной таблицы погрешностей. Оценка начинается со сбора всех величин, входящих в формулу. В нашем случае это  $V_{\text{комп}}$ ,  $V_0$ ,  $V_1$ ,  $R$ ,  $CF$ ,  $M$ . После определения всех членов, извлекается квадратный корень из суммы их квадратов. В таблице приведён реальный пример определения погрешности измерения эталонной мощности 1 мВт на основе схемы, представленной на рисунке 2. Содержание было несколько сокращено для того, чтобы обратить внимание на отдельный вклад каждого множителя в формуле 2. Дополнительная информация изложена в Рекомендациях по применению Agilent 1449-3 [2] и [5]. Из таблицы следует, что полная погрешность измерения с помощью измерителя мощности N432A и термисторного датчика составляет 0,46%.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Измеритель мощности с термисторным датчиком имеет высокую точность и надёжность. На протяжении многих лет его используют для измерения и калибровки эталонных источников 1 мВт 50 МГц, встроенных в измерители ВЧ-мощности. Это позволяет обеспечить единство измерений.

Измерители мощности со специальной термисторной головкой, описанные в примере определения погрешности измерения мощности, обеспечивают очень низкую погрешность, равную приблизительно 0,5%. Из приведённого выше описания реального примера становится ясно, что наибольший вклад в эту величину вносят ошибка рассогласования и калибровочный коэффициент  $CF$ . Таким образом, для поддержания низкого значения погрешности за счёт рассогласования следует использовать термисторный датчик со сверхнизким коэффициентом отражения. А что касается погрешности за счёт  $CF$ , то существует одна возможность сохранения высокой стабильности, низкой погрешности и минимального дрейфа датчика – откалибровать его в метрологической лаборатории.

## ЛИТЕРАТУРА

- Алан Фантом (Alan Fantom). IEEE. Измерение ВЧ- и СВЧ-мощности.
- Руководство эксплуатации измерителя мощности Agilent N432A.
- Джо Карр (Joe Carr). Измерение ВЧ-мощности. Electronic World. Ноябрь 1999 г.
- Руководство по обслуживанию Agilent EPM-P E4416/17A.
- Основные рекомендации компании Agilent по проведению измерений ВЧ- и СВЧ-мощности. Рекомендации по применению 1449-3.

# Контроль тока нагрузки ШИМ при помощи высоковольтного токочувствительного усилителя

Маурицио Гавардони, Акшей Бхат (США), MAXIM integrated™

Перевод Андрея Данилова

**Микросхема MAX9918 позволяет контролировать рециркулирующий ток диодов и ток источника питания в схеме управления индуктивной нагрузкой.**

Точное измерение больших токов важно для автомобильных систем управления, таких как электроусилители рулевого управления (EPS, Electric Power Steering), автоматическое переключение передач, управление трансмиссией, впрыском топлива, тормозными клапанами и активной подвеской. Все эти приложения требуют точного регулирования тока через электродвигатель или соленоид. При помощи тока устанавливается момент двигателя и происходит управление электромагнитом. Можно разработать точный измерительный усилитель больших токов для контроля индуктивных токов нагрузки в широком диапазоне входных синфазных напряжений. Схема подходит для приложений, в которых входное синфазное напряжение становится отрицательным

из-за индуктивного скачка обратного напряжения, переплюсовки батареи или переходных процессов.

## ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА В EPS

В отличие от стандартных усилителей рулевого управления, электрическая система не содержит гидравлического насоса или жидкости. Вместо этого она оснащена электродвигателем, который присоединён к зубчатой рейке рулевого механизма через редуктор. Когда водитель поворачивает руль, датчик рулевого механизма определяет положение руля и скорость вращения. Затем система передаёт эту информацию, вместе с входным сигналом от датчика момента рулевого механизма на валу привода, в модуль управления электроусилителем руля. Для определения необходимой

поддержки управления, в модуль также поступают сигналы от датчика скорости автомобиля, систем управления тягой и курсовой устойчивостью (см. рис. 1).

Интерфейс с модулем питания в данном случае позволяют модулю управления регулировать ток через электродвигатель. Увеличение тока через двигатель повышает усиление, и наоборот. Управление током электродвигателя осуществляется посредством напряжения ШИМ на клеммах двигателя при помощи H-моста (см. рис. 2). Фаза сигналов на четырёх затворах транзисторов определяет направление вращения и скорость электродвигателя. Соответствующая таблица истинности суммирует различные режимы работы для полной схемы H-моста (см. таблицу). Электродвигатель представляет собой индуктивную нагрузку. Для определения момента усредняется результирующий ток пульсаций. Этот ток даёт представление о результирующей поддержке рулевого усилия, которое схема предоставляет водителю.

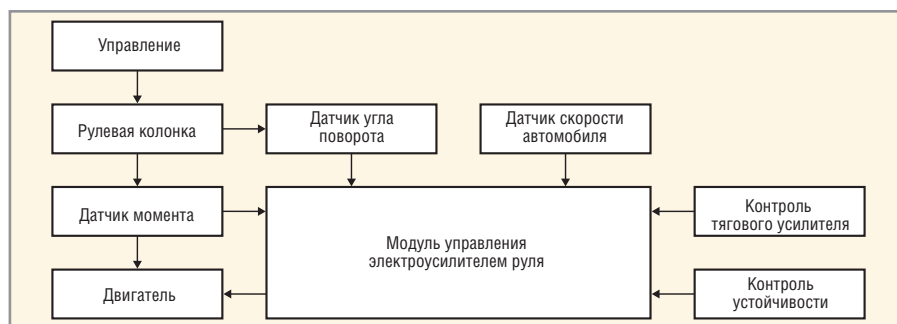


Рис. 1. Структурная схема электроусилителя руля автомобиля

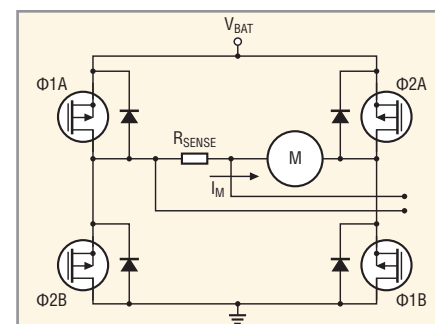


Рис. 2. Принципиальная схема H-моста

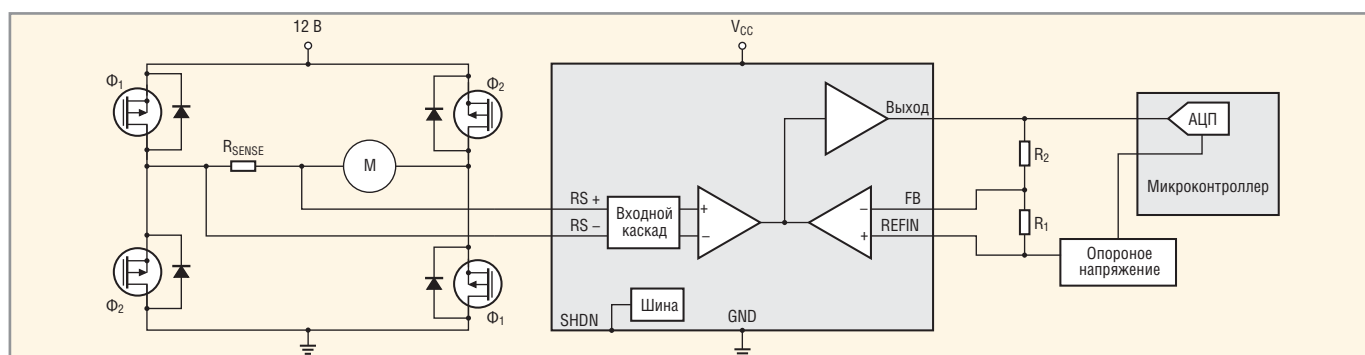


Рис. 3. Подключение электродвигателя в схему полного H-моста

При использовании устройства, изменяющего ток, для контроля тока через электродвигатель, обеспечивается обратная связь в реальном режиме времени с модулем управления. Этот модуль подстраивает коэффициент заполнения импульсов ШИМ, пока ток не достигает своего целевого значения. Требуется установить низкоомный резистор в цепь прохождения тока, чтобы обеспечить небольшое падение напряжения. Токочувствительный усилитель на таком дифференциальном напряжении показывает величину тока.

Существуют три метода измерения тока электродвигателя. Первый метод заключается в установке токочувствительного резистора между Н-мостом и землёй на нижней ветви шины постоянного тока. Во втором случае токочувствительный резистор устанавливается между плюсовой клеммой батареи и Н-мостом на верхней ветви шины постоянного тока. И, наконец, существует возможность выполнить измерение тока ШИМ на самом электродвигателе.

Любой из предложенных вариантов требует компромиссов. Первый метод является удобным, но добавляет нежелательное сопротивление в цепь заземления. В нём также отсутствует возможность диагностики короткого замыкания на землю. Ни первый, ни второй метод не позволяют постоянно отслеживать ток в демпферном диоде. Измерение тока ШИМ позволяет контролировать ток диода и избавляет от нежелательного сопротивления в цепи заземления.

Схема измерения тока ШИМ влечёт за собой значительные изменения характеристик. Необходимо обеспечить защиту от больших синфазных напряжений, которые изменяются во всём диапазоне от нуля (GND) до напряжения батареи. Следовательно, чтобы подавить синфазные колебания, схема должна иметь не только расширенный диапазон входного напряжения, соответствующий этому изменению, но и превосходный коэффициент ослабления синфазного сигнала (КОСС) на частоте коммутации и её гармониках.

Импульсные синфазные помехи и минимальный коэффициент заполнения для ШИМ-сигнала также предъявляют жёсткие требования на время установления токочувствительного усилителя. Для точного и линейного отклика схема измерения тока должна иметь большое усиление, высокую точность и низкое напряжение смещения. Поскольку рупор водителя является

частью петли управления, линейность и точность исключительно важны. Любая нелинейность в схеме может оказаться критической при вождении, вызвав колебание или вибрацию. Это происходит в тот момент, когда автомобиль совершает чрезмерно крутые манёвры.

Подключение электродвигателя в схему полного Н-моста (см. рис. 3) позволяет реверсировать полярность прикладываемого к двигателю напряжения, что обеспечивает его вращение в любом направлении. Микросхема выдерживает синфазные напряжения в диапазоне  $-20...+75$  В, что делает её невосприимчивой к индуктивному обратному выбросу, переходным процессам в нагрузке и переплюсовке батареи. В микросхему встроен измерительный усилитель. Его непрягая архитектура с обратной связью по току обеспечивает точное измерение тока с максимальным входным напряжением смещения 400 мкВ и ошибкой усиления 0,6%. Внешнее опорное напряжение поддерживает двунаправленное измерение тока, для которого требуется полный Н-мост, и считывает однонаправленный ток при работе в полумостовой схеме. В двунаправленной системе выходное напряжение равно опорному напряжению при нулевом измеряемом токе. Модификации и с регулируемым, и с фиксированным усилением позволяют этому компоненту обеспечить максимальную гибкость во всём разнообразии приложений.

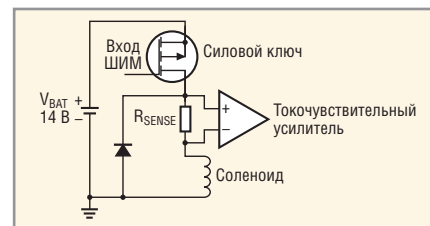


Рис. 4. Типичная схема управления соленоидом (выполнена на мощном ключе)

## ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА В ПРИВОДЕ СОЛЕНОИДА

В автомобилях в качестве электромеханических переключателей широкого применения находят электромагниты. Соленоид стартера, например, передаёт большой электрический ток на электродвигатель стартера, который, в свою очередь, приводит двигатель в движение. Однако несколько систем управления в автомобиле используют электромагнитный привод для точного управления. Например, система дизельного двигателя для железных дорог полагается на соленоиды в качестве сложных электронно-управляемых клапанов. Они впрыскивают соответствующие количества топлива напрямую в цилиндры двигателя под высоким давлением. Чтобы гарантировать синхронизацию с дизельным двигателем, приходится точно управлять временной диаграммой этих клапанов при помощи блока управления двигателем. Результатом является относительно «зелёный» двигатель, который производит меньше шума, вредных выбросов и потребляет меньше топлива. Другие приложе-

**СПЕКТР**

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

## МОНТАЖ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

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



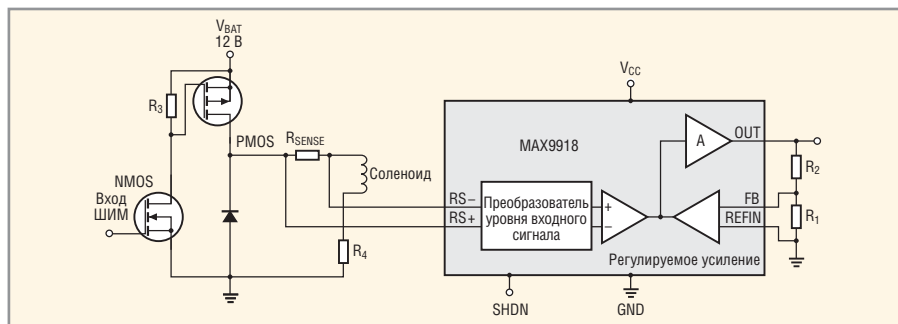


Рис. 5. Лабораторный макет схемы управления соленоидом

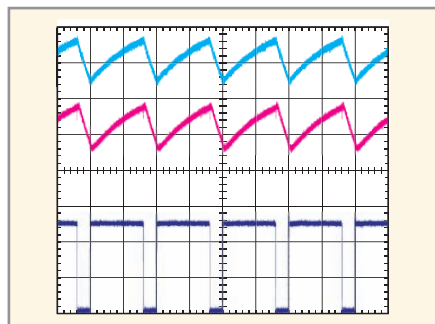


Рис. 6. Форма сигнала ШИМ с частотой 5 кГц с коэффициентом заполнения импульсов в 80% в точках схемы, приведённой на рис. 5

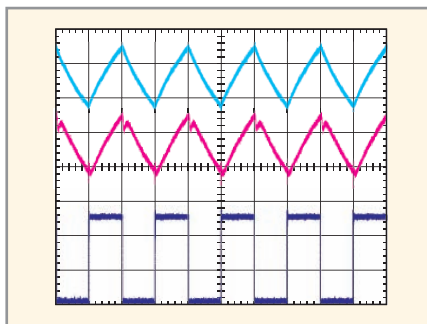


Рис. 7. Форма сигнала ШИМ с частотой 5 кГц с коэффициентом заполнения импульсов в 50% в точках схемы, приведённой на рис. 5

ния для управления соленоидом включают автоматическое переключение передач, управление трансмиссией, тормозами и активной подвеской.

Мощный ключ обычно является полевым транзистором, затвором которого удаётся управлять при помощи сигнала ШИМ (см. рис. 4). Когда полевой транзистор включён, он подсоединяет электромагнит к 14-вольтовому напряжению батареи, обеспечивая ток, который заряжает катушку соленоида. Когда полевой транзистор выключен, ток электромагнита разряжается через демпферный диод и шунтирующий резистор. Регулируя частоту ШИМ и коэффициент заполнения импульсов, можно определить результирующий средний ток пульсаций в соленоиде. Этот ток, в свою очередь, управляет усилием, которое система прилагает к исполнительному органу.

Проблемы измерения тока соленоида для регулирования частоты ШИМ и коэффициента заполнения импульсов сходны с проблемами, возникающими в

схеме H-моста. Синфазные напряжения на входе токочувствительного усилителя изменяются в диапазоне от напряжения батареи до небольшого отрицательного уровня падения напряжения на демпферном диоде. Типичным электромагнитам требуется ток в несколько ампер, поэтому демпферный диод, который принимает на себя такой ток, может развить прямое напряжение свыше 1 В.

Для этого применения подходит токочувствительный усилитель с широким диапазоном синфазного напряжения и быстрым установлением в ответ на изменения синфазного сигнала. Главное отличие между этим применением и H-мостом состоит в том, что ток соленоида всегда протекает в одном и том же направлении; следовательно, токочувствительный усилитель должен быть только однонаправленным. Микросхема MAX9918 становится однонаправленным токочувствительным усилителем только при подсоединении её опорного входа к земле.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Макет типичной схемы для электромагнитов можно изготовить в лаборатории (см. рис. 5). Соленоид эмулируется при помощи катушки с индуктивностью 2 мГн, имеющей низкое эквивалентное последовательное сопротивление (ESR) в 1,6 Ом. Номинал токочувствительного резистора равен 0,1 Ом, а номинал резистора  $R_4$  в 15 Ом, не присутствующего в реальной схеме соленоида, ограничивает максимальный ток соленоида, как показывает следующее выражение:

$$I_{MAX} = V_{BAT} / (R_{SENSE} + ESR + R_4) = 12 \text{ В} / (0,1 + 1,6 + 15) \text{ Ом} = 0,72 \text{ А}.$$

Максимальное значение тока является теоретическим пределом, которого схема достигает, когда индуктивность полностью заряжена. Номиналы резистора и катушки индуктивности устанавливают постоянную времени схемы примерно 0,12 мс, что эквивалентно 8,3 кГц. Можно установить усиление 80 В/В при помощи внешних резисторов  $R_1$  и  $R_2$ , имеющих номиналы 1 и 79 кОм соответственно.

Форма сигнала ШИМ с частотой 5 кГц иллюстрирует работу схемы, приведённой на рисунке 5, с коэффициентом заполнения импульсов в 80 и 50% (см. рис. 6 и 7 соответственно). Верхняя диаграмма показывает напряжение на резисторе  $R_4$ , которое пропорционально току, протекающему в катушке индуктивности. Средняя диаграмма иллюстрирует выходной сигнал токочувствительного усилителя, а нижняя диаграмма – форму сигнала ШИМ на стоке полевого транзистора. Увеличение коэффициента заполнения импульсов приводит к росту тока.

Таким образом, прецизионный, высоковольтный токочувствительный усилитель позволяет выполнять точные измерения при помощи резистивных датчиков меньших номиналов. Он обрабатывает двунаправленные токи электродвигателя, которые считываются с H-мостов, таких, как применяются в системах EPS, а также однонаправленные токи соленоидов в автоматических коробках передач, управлении трансмиссией, тормозами и активной подвеской.

## ЛИТЕРАТУРА

1. EDN, March 3, 2011. [www.edn-europe.com](http://www.edn-europe.com)
2. MAXIM integrated. [www.maximintegrated.com](http://www.maximintegrated.com)

Таблица истинности H-моста

Ф1А	Ф1В	Ф2А	Ф2В	Состояние
ВКЛ	ВКЛ	ВЫКЛ	ВЫКЛ	Электродвигатель подсоединён между напряжением батареи и землёй; его ток возрастает и протекает в направлении стрелки (см. рис. 2)
ВЫКЛ	ВКЛ	ВЫКЛ	ВКЛ	Ток протекает в направлении стрелки, но уменьшается и циркулирует через Ф1В, Ф2В и токочувствительный резистор
ВЫКЛ	ВЫКЛ	ВКЛ	ВКЛ	Электродвигатель подсоединён между напряжением батареи и землёй; его ток возрастает и протекает противоположно направлению стрелки
ВЫКЛ	ВКЛ	ВЫКЛ	ВКЛ	Ток протекает противоположно направлению стрелки, но уменьшается и циркулирует через транзисторы Ф2В, Ф1В и токочувствительный резистор

# Новости мира News of the World Новости мира

## Новости Зеленоградского наноцентра

Зеленоградский нанотехнологический центр назвал четыре основных направления своей специализации:

1. Нано- и микроэлектроника;
2. Новые материалы и технологии;
3. Чистые технологии (GreenTech);
4. Биотехнологии.

Напомним, что проект создания нанотехнологического центра в Зеленограде был одобрен в ходе первого конкурса РОСНАНО в 2010 году. С этого момента совет директоров наноцентра одобрил 10 проектов. Ожидается, что в 2013 году эта цифра увеличится до 25. Среди уже реализуемых стартапов – аппарат для культивирования клеток НИОБИС, кантилеверы для атомно-силовых микроскопов и сенсоры малых магнитных полей для автомобильной промышленности.

«Особенностью нашего проекта является выстраивание комплексной инфраструктуры от проектирования до испытаний изделий нано- и микросистемной техники, – подчёркивает генеральный директор центра Анатолий Ковалёв. – Схема организации ЗНТЦ близка к классической организации

работы технопарков, но с несколькими важными отличиями. Первое, это дорогостоящая высокотехнологичная инфраструктура, в нашем случае – это полномасштабное кристалльное производство, сертифицированное по стандартам SEMI. Второе, мы готовы не только инвестировать проекты, но и предоставляем командам возможность использовать современную технологическую и исследовательскую линейку для старта и развития своих проектов».

Подробные направления специализации: *Нанoeлектроника и микросистемная техника:*

- автомобилестроение (системы управления и обработки информации с использованием МЭМС- и НЭМС-сенсоров);
- авиация и ракетно-космическая техника (интеллектуальные системы навигации и управления на основе МЭМС- и НЭМС-гироскопов и акселерометров, систем на основе матриц микрозеркал);
- телекоммуникации (спиновый наногенератор);
- промышленная автоматика (МЭМС-сенсоры физических, биологических и химических величин);

- потребительская робототехника.
- Новые материалы и технологии:*
- 3D-технологии, создание сложных вертикально интегрированных систем (TSV);
  - радиационно-стойкие элементы;
  - элементы энергонезависимой и магниторезистивной памяти.

*Чистые технологии (энергосбережение, альтернативная энергетика и экология):*

- интеллектуальные электронные энергосберегающие системы, приборы и оборудование;
  - гибкие фотоэлектрические преобразователи энергии;
  - энергонезависимая система на основе пьезогенератора;
  - разработка модулей очистки жидкости.
- Биотехнологии:*
- технологии и оборудование для секвенирования ДНК/РНК;
  - биомедицинские технологии для вакцинологии;
  - исследования клеточных структур;
  - медицинские системы и диагностические комплексы.

<http://zntc.ru/>

**OBZOR-808/1**  
- Диапазон рабочих частот от 300 кГц до 8,0 ГГц  
- Динамический диапазон измерения модуля коэффициента передачи 145 дБ  
- Время измерения на одной частоте 100 мкс

**CABAN R140**  
- Диапазон рабочих частот от 85 МГц до 14 ГГц

**S5048**  
- Диапазон рабочих частот от 20 кГц до 4,8 ГГц  
- Динамический диапазон измерения модуля коэффициента передачи 120 дБ  
- Время измерения на одной частоте 200 мкс

**S7530**  
- Импеданс 75 Ом  
- Диапазон рабочих частот от 20 кГц до 3,0 ГГц  
- Динамический диапазон измерения модуля коэффициента передачи 120 дБ  
- Время измерения на одной частоте 200 мкс

**АСМ8000Т**  
- Диапазон рабочих частот от 300 кГц до 8,0 ГГц  
- Эффективная направленность 46 дБ

**Уважаемые Друзья и Коллеги!**  
Ждем Вас на выставке **Expo Electronica 2013**, на стенде **G02 (Павильон 1, Зал 2 в МВЦ «Крокус Экспо»)**

**Из новинок ООО «ПЛАНАР» представит:**

- Векторный анализатор цепей **OB30P 808**
- Векторный анализатор цепей **S5048**
- Векторный анализатор цепей **S7530**
- Автоматический калибровочный модуль **АСМ8000**
- Расширитель портов **PE1428**
- Векторный рефлектометр **CABAN R140**

т. 8(351)7299777 [www.planar.chel.ru](http://www.planar.chel.ru)

**PLANAR**

# Контроль состояния и учёт времени наработки информационных и радиотехнических систем

**Владимир Бартнев (Москва)**

В статье описан новый способ контроля и учёта времени наработки удалённых информационных и радиотехнических систем, основанный на одновременном измерении потребляемых токов, напряжения на входе, температуры и суммарном времени безотказной работы. Вся эта информация, включая уставки предельно допустимых значений контролируемых параметров, может быть введена и считана по каналу GSM. Приведена структурная схема микроконтроллерного устройства, реализующего необходимые функции мониторинга, сигнализации и регистрации.

## ВВЕДЕНИЕ

По мере роста производительности различных процессоров (ЦПОС, ПЛИС), применяемых в информационных и радиотехнических системах, заметно увеличилась потребляемая ими мощность от источников питания. Безотказная работа таких систем, как правило, обеспечивается резервированием и принудительным охлаждением.

Однако нестабильность напряжения питающей сети и перекосы фазных напряжений часто приводят к выходу из строя дорогостоящих систем. Кроме того, необходимо учитывать рабочее время и наработку на отказ применяемого оборудования, чтобы не превысить гарантированный изготовителем срок безотказной работы. Важно подчеркнуть, что главная опасность состоит не в отказе аппаратуры, а в возможности возникновения аварийной ситуации, например, пожара.

Таким образом, требуется непрерывный мониторинг информационных и радиотехнических систем с помощью встроенного «чёрного ящика», который, в случае наступления аварийной ситуации, может помочь разобраться в причинах аварии. Следует отметить, что такой мониторинг полезен для любого радио- и электротехнического оборудования, выход из строя которого может привести не только к аварии, но и экологической катастрофе.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА КОНТРОЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Известны различные методы учёта времени наработки электротехнического оборудования и регистрации различных событий, например [1], который использует контроль напряжения на катушке управления контактора оборудования с индикацией на выносном пульте управления через инфракрасный канал. Однако при трёхфазном подключении к сети состояние двух других катушек контактора не учитывается, а инфракрасный канал дистанционного управления работает на небольшом расстоянии и только в условиях прямой видимости.

Для повышения эффективности контроля работоспособности радиотехнического и информационного оборудования и учёта его рабочего ресурса был предложен способ [2], учитывающий суммарное время работы оборудования на основе регистрации событий включения/выключения, с обработкой этих данных и выводом на индикацию, в том числе по каналу связи GSM.

Фиксация событий включения/выключения оборудования осуществляется путём измерения фазных токов, потребляемых оборудованием, а рассчитываемое суммарное время работы оборудования сравнивается со средней наработкой на отказ, гарантируемой производи-

телем. Дополнительно измеряются входные сетевые напряжения и температура оборудования; осуществляется сравнение текущих величин измеряемых напряжений и температуры с введёнными предельно-допустимыми значениями, а выход за пределы фиксируется как аварийная ситуация.

Передача данных о суммарном времени работы контролируемого оборудования и ввод данных о средней наработке на отказ, паспортных значений токов потребления напряжения в сети и температуры оборудования производится через радиомодем по каналу GSM. В качестве пульта управления используется сотовый телефон. Передача данных осуществляется как по запросу, так и в случае аварийной ситуации, с одновременным сохранением информации во флэш-памяти.

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ МОНИТОРИНГА, СИГНАЛИЗАЦИИ И РЕГИСТРАЦИИ

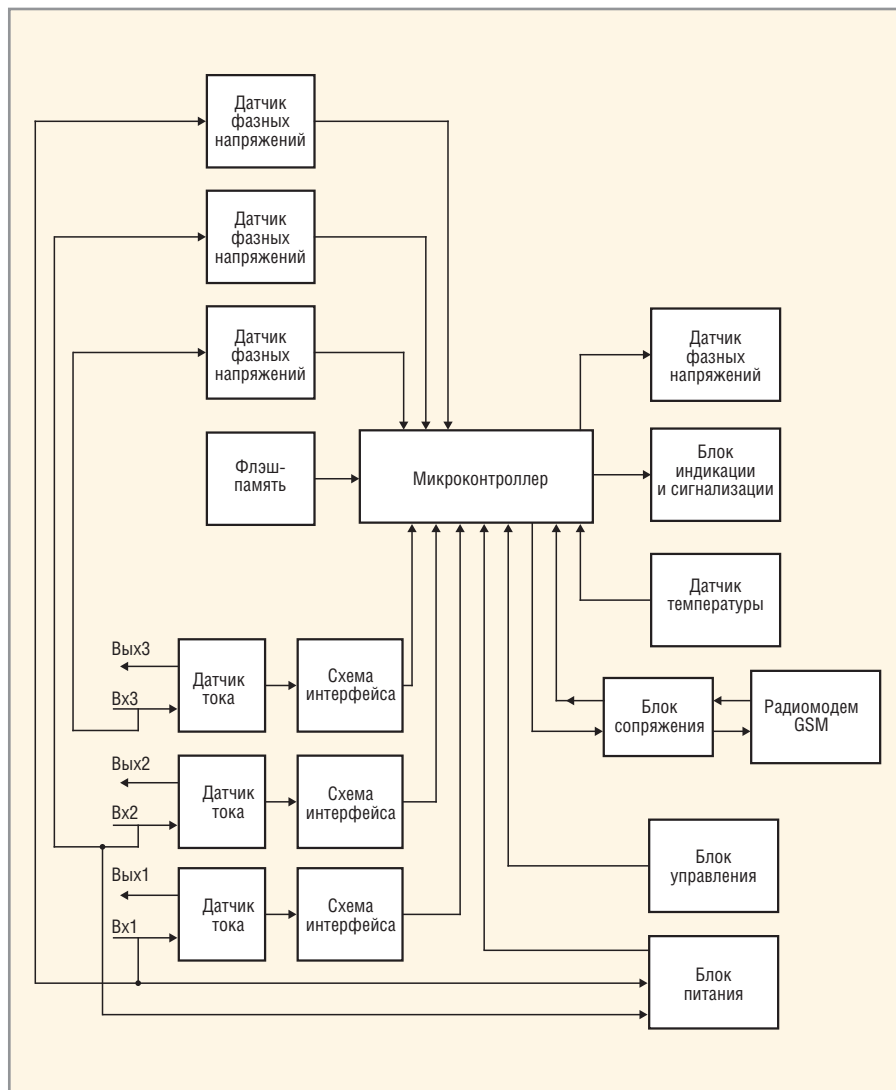
Предлагаемое устройство содержит микроконтроллер, блок управления, блок индикации, схему часов реального времени, блок питания, датчики тока со схемами интерфейса и радиомодем с блоком сопряжения. Введение датчиков напряжения позволяет измерять входное напряжение сети, подаваемое на контролируемое оборудование, по каждой из фаз, преобразовывать измеряемое напряжение в цифровой код и передавать в микроконтроллер для обработки. Введение датчика температуры повышает объективность контроля состояния контролируемого оборудования. Применение отдельной флэш-памяти в виде съёмной карты, например, типа SD, позволяет протоколировать все контролируемые параметры, как по удалённому запросу, так и в аварийных ситуациях.

На рисунке представлена структурная схема предлагаемого устройства, реализующего описанный выше способ. Устройство выполняется по известным схемам с использованием сигнального микроконтроллера dsPIC30F411 фирмы Microchip или аналогичного. В качестве датчиков тока используются токовые трансформаторы. Каждая схема интерфейса – это АЦП, выполненные на микросхемах с последовательным интерфейсом AD7893 фирмы Analog Devices. Часы реального времени используют микросхему, например DS1302, с автономным источником питания. Блок индикации и сигнализации содержит 7-сегментный светодиодный индикатор и звуковой излучатель, блок управления выполнен на кнопках.

В качестве радиомодема можно использовать прибор GR-64 фирмы Sony-Ericsson, выполнив блок сопряжения на микросхеме MAX232 фирмы MAXIM. Датчики напряжения – это, фактически, делители напряжения, выходы которых подключены к входам мультиплексора АЦП, встроенного в микроконтроллер. В качестве цифрового датчика температуры удобно использовать датчик – термостат DS1821 фирмы MAXIM.

Работа устройства начинается с включением контролируемого оборудования, когда подается напряжение питания. Микроконтроллер выполняет управляющую программу, которая запускает АЦП и считывает параметры, записанные в энергонезависимой памяти микроконтроллера. Затем опрашиваются датчики тока, напряжения и температуры. Измеренные значения тока, напряжения и температуры сравниваются с соответствующими уставками, введенными с помощью кнопок блока управления или с дистанционного пульта – сотового телефона – в виде коротких текстовых сообщений.

Если значения измеренных токов всех трёх фаз равны нулю, это означает выключенное состояние контролируемого оборудования. Если измеряемые токи больше токовых уставок, но не выходят за пределы допустимых норм, а питающие напряжения и температура контролируемого оборудования также находятся в норме, включается счётчик времени наработки контролируемого оборудования, про-



**Структурная схема устройства, реализующего новый способ контроля состояния и учёта времени наработки информационных и радиотехнических систем**

граммно реализованный в микроконтроллере.

Отказ контролируемого оборудования сигнализируется как визуально, так и звуковым сигналом с помощью блока индикации и сигнализации. Кроме того, передаётся сообщение по каналу GSM на номер сотового телефона, который используется в качестве дистанционного пульта управления. Если суммарное время работы контролируемого оборудования превышает паспортное значение наработки на отказ, сигнализируется выработка ресурса, продублированная передачей сообщения по каналу GSM. Одновременно происходит запись всех контролируемых параметров во флэш-память.

Прототип описанного устройства был использован при экспериментальной проверке удалённой радиотехнической системы с минимальным обслуживанием. Эксплуатация

подтвердила высокую эффективность выявления даже частичных отказов радиотехнической системы. В частности, по снижению тока потребления был оперативно зафиксирован отказ одной из стоек, не выработавшей свой ресурс, о чём было принято сообщение по каналу GSM.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Описание принципа работы счётчиков регистраторов, предназначенных для учёта времени наработки электродвигателей и других электроагрегатов, регистрации даты/времени их включения или отключения, учёта числа включений или отключений. ЗАО «СИБАВТО», г. Красноярск, [www.sibavtokrk.ru](http://www.sibavtokrk.ru).
2. *Бартенев В.Г.* Способ контроля и учёта времени наработки электрооборудования и устройство для его реализации. Патент РФ № 2338210, Опубл. 10.11.2008, Бюлл. № 31.

# Разработка топологии печатных плат с помощью Allegro/OrCAD PCB Editor

## Часть 3. Создание библиотек посадочных мест компонентов

Анатолий Сергеев (Москва)

Создание библиотек посадочных мест компонентов является важнейшей задачей разработчиков печатных плат. Основным ориентиром в этой работе являются стандарты IPC и технологические особенности производства. Пакет OrCAD PCB Editor имеет мощные средства для создания точных библиотек посадочных мест и их применения в проекте. В третьей статье серии рассмотрены особенности создания символов посадочных мест.

Стандартный символ посадочного места в OrCAD PCB Editor формируется из трёх файлов. Первый из них – файл с описанием набора контактных площадок и отверстий одного вывода компонента (PAD), второй – файл с описанием чертежа символа со всеми настройками и командами разработчика (DRA) и третий – непосредственно символ посадочного места, который участвует в создании проекта топологии (PSM).

При установке программы на жёсткий диск компьютера все стандартные библиотеки программы устанавливаются в папку по умолчанию <папка\_установки>/share/pcb/pcb\_lib/symbols. В этой папке хранятся все стандартные типы символов, которые имеются в программе в качестве начальной библиотеки. На этапе размещения компонентов на плате редактор ищет необходимые библиотеки именно в этой папке. Для указания других папок не-

обходимо зайти в настройки программы через меню Setup – User Preferences, категория Library – Path. Путь к библиотекам отдельных выводов задаётся через переменную padpath, а к библиотекам посадочных мест – через переменную psmath.

Первым шагом в создании посадочного места является формирование файла с описанием выводов компонента PAD. Для этого используется приложение Pad Designer (см. рис. 1), которое можно найти в меню Пуск – Все программы – Cadence – Release 16.6 – PCB Editor Utilities.

На вкладке Parameters редактируются параметры отверстия и его графического представления, единицы измерения и некоторые другие настройки:

Units – единицы измерения.

Decimal places – количество знаков после запятой. Например, значение 3 даёт возможность задать размеры контактной площадки с точностью до тысячных долей миллиметра.

Allow suppression of unconnected internal pads – данная настройка позволяет удалять неподключённые контактные площадки на внутренних слоях.

Allow Antipads as Route Keepouts (ARK) – позволяет использовать антипад как зону запрета для трассировки. Наиболее подходящее применение: монтажные механические отверстия и реперные знаки.

Hole type – тип отверстия.

Plating – установка или отключение металлизации для сквозных отверстий.

Drill diameter – диаметр отверстия с учётом металлизации.

Tolerance – допуск на диаметр.

Offset X, Offset Y – смещение центра отверстия относительно центра контактной площадки.

Figure – геометрическая фигура отверстия для представления его в таблице сверления на чертеже печатной платы; требуется для визуального контроля отверстия различного типа.

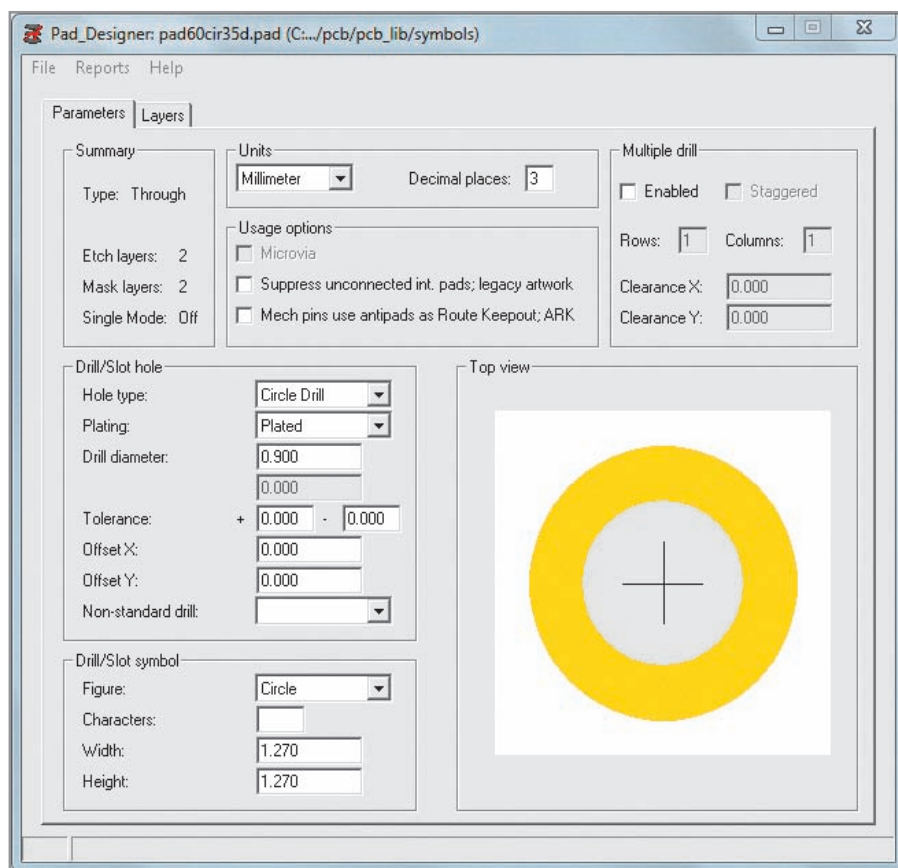


Рис. 1. Приложение Pad Designer, предназначенное для создания библиотеки пастеков



Multiple drill – возможность создания контактной площадки с множеством отверстий внутри неё.

На вкладке Layers (см. рис. 2) редактируются параметры контактных площадок, такие как форма, размеры, расположение на слоях, количество слоёв, начальные и конечные слои и т.д.

Таблица с параметрами контактных площадок на разных слоях первоначально содержит только три сигнальных слоя:

1. Begin Layer – начальный слой, Top;
2. End Layer – конечный слой, Bottom;
3. Default Internal – параметры КП на внутренних слоях по умолчанию. Эти параметры активны, если не заданы индивидуальные параметры для конкретного внутреннего слоя.

Soldermask\_Top, Bottom – верхний и нижний слои для указания параметров формы и размеров паяльной маски.

Pastemask\_Top, Bottom – верхний и нижний слои для указания параметров формы и размеров паяльной пасты.

Filmmask\_Top, Bottom – верхний и нижний слои, которые можно использовать на усмотрение пользователя. Эти слои являются справочными.

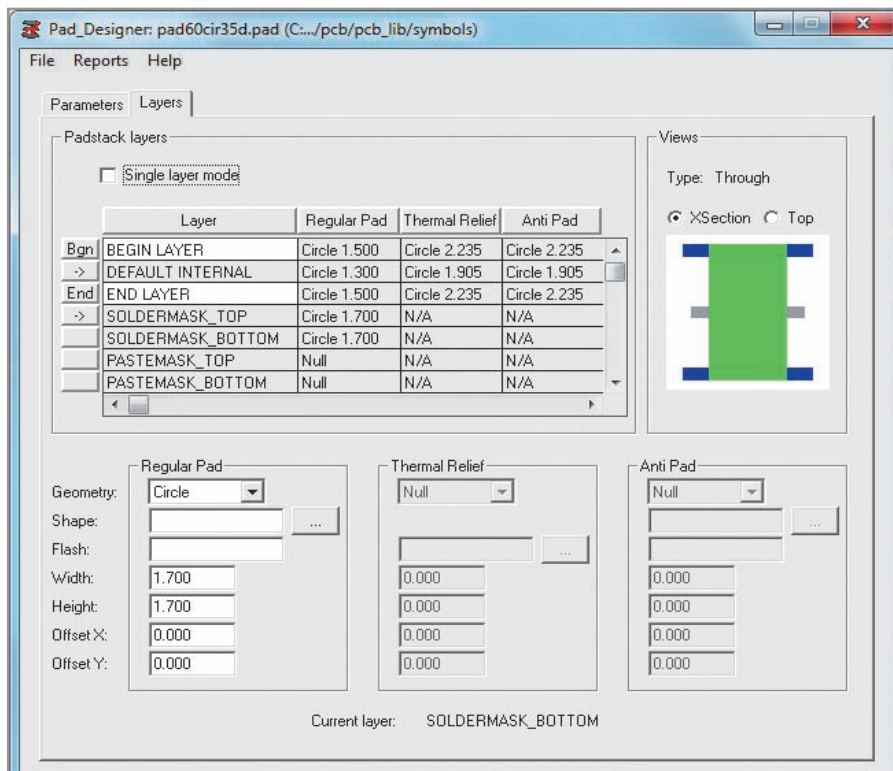


Рис. 2. Редактирование вкладки Layers (Single layer mode – переход в режим планарного вывода; Views – схематичное отображение пада; XSection – схема со всеми слоями; Top – схема только с верхним слоем)

Удалить слои по умолчанию нельзя. Можно изменять их название, кроме Default Internal. Названия слоёв в стеке

сквозного вывода или переходного отверстия в Pad Designer обязательно должно соответствовать наименова-

## Используете морально устаревшие САПР?



Ваш пропуск в мир скоростей

# OrCAD PCB Designer

современные технологии проектирования  
и взгляд в будущее



функциональность  
масштабируемость  
интегрированность  
интернет-приложения  
оптимальная цена

cadence®

Техническая поддержка Обучение Дизайн-проекты

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

оркада

CADENCE CHANNEL PARTNER

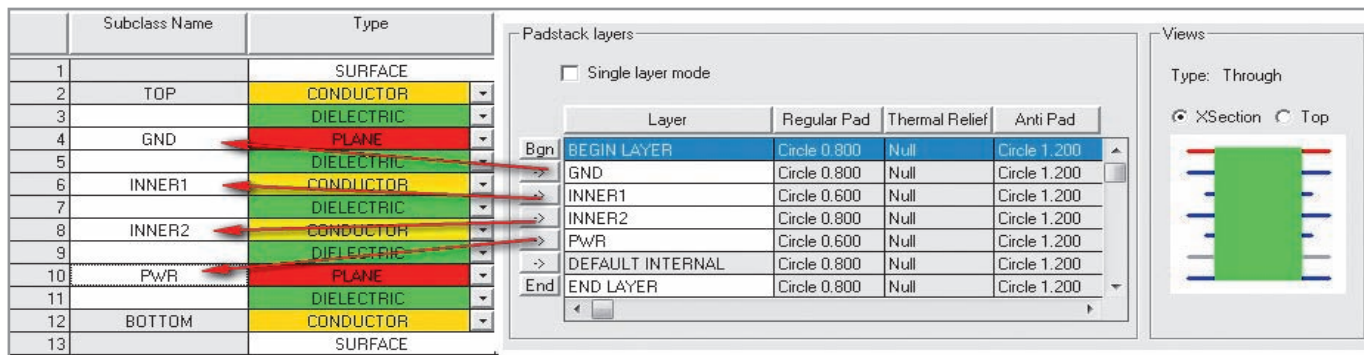


Рис. 3. Соответствие наименования в стеке контактных площадок и печатной платы

нию слоёв в стеке печатной платы в PCB Editor. Однако для сложных плат, где форма и размеры контактных пло-

щадок для переходных отверстий и сквозных выводов компонентов должна быть разной для различных слоёв,

требуется соответствие наименования в стеке контактных площадок и печатной платы (см. рис. 3).

Однако Begin Layer и End Layer обязательно должны называться Top и Bottom, соответственно. Они указывают лишь начальный и конечный слой. В приведённом на рисунке 3 примере контактная площадка на слое INNER1, PwR отличается по размерам от контактных площадок на других слоях. Здесь параметры слоя Default Internal не будут активны на печатной плате и, соответственно, не будут учитываться. Если внутренних слоёв в печатной плате больше, чем в стеке сквозного вывода или переходного отверстия, то будут действовать параметры контактной площадки из слоя Default Internal, где не указаны параметры контактной площадки индивидуально.

Чтобы добавить новый слой в набор, необходимо поместить курсор слева от названия слоя и ПКМ выбрать в меню одну из предложенных команд (см. рис. 4):

- Insert – вставить новый слой;
- Copy, Paste, Delete – копировать, вставить и удалить информацию для выбранного слоя;
- Copy to All – скопировать информацию с выбранного слоя в любую группу слоёв.

В нижней части вкладки Layers располагаются секции для непосредственного ввода геометрической информации о контактных площадках (см. рис. 5). В Regular Pad указывается форма и размеры самой контактной площадки. Если её форма нестандартная, то необходимо иметь файл с описанием этой формы в формате SSM и указать её в строке Shape. Символы нестандартных форм создаются непосредственно в PCB Editor по команде File – New – Shape Symbol.

В секции Thermal Relief определяется геометрия термальных барьеров

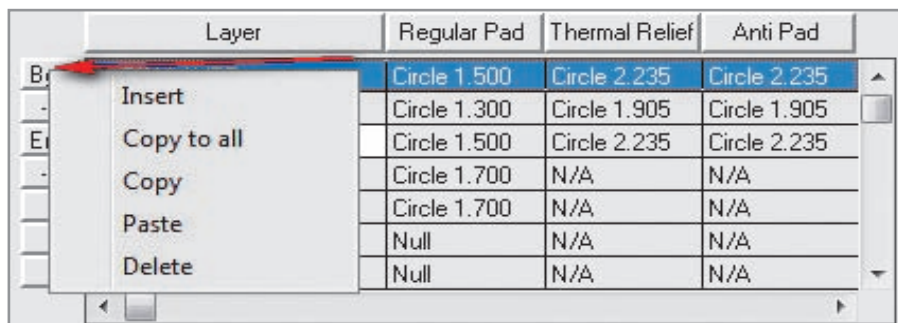


Рис. 4. Операции с выбранной формой и размерами контактной площадки

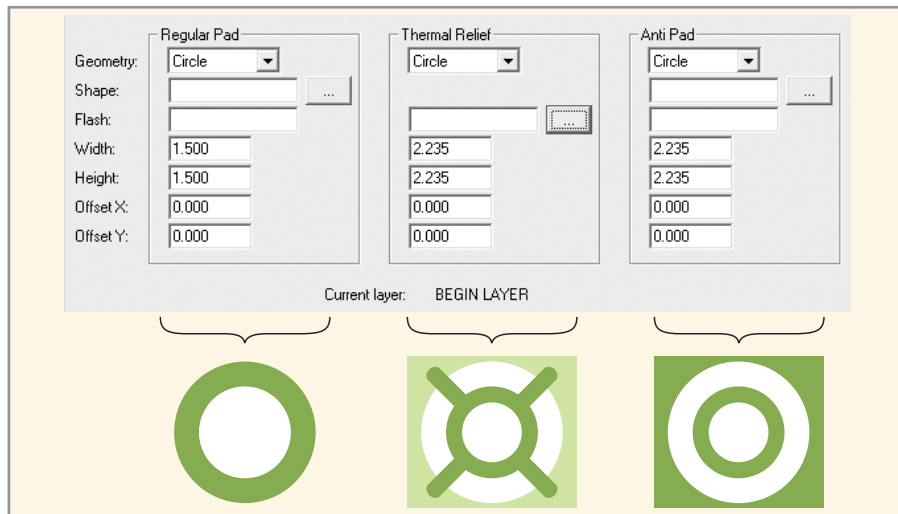


Рис. 5. Редактирование формы и размеров контактной площадки, термальных барьеров и антипадов

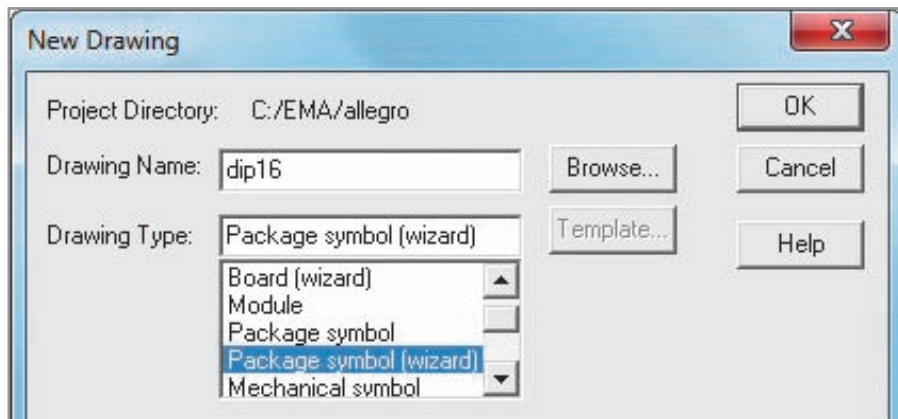


Рис. 6. Мастер создания посадочного места для многывыводного корпуса

для контактной площадки. Задать форму и размеры для этой части контактной площадки можно с помощью специальных символов FSM, которые могут быть созданы в PCB Editor по команде File – New – Flash Symbol. В секции Anti Pad указываются размеры специальной области по контуру контактной площадки. Размеры этой области определяют зазор между контактной площадкой и окружающего её полигона в том случае, если речь идёт о разных цепях. В PCB Editor параметры, указанные в Thermal Relief и Anti Pad, вступают в силу, если это указано в настройках динамических полигонов. По умолчанию программа автоматически сформирует термальные барьеры и антипады согласно заданным правилам проектирования, без необходимости считывать эти данные из файлов PAD.

После завершения описания вывода необходимо сохранить его как файл PAD с помощью меню File – Save/Save As. При наличии ошибок они будут выведены на экран в виде сообщения. Необходимо помнить, что местоположение файлов PAD должно совпадать с переменной pad-path (см. выше).

Для перехода к следующему шагу в создании посадочного места необходимо открыть OrCAD PCB Editor. Самый быстрый способ в создании посадочных мест для многвыводных компонентов – это использование мастера File – New – Package Symbols (Wizard). При этом необходимо задать название и папку, куда будет помещён новый символ. Папка должна совпадать с переменной psmath, чтобы в будущем символ был размещён на печатной плате (см. рис. 6).

Мастер создания символов посадочных мест интуитивно понятен:

1. Выбираем тип корпуса;
2. Подключаем шаблон в виде файла DRA. По умолчанию данный шаблон находится в папке <папка\_установки>/share/pcb/pcb\_lib/symbols/template. Его можно отредактировать и использовать при создании новых компонентов. Папки с шаблонами символов и плат можно задать с помощью переменной wizard\_template\_path через меню Setup – User Preferences, категория Path – Config;
3. Выбираем единицы измерения для мастера, проекта и префикс позиционного обозначения;

4. Заносим необходимую геометрическую информацию;
5. Указываем файл PAD, созданный в Pad Designer. Отдельно можно указать первый вывод посадочного места.

6. Указываем местоположение точки начала координат и возможность создания файла PSM.

После завершения этих этапов в окне PCB Editor появляется готовый символ со всеми необходимыми атрибутами. Его можно вручную скорректировать согласно дополнительным требованиям. Как было сказано выше, такой способ очень удобен при создании многвыводных компонентов.

Следующий способ сочетает в себе ручные и автоматические операции. Для начала необходимо выбрать меню File – New – Package Symbols. Рассмотрим его более подробно.

1. Чтобы начать размещение выводов и другой информации, необходимо настроить проект. Единицы измерения можно настроить в меню Setup – Design Parameters, вкладка Design. Также здесь указываются размеры рабочего поля. Сделайте их максимально комфортными для себя. Не забудьте после настройки единиц нажать кнопку Apply в нижней части окна. На вкладке Display через кнопки Grids можно настроить сетки.

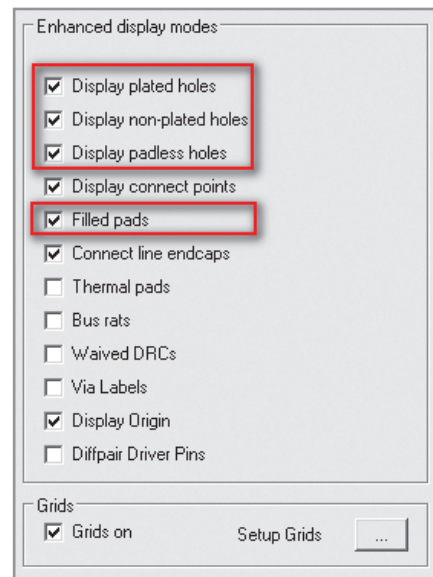


Рис. 7. Выбор необходимых опций для лучшего отображения объектов футпринта

Здесь рекомендуется указать одну сетку – All Etch – для размещения выводов и вторую сетку – Non-Etch – для рисования слоёв сборки и шелкографии. В последующем всегда можно поменять шаг сетки по своему усмотрению. Далее настраиваются параметры отображения объектов в проекте. Для большей детализации изображения установите на вкладке Display в секции Enhanced Display Modes параметры для отображения всех типов отверстий и за-

Типы объектов и их классы в символах посадочных мест

	Тип объекта	Класс	Подкласс
<b>Вывод (падстек)</b>			
Контактная площадка	Conductor	Pin	Top
			Bottom
Паяльная маска	Nonconductor	Pin	Soldermask_Top
			Soldermask_Bottom
Паяльная паста			Pastemask_Top
			Pastemask_Bottom
Символ отверстия	Drill symbol figure	Manufacturing	Ncdrill_Figure
Номер вывода	Text	Package geometry	Pin_Number
<b>Графика</b>			
Границы компонента	Filled rectangle (frectangle)	Package geometry	Place_Bound_Top
Технологическая граница компонента	Filled rectangle (frectangle)	Package geometry	Dfa_Bound_Top
Шелкография	Rectangle, Line Segment	Package geometry	Silkscreen_Top
Графика для сборочного чертежа	Line segment	Package geometry	Assembly_Top
<b>Текст</b>			
Позиционное обозначение	Text	Ref Des	Silkscreen_Top
			Assembly_Top
Величина основного параметра	Text	Component value	Silkscreen_Top
			Assembly_Top
Допуск на основной параметр	Text	Tolerance	Silkscreen_Top
			Assembly_Top
Наименование компонента	Text	User part number	Silkscreen_Top
			Assembly_Top

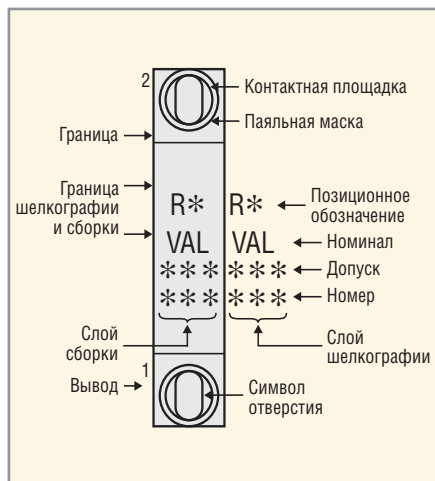


Рис. 8. Обозначение или маркировка символа посадочного места

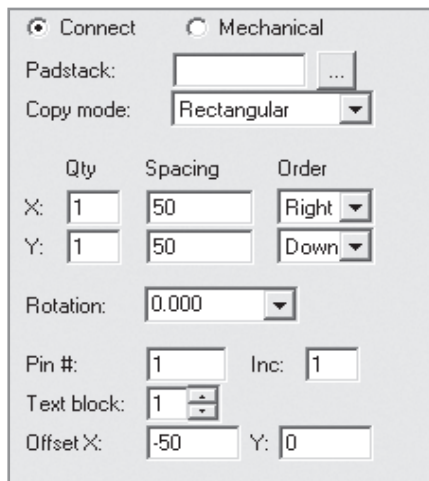


Рис. 9. Вид панели Options при размещении выводов

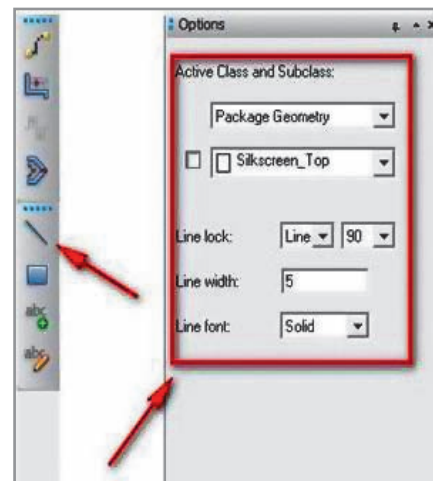


Рис. 10. Параметры рисования линий на панели Options

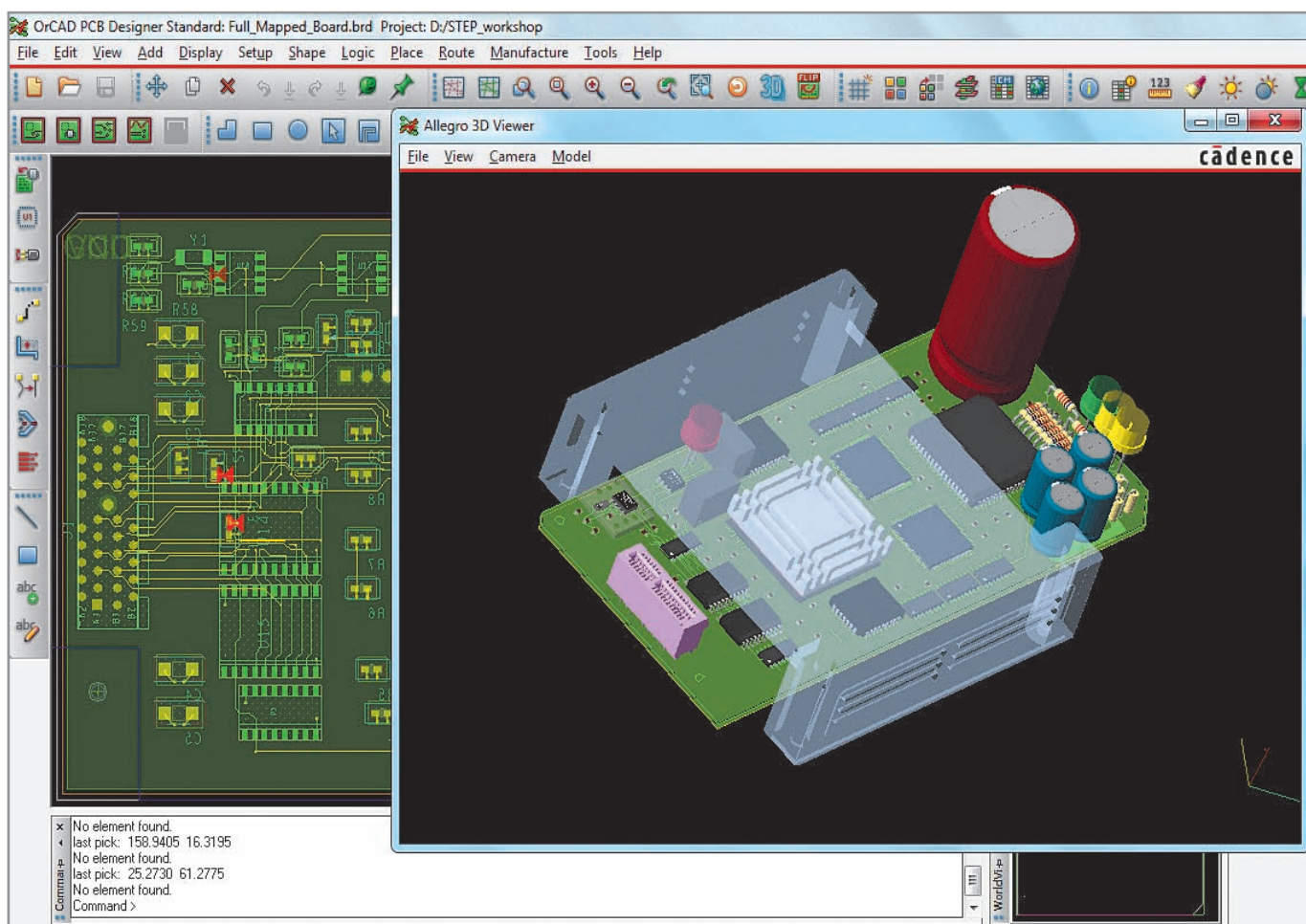


Рис. 11. Загрузка полных 3D-моделей компонентов в формате STEP


лировку для контактных площадок согласно рисунку 7. В меню Display – Color устанавливаются параметры отображения для соответствующих классов и подклассов. Распределение классов и подклассов при создании посадочного места показано на рисунке 8.

В таблице приведён примерный список всех классов и подклассов, которые должны быть описаны в посадочном месте. Все эти настройки

проекта на данном этапе можно записать в файл параметров проекта по команде File – Export – Parameters. Такие файлы имеют расширение PRM и загружаются в проект по команде File – Import – Parameters. Их также можно хранить в виде библиотечного набора, путь к которому задаётся через переменную parampath в категории Path – Library.

2. Положение начала координат задаётся по команде меню Setup –

Change Drawing Origin. Возможны различные варианты привязки его с помощью команды ПКМ – Snap Pick to.

3. Установка выводов компонента происходит по команде Layout – Pins либо через кнопку  на панели инструментов. После этого панель Options примет вид (см. рис. 9):

- Connect, Mechanical – здесь необходимо выбрать тип устанавлива-

емого вывода или группы выводов (сигнальный или механический). Только к сигнальным выводам будут впоследствии подведены цепи (соединения), и только у сигнальных выводов есть номер. Механический вывод не имеет номера и не участвует в образовании электрических соединений на плате;

- Padstack – здесь выбирается непосредственно вывод компонента, созданный ранее с помощью программы Pad Designer (см. выше);
- Copy mode – тип матрицы выводов: Rectangular – ортогональная матрица, Polar – круговая матрица;
- X, Y – направления создания копий по горизонтали и по вертикали, соответственно; Qty – количество; Spacing – расстояние между геометрическими центрами двух соседних копий; Order – направление копирования;
- Rotation – угол поворота каждого вывода;
- Pin # – номер вывода;
- Inc – шаг следования номеров;
- Text block – выбор текстового блока: высота, ширина и т.д. (см. выше);
- Offset X,Y – смещение текста относительно контактных площадок. При установке нулевого смещения номера выводов будут накладываться на контактные выходы, что неудобно.

После указания всех вышеперечисленных параметров необходимо установить выводы в соответствии со справочным листком компонента.

4. Нумерация выводов в соответствии с техническим описанием компонента происходит по команде Layout – Renumber Pins. Программа для простых корпусов, например, DIP и SOIC, автоматически определяет требуемый стиль нумерации, поэтому достаточно нажать кнопки Apply и OK.
5. На этом этапе необходимо нарисовать слои сборки и шелкографии в Package\_Geometry/Assemly\_Top(Bottom) и Silkscreen\_Top(Bottom), соответственно. Данные элементы лучше всего рисовать с помощью инструментов меню Add (инструмент Line наилучшим образом подходит для данной операции). На-

**Листинг 1**

```
# If units not specified use current design units,,,,,,,,,
Units,mils,,,,,,,,,
# Format for pin definition file (comma delineated),,,,,,,,,
"# To Mirror pin text use "m"","",,,,,,,,,,
#PinNumber,Padstack,x,y,rotation,textOffsetX,textOffsetY,textRotate,textMirror
48,S060X014RCT,150,226.38,0,0,0,0,
47,S060X014RCT,150,206.69,0,0,0,0,
46,S060X014RCT,150,187.01,0,0,0,0,
45,S060X014RCT,150,167.32,0,0,0,0,
44,S060X014RCT,150,147.64,0,0,0,0,
43,S060X014RCT,150,127.95,0,0,0,0,
```

стройке рисования появляются на панели Options (см. рис. 10):

- Line lock – выбор типа (дуга или линия), выбор угла;
  - Line width – толщина линии;
  - Line font – стиль линии (сплошная, штриховая и т.д.).
6. Необходимо установить префикс позиционного обозначения с помощью команды меню Layout – Labels – RefDes. Следует помнить, что для позиционных обозначений выделен отдельный класс RefDes и соответствующие подклассы – для сборки и шелкографии.
  7. Создание физических и технологических границ компонента на классе Package\_Geometry/Place\_Bound\_Top и Dfa\_Bound\_Top, соответственно. Обе границы рисуются в виде статических полигонов:
    - Place\_Bound\_Top – полигон, включающий в себя весь компонент со всеми выводами, кроме позиционных обозначений. Он также отвечает за высоту компонента;
    - Dfa\_Bound\_Top – специальный полигон, который позволяет задействовать систему проверки технологических зазоров между компонентами для обеспечения технологичности процесса сборки платы, Design For Assembly, в режиме реального времени. Данная функция доступна только пользователям Allegro PCB Designer.
  8. Указываем высоту компонента с помощью меню Setup – Areas – Package Height. При активации данной команды необходимо выбрать область Place\_Bound\_Top и на панели Options указать максимальную и минимальную высоту компонента. Необходимо отметить, что областей Place\_Bound\_Top может быть несколько, с различной высотой, что даёт возможность построить сложный контур для корпуса компонента. В ближайшем

обновлении OrCAD и Allegro добавится возможность вводить полную 3D-модель корпуса в формате STEP для библиотек посадочных мест (см. рис. 11).

Дополнительным и очень удобным инструментом в создании посадочных мест компонентов, который доступен пользователям последней версии OrCAD 16.6, служит команда File – Export/Import – CSV Pin File. Данная группа команд позволяет создавать и загружать информацию о компоненте в виде текстового файла в формате CSV. Этот файл редактируется в любом текстовом или табличном редакторе. Ниже приведён фрагмент такого файла (см. листинг 1).

Формат файла достаточно прост для понимания. В каждой строке через запятую указывается номер вывода, файл PAD, координаты X и Y, смещение текста с номером вывода, его угол поворота и зеркальность. Понятно, что с помощью такого файла можно описать расположение выводов у любого посадочного места. Кроме того, предусмотрена возможность частично или полностью заменить текущие выводы, а также заменить координаты их расположения.

Следует отметить, что этап работы над библиотеками компонентов крайне важен. Библиотеки должны соответствовать всем нормам и стандартам, принятым на производстве печатных плат. Пакет OrCAD PCB Editor позволяет в полной мере реализовать данные требования в кратчайшие сроки благодаря широкому набору инструментов для редактирования.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Allegro User Guide: Defining and Developing Libraries. Product Version 16.6. Cadence Design Systems, Inc., October 2012



# Обоснованный подход к нормативам пульсаций светодиодного освещения

Илья Ошурков (Москва)

Отсутствие ясности в вопросе пульсаций освещённости зачастую приводит к необоснованно завышенным требованиям и препятствует широкому внедрению полупроводниковых светильников. Встречаются различные ограничения: 5% или даже 1% пульсаций, частота выше 300 Гц и т.п. Иногда пульсации превращаются в инструмент «проталкивания» своих источников питания или светильников в конкурсных торгах. А ведь излишне жёсткие требования ведут к росту стоимости, а нужны далеко не всегда. Сложившуюся ситуацию нельзя назвать нормальной, и она требует рассмотрения.

Будем рассматривать внутреннее освещение помещений, где постоянно или временно присутствуют люди. Именно в этом случае считается, что чем меньше пульсации, тем лучше све-

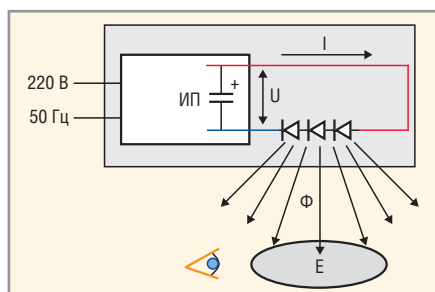


Рис. 1. Обобщённая схема системы освещения

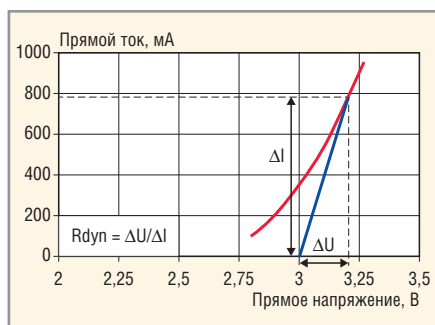


Рис. 2. Графический способ определения динамического сопротивления

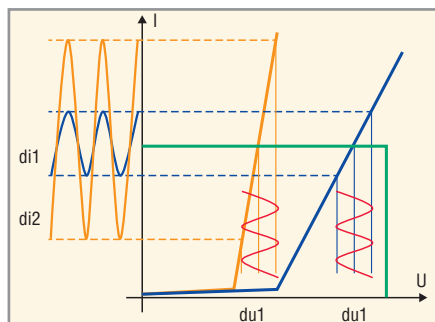


Рис. 3. Реакции тока светодиодов на одинаковое возмущающее воздействие по напряжению при разных нагрузках

тительник. При этом не всегда ясно, о каких пульсациях идёт речь: напряжения на выходе источника питания, тока через светодиоды или светового потока, создаваемого светильником?

Разговор о пульсациях следует начинать с рассмотрения системы освещения. В неё входят питающая электрическая сеть, осветительная установка, освещаемый объект и человек (см. рис. 1). Корпус, рассеиватель, отражатель и линзы следует исключить из рассмотрения, поскольку они не влияют на величину пульсаций, создаваемых светильником. Таким образом, установку можно представить в виде источника питания и светодиодов. Скорее всего, это будет импульсный источник питания с электролитическим конденсатором на выходе, параллельно которому подключаются светодиоды. Если источник питания высокого качества, то можно не обращать внимания на кратковременные сетевые помехи и колебания напряжения – они на выход не проходят. Однако из-за импульсной природы самого источника выходное напряжение  $U$  и ток  $I$  будут содержать пульсации. Их величина определяется как схемной реализацией источника, так и типом и количеством подключённых светодиодов.

Если на выходе источника питания стоит конденсатор, то производитель может гарантировать только величину пульсаций выходного напряжения. Пульсации тока будут больше. Насколько – зависит от количества и типа подключённых светодиодов. Очень грубо можно считать, что пульсациям напряжения в 4% соответствуют пульсации тока в 8–10%. В то же время именно пульсация тока определяет

пульсацию светового потока  $\Phi$  осветительной установки.

Чтобы улучшить эту характеристику, придётся ставить на выходе источника питания конденсаторы большей ёмкости или повышать его рабочую частоту/усложнять схемотехнику. Это приведёт к росту стоимости источника питания, а в итоге – и всего светильника. Поэтому смягчение требований к источнику питания по пульсациям выходного напряжения до обоснованных величин позволяет использовать более дешёвые компоненты и/или сократить их число.

Рассмотрим подробнее упомянутую зависимость пульсаций тока светодиодов от пульсаций выходного напряжения. Она определяется динамическим сопротивлением светодиода при номинальных рабочих параметрах. Один из вариантов нахождения динамического сопротивления – графический, посредством дополнительных построений на вольт-амперной характеристике (ВАХ) светодиода (см. рис. 2). В рабочей точке на номинальном токе строится касательная к кривой и находится  $\Delta U$  – разница между номинальным напряжением и напряжением в точке пересечения касательной с осью абсцисс. Разделив  $\Delta U$  на  $\Delta I$ , получим динамическое сопротивление одного светодиода. Чем более полог наклон характеристики, тем больше динамическое сопротивление. Чем круче характеристика, тем оно меньше.

При последовательном соединении светодиодов их сопротивления складываются, наклон кривой становится более пологим. Если светодиоды соединяются параллельно или используются многокристалльные светодиоды, соединённые внутри, их сопротивление будет уменьшаться, и наклон станет более крутым.

Если представить ВАХ светодиода кусочно-линейной функцией, наклон рабочего участка будет определяться суммарным динамическим сопротивлением светодиодной нагрузки источника питания. Если на этом же графике отметить выходную ВАХ источника питания (зелёная кусочно-линейная функция на рисунке 3), то в точке пе-

ресеечения с ВАХ светодиода получим рабочую точку.

Представим, что на выходе источника питания возникают пульсации напряжения известной амплитуды  $dU_1$ . Графическим методом из характеристики можно найти реакцию тока на эти пульсации –  $dI_1$ . Если же сопротивление в рабочей точке оказывается меньше (из-за уменьшения количества светодиодов или изменения их типа), то на такое же возмущающее воздействие  $dU_1$  реакция будет более значительной, и пульсации тока ( $dI_2$ ) возрастут. Следовательно, возрастут и пульсации освещённости. Вывод: чем выше динамическое сопротивление нагрузки, тем ниже пульсации тока и освещённости.

Теперь рассмотрим влияние пульсаций освещённости на человека. Сами пульсации затрагивают два процесса:

1. При рассматривании объектов глаза постоянно совершают крайне малые и очень быстрые движения, называемые саккадами [1]. Пульсации освещения приводят к тому, что саккады сбиваются; их число растёт. Это вызывает перенапряжение глазных мышц и нарушает нормальную работу мозга.

2. Отражённый от рассматриваемого объекта свет попадает на сетчатку, электрические сигналы с которой поступают в мозг. Если свет оказывается пульсирующим, спектр сформированных сигналов меняется, и нормальная электрическая активность мозга нарушается. Это вызывает утомление и снижает концентрацию внимания.

Кроме самого наличия пульсаций, важен такой параметр пульсирующего излучения, как частота. Какую же частоту можно считать приемлемой? Очевидно, что частота ниже 25 Гц заметна для глаз и сильно раздражает. В качестве примера можно привести стробоскопический режим работы в портативных светодиодных фонарях, который служит для привлечения внимания спасателей в чрезвычайных ситуациях. Кроме того, низкие частоты могут спровоцировать у некоторых людей приступ эпилепсии [2, 3].

Можно ли тогда считать приемлемыми пульсации, частота которых выше критической частоты слияния световых мельканий? И какова, собственно, эта критическая частота? Оказывается, она зависит как от метода определения, так

и от испытываемого. По разным данным [4, 5] её величина лежит в пределах 55–70 Гц. Казалось бы, достаточно сделать частоту пульсаций выше – и вопрос исчерпан. Однако это не совсем так.

Рассмотрим подробнее влияние пульсирующего излучения на мозг человека. Этот вопрос активно изучался в 60-х годах прошлого века, когда лампы накаливания стали вытесняться более эффективными люминесцентными лампами. Затем интерес к вопросу несколько снизился, но в начале 90-х на волне разработки новых энергетических стандартов и предписаний возобновился [6]. Наиболее значимые для нас результаты научных работ таковы:

- неразличимые глазом световые пульсации, тем не менее, регистрируются сетчаткой и мозгом [7, 8, 9];
- неразличимые глазом световые пульсации оказывают влияние на саккадические движения глаз [2, 10];
- повышение частоты пульсаций ведёт к снижению усталости глаз и утомляемости [11, 12, 13].

Особо пристального внимания заслуживает работа по выявлению влияния пульсирующих источников света на электрическую активность мозга че-



ММП-ИРБИС

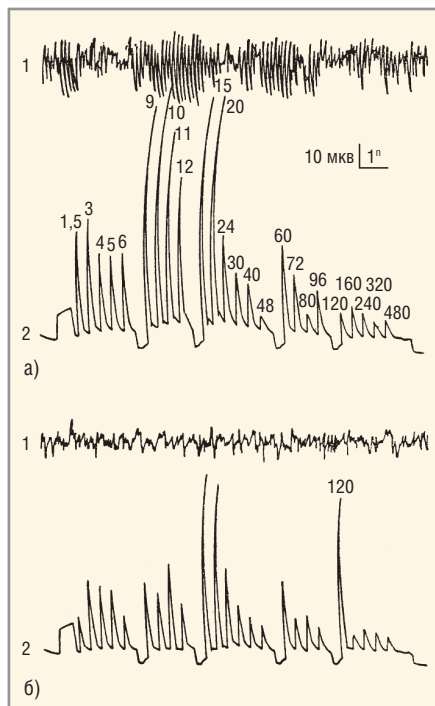
## Стабилизирующие источники постоянного тока



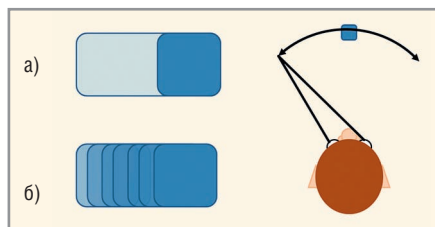
Инвертор ИНА300 разработан и производится ЗАО «ММП-Ирбис». Преобразует постоянное напряжение автомобильного аккумулятора 12 В в «чистую синусоиду» 220 В. ИНА300 станет Вашим неизменным попутчиком. «Чистая синусоида» обеспечит качественным питанием компьютер, ноутбук, телевизор и другие электронные устройства в любом месте Земли, где у Вас есть с собой автомобиль или аккумулятор.

ЗАО «ММП-Ирбис» 111024, Москва, Андроновское шоссе, 26  
 Телефон/факс: +7 (495) 987-10-16 • main@mmp-irbis.ru • [www.mmp-irbis.ru](http://www.mmp-irbis.ru)

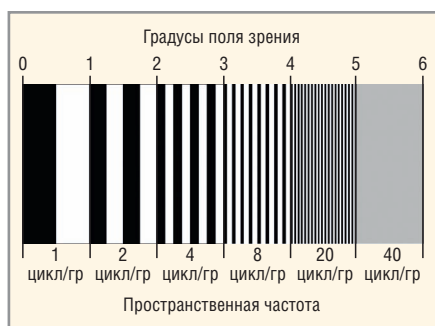
Реклама



**Рис. 4. Фрагмент записи одного из опытов**  
 а – спектр ЭЭГ в темноте (фон); б – спектр ЭЭГ при освещении светом, мелькающим с частотой 120 Гц; 1 – ЭЭГ затылочной области мозга; 2 – частотный спектр ЭЭГ, выдаваемый анализатором Уолтера



**Рис. 5. Иллюстрация стробоскопического эффекта**



**Рис. 6. Предел чувствительности пространственной частоты**

ловека [7]. Авторы выдвинули предположение, что отрицательное действие на человека однофазно включённых люминесцентных ламп (с использованием электромагнитного ПРА) может быть обусловлено изменением основной ритмической активности нейронов. В ходе исследования у группы испытуемых во время просмотра светового экрана снимали показания

электрической активности мозга. На экране формировалась освещённость с пульсациями различной формы, амплитуды и частоты.

Снятые электроэнцефалограммы были разложены на спектр. При отсутствии пульсирующего излучения преобладающими частотами были 9–10 и 15–20 Гц. Это так называемые альфа- и тэта-ритмы, свойственные человеческому мозгу в нормальном состоянии. Частоты выше 120 Гц в таком спектре представлены слабо (см. рис. 4а).

Когда же испытуемым были показаны пульсации на световом экране, спектр изменялся следующим образом: альфаритм значительно подавлялся, амплитуды присущих ему частот снижались, зато появлялся пик на частоте, равной частоте наблюдаемых световых пульсаций – появлялся навязываемый ритм.

Основные результаты этой работы:

- усвоение навязываемых пульсаций продолжается всё время действия раздражителя;
  - пульсации частотой выше 100 Гц начинают влиять на работу мозга уже при 2–3% глубине;
  - глубина пульсаций более 20% и более даёт точно такой же эффект, как и 100% пульсации;
  - пульсации с частотой выше 300 Гц не оказывают влияния на электрическую активность мозга;
  - на частоте 100 Гц нормальная работа мозга сохраняется до глубины пульсаций в 5–8%;
  - мозг способен усваивать не одну, а до четырёх частот раздражающего воздействия одновременно. Именно с этим связано высокое требование к пульсациям освещения в местах, где люди работают за компьютером. В таких помещениях на работу мозга влияет и пульсирующее излучение монитора, поэтому пульсацию света надо минимизировать.
- Работа [7] стала основополагающей при последующем создании различных нормативных документов. Именно отсюда проистекают нормативы 5% и 300 Гц, о которых мы периодически слышим.

Можно ли теперь считать приемлемым, если пульсации светильника имеют частоту выше 300 Гц? В общем-то да. Но есть ещё несколько нюансов.

Первое: нужно учитывать, что рабочие места с нашими светильниками (и входящими в их состав источниками питания) будут подвергнуты испытанию. При проведении контроля пара-

метров световой среды на рабочих местах используют методические указания Минтруда и Минздрава РФ: МУ ОТ РМ 01-98/МУ 2.2.4.706-98 «Оценка освещения рабочих мест» и Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда». Хотя, согласно этим документам, оценка должна проводиться только для газоразрядных ламп, на практике она применяется и для светодиодных светильников. И если в осветительной установке используется источник питания с пульсациями 350 Гц и амплитудой, скажем, 10%, то вашу осветительную установку забракуают и скажут, что вы – плохой производитель, несмотря на то, что производимые ею пульсации освещённости не влияют на мозг. Придётся доказывать неправоту такой оценки.

Чтобы избежать проблем, можно обратить внимание на следующий факт. Оценка освещённости проводится с помощью сертифицированных приборов – люксметров-пульсометров. Чувствительность этих приборов неодинакова для различных частот. Частотный предел чувствительности лежит в районе 1–2 кГц. Чем выше будет частота пульсаций тока светодиодов, тем ниже будут показания пульсометра (относительно реальных значений).

Второй нюанс – стробоскопический эффект. На производствах он опасен тем, что вращающиеся предметы кажутся неподвижными. В офисном помещении стробоскопический эффект не несёт такой опасности, но вызывает дискомфорт. Если объект освещается источником света без пульсаций, то при быстром переводе взгляда он будет выглядеть непрерывным (см. рис. 5а). Если освещение пульсирует, то вместо одного объекта мы увидим последовательность контрастных границ этого объекта (см. рис. 5б). Количество таких контрастных границ на градус поля зрения называется пространственной частотой.

Существует предел того, сколько подобных границ может различить человек. На рисунке б представлены различные пространственные частоты при 100% контрастности границ, т.е. когда мы рассматриваем белый объект на чёрном фоне. В этих условиях при превышении величины 30 границ на градус человек перестаёт воспринимать границы – вместо этого он видит однородное поле, как при освещении светом без пульсаций.



**Таблица. Требования к коэффициенту пульсаций освещённости для различных типов работ и помещений**

Документ	Коэффициент пульсаций, %	Комментарий
СП 52.13330.2011	10	Зрительная работа наивысшей точности, объект различения < 0,15 мм (пром. предприятия)
	10	Очень высокая точность работ, объект различения от 0,15 до 0,3 мм (жилые, общественные и административно-бытовые здания)
	10	Для I–III разрядов зрительных (производственные помещения)
	10	На рабочих поверхностях (производственные и складские здания)
	100	Помещения с периодическим пребыванием людей при отсутствии в них условий для возникновения стробоскопического эффекта (производственные и складские здания)
	10	В помещениях, где возможно возникновение стробоскопического эффекта (производственные и складские здания)
	10	Жилые, общественные и вспомогательные здания
СП 2.2.2.1327-03	5	Работа с ЭВМ
СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03	0	Общественные и жилые здания (группа 1)
	20	Общественные и жилые здания (группа 2)
СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03	5*	Работа с ЭВМ

\* Указанный параметр, подробно описанный в статье, вызывает неоднозначное толкование

Существуют рекомендации института инженеров электротехники и электроники IEEE PAR1789, в которых приводится расчёт наиболее приемлемой частоты пульсаций: если взять критическую пространственную частоту и учесть, что человек способен совершить изменение угла обзора на 180° градусов за одну секунду, получим 180° × 30 циклов/° = 5,4 кГц. Если осветительная установка будет освещать объект с пульсациями такой частоты, то они не будут регистрироваться мозгом и не повлияют на зрение – получим очень комфортное освещение. Однако следует учесть, что этот расчёт приблизительный, и для движущихся объектов он не подходит.

Проанализируем действующие нормативные акты в области освещения, касающиеся пульсаций освещённости:

1. СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение».
2. СП 2.2.2.1327-03 «Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту».
3. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий».
4. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

Самые жёсткие требования из этих документов сведены в таблицу. Из неё видно, что для промышленных предприятий и зрительных работ высшей степени точности достаточно pulsa-

ций освещённости не более 10%. То же требуется для жилых, общественных и бытовых зданий. Если же вы хотите осветить, например, склад, и в нём нет станков – можете вообще забыть про ограничения пульсаций.

Только в двух случаях для помещений с ЭВМ пульсации должны быть менее 5%. В первом случае требование документа СП 2.2.2.1327-03 совершенно справедливо: как мы уже говорили, две пульсации для мозга намного хуже, чем одна. Во втором случае (для СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03) имеем следующее:

- классификатор 2.4 указывает на то, что этот документ относится только к гигиене детей и подростков;
- в самом документе нет определения коэффициента пульсации: не указано, о каких пульсациях идёт речь. Подведем итоги:
- пульсации освещённости определяют состояние здоровья человека;
- пульсации освещённости полностью определены пульсациями тока через светодиоды;
- в большинстве источников питания для светодиодов производитель может гарантировать только уровень пульсаций выходного напряжения;
- пульсации тока через светодиоды не равны пульсациям выходного напряжения источника питания светодиодов. Они больше, и зависят от типа светодиодов и их соединения;
- пульсации освещённости с частотой выше 300 Гц на человека не влияют;
- пульсации освещённости на частоте 100 Гц влияют на человека. Приемлемый уровень пульсаций на этой частоте – не выше 5%;

- обеспечивать уровень пульсаций не выше 5% нужно только в помещениях с ЭВМ, чтобы снизить вредное воздействие на мозг и глаза;
- для всех остальных типов помещений пульсации освещённости должны быть ограничены на уровне 10–20%;
- требование к уровню пульсаций освещённости менее 1% не обосновано, не подтверждено нормативными документами и исследованиями.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Физиология зрения. Электронный учебник по курсу физиологии человека и животных, 2012. [www.bio.bsu.by/phha/19/19\\_text.html](http://www.bio.bsu.by/phha/19/19_text.html) (актуально на: 16.12.2012).
2. Wilkins A., Nimmo-Smith I., Tait A., McManus C., Della Sala S., Tilley A., Arnold K., Barrie M., Scott S. A neurological basis for visual discomfort // «Brain», 1984, p. 107.
3. Harding G.F.A., Harding P.F. Photosensitive epilepsy and image safety // Applied Ergonomics, 2010, vol. 41.
4. Jobansson A., Sandström M. Sensitivity of the human visual system to amplitude modulated light // Arbetslivsrapport, 2003, № 4.
5. Wilkins A., Veitch J., Lehman B. LED Lighting Flicker and Potential Health Concerns // IEEE Standard PAR1789, Update.
6. Veitch J.A. Lighting quality contributions from biopsychological processes // Journal of the Illuminating Engineering Society, 2001, № 30 (1).
7. Ильянюк В.А., Самсонова В.Г. Влияние пульсирующих источников света на электрическую активность мозга человека // Светотехника, 1963, № 5.
8. Greenhouse D.S., Berman S.M., Bailey I.L., Raasch T.W. Human electroretinogram responses to video displays, fluorescent lighting and other frequency sources // Optometry and vision science, vol.6 8, № 8.
9. Eysel U.T., Burandt U. Fluorescent light evokes flicker responses in visual neurons // Vision research, 24 (9).
10. Kennedy A., Murray W.S. The effect of flicker on eye movement control // Quarterly journal of experimental psychology, 1991, 43A (1).
11. Wilkins A., Nimmo-Smith I., Slater A., Bedocs L. Fluorescent lighting headaches and eye-strain // Lighting Research and Technology, 1998, 21.
12. Масёкене К.С. Исследование работоспособности в условиях промышленной осветительной установки на повышенной частоте // Светотехника, 1968, № 8.
13. Масёкене К.С. Зрительная работоспособность при питании ламп током повышенной частоты // Светотехника, 1967, № 10.

# Адаптивные алгоритмы управления упругомассовыми объектами с неизвестными математическими моделями

Наталья Гудкова, Ксения Бесклубова (Ростовская обл.)

При синтезе традиционных систем автоматического управления упругомассовыми объектами серьёзную трудность вызывает их адекватное математическое описание. Статья посвящена исследованию возможностей приложения принципов адаптивного обратного моделирования к задачам управления такими объектами без использования их математических моделей. Показано, что разработанные алгоритмы обеспечивают минимизацию среднеквадратической ошибки и демпфирование колебаний в управляемом объекте. Приведены результаты имитационного моделирования адаптивной системы управления двухмассовым электроприводом, которые свидетельствуют об эффективности предложенных решений.

## ВВЕДЕНИЕ

Значительную часть современного производственного оборудования составляют электроприводы механизмов с упругими передачами, которые называют упругомассовыми системами (объектами) [1–4].

Существенной особенностью такого рода объектов является взаимное влияние друг на друга механической и электрической частей устройства, т.е. упругие колебания в механической части приводят к возникновению колебательных режимов в электроприводе, что существенно усложняет управление объектом.

Постоянно возрастающие требования к качеству управления технологическими процессами вынуждают проектировщиков управляющих устройств учитывать упругие свойства таких объектов и, следовательно, использовать более точные математические модели для их описания.

Известно, что большинство известных методов синтеза автоматических систем управления базируется на использовании математической модели управляемого объекта. Для синтеза упругомассовых систем эти методы применимы далеко не всегда, т.к. на практике получить адекватное математическое описание упругих свойств объекта зачастую трудно, а иногда и невозможно. Это связано с погрешностями измерений, старением оборудования, внешними возмущениями, влияющими на характеристики объекта.

В подобных случаях выходом из положения может стать использование адаптивных алгоритмов, предназначенных для управления так называемыми неопределёнными объектами (НО), т.е. объектами с неизвестной математической моделью, иначе, объектами типа «чёрный ящик» [5–8]. Такой подход представляется авторам весьма перспективным направ-

лением в современной теории управления.

Статья посвящена некоторым вопросам приложения алгоритмов данного класса к задачам управления упругомассовыми объектами.

## ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НЕОПРЕДЕЛЁННЫМ ОБЪЕКТОМ

Схема адаптивной системы управления НО показана на рисунке 1.

Как видно из рисунка, система представляет собой цифроаналоговую структуру, состоящую из неопределённого динамического объекта (НО) и адаптивного регулятора, реализованного программно в управляющем компьютере (УК). Объект и регулятор связаны между собой преобразователями АЦП/ЦАП.

Система функционирует следующим образом.

Задающее воздействие (уставка) формируется в УК в виде дискретного сигнала  $g_k$  ( $k = 1, 2, \dots$ ), который поступает на вход адаптивной обратной модели объекта (АОМ). На выходе АОМ формируется дискретный управляющий сигнал  $u_k$ , который после преобразования в ЦАП подаётся на вход НО. Одновременно сигнал  $g_k$  поступает на вход эталонной модели системы (ЭМ), на выходе которой формируется эталонный (желаемый) процесс для управляемого объекта  $x_k^{эТ}$ . Выходной сигнал объекта  $x$  после преобразования в АЦП поступает на вход УК, где сравнивается с сигналом  $x_k^{эТ}$ , в результате чего вычисляется сигнал рассогласования (ошибка управления) системы по формуле:

$$\varepsilon_k = x_k^{эТ} - x_k \quad (1)$$

Целью управления является адаптивная минимизация среднеквадратической ошибки (СКО) (1). Для решения этой задачи АОМ объекта реализуется

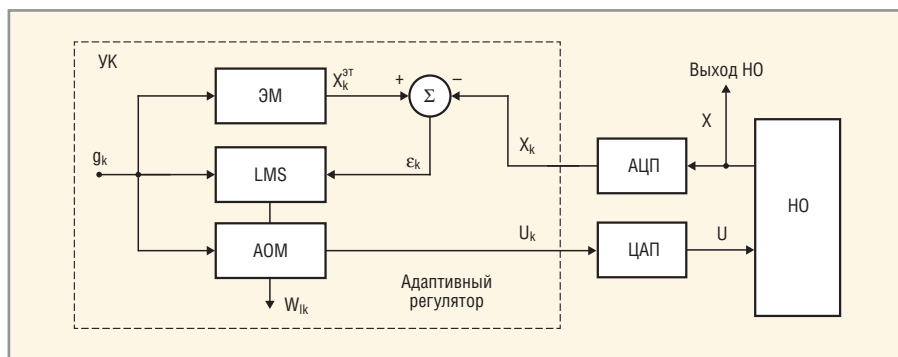


Рис. 1. Схема адаптивной системы управления неопределённым объектом

в виде адаптивного трансверсального фильтра (АТФ) [5].

Его уравнение имеет вид:

$$u_k = \sum_{l=1}^L w_{lk} g_{k-l}, \quad (2)$$

где  $L$  – число весовых коэффициентов фильтра  $w_{lk}$ , которые в процессе адаптации перестраиваются по методу наименьших квадратов (Least Mean Square, LMS) в соответствии с рекуррентным соотношением:

$$w_{l(k+1)} = w_{lk} + 2\mu g_{k-l} \varepsilon_k, \quad (3)$$

где  $\mu$  – параметр (шаг) сходимости адаптивного алгоритма (3).

В данном случае суть адаптации заключается в том, что после завершения процесса перестройки вектор весовых коэффициентов оптимизируется таким образом, что средне-квадратическая ошибка  $E[\varepsilon_k^2]$  становится равной своему минимальному значению, которое зависит от заданной относительной средней величины СКО  $M$ , которая ограничена пределами [6]:

$$0 < M < 1. \quad (4)$$

Для устойчивой работы алгоритма (3) должно выполняться условие:

$$\mu < \frac{M}{E[g_k^2]L}, \quad (5)$$

где  $E[g_k^2]$  – средняя мощность сигнала  $g_k$ .

В отличие от традиционных принципов автоматического управления, в данной структуре, как и в системах [5–8], не используется физическая отрицательная обратная связь между выходом объекта и входом системы. Её роль играет функциональная обратная связь, замыкающаяся через адаптивный процесс.

Из приведённого алгоритмического описания видно, что управление по принципу адаптивного обратного моделирования не требует знания математической модели объекта, так как управляющее воздействие формируется только на основе информации о текущих значениях сигналов  $g_k$  и  $\varepsilon_k$ .

### МЕТОДИКА СИНТЕЗА

Синтез адаптивной системы – задача нетривиальная, т.к. из-за неопределённости объекта трудно получить однозначное решение в каждом отдельном случае. В данной работе предпринята попытка формализовать эту процедуру, которая здесь сводится к выбору параметров АОМ и ЭМ. Как показано в [8], для этого достаточно иметь лишь некоторую априорную информацию о динамических свойствах НО, например, о форме его переходной характеристики и/или о времени её установления  $t_{уст}$ .

Процедура синтеза рассматриваемой системы сводится к следующим действиям:

- задаётся шаг (интервал) дискретизации сигналов по времени  $T$  из условия:

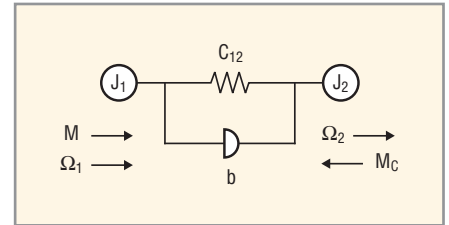


Рис. 2. Расчётная схема двухмассовой механической части электропривода

$$T_{алг} \leq T \leq (0,01...0,001)t_{уст}, \quad (6)$$

где  $T_{алг}$  – ориентировочное время обработки информации в управляющем компьютере и преобразователях ЦАП/АЦП;

- выбирается эталонная модель системы (ЭМ). Это может быть динамическое звено любого вида, однако практика показала, что во многих случаях хорошие результаты получаются при использовании в качестве ЭМ апериодического звена первого порядка с передаточной функцией:

$$W_{эт}(s) = \frac{X_{эт}(p)}{G(p)} = \frac{K_{эт}}{T_{эт}p + 1}, \quad (7)$$

где  $K_{эт}$  – желаемый коэффициент передачи системы, а  $T_{эт}$  – постоянная времени, которая задаётся соотношением:

$$T_{эт} \leq t_{уст}/4; \quad (8)$$

- задаётся желаемая относительная ошибка адаптации системы  $M$  (4);



Эк  
ЗИП  
ЭС

# ЭК ЗИП

## Огромный ассортимент

## Всегда в наличии на складе



[www.zip-2002.ru](http://www.zip-2002.ru)

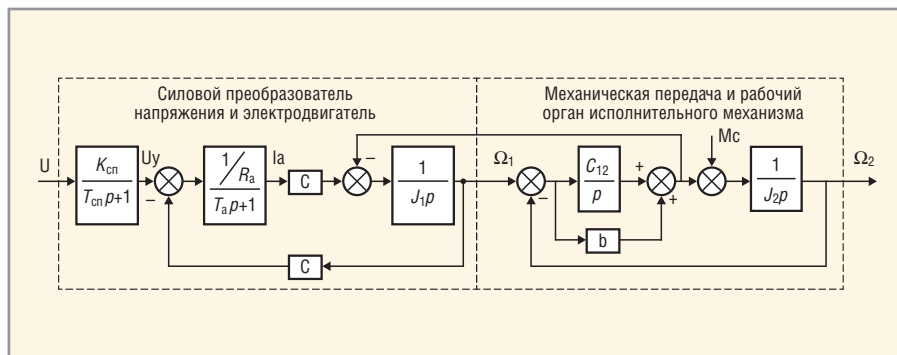


Рис. 3. Обобщённая структурная схема объекта «электропривод – двухмассовый механизм»

• выбираются параметры  $L$  и  $\mu$  АОМ из условия (5), в котором в качестве средней мощности входного сигнала системы  $E[g_k^2]$  используется её предельно допустимое по условиям эксплуатации значение.

Слабым местом методики синтеза рассматриваемой структуры является отсутствие возможности теоретической оценки верхнего предела параметра  $M$ , соответствующего границе устойчивости системы, поэтому расчётные параметры должны уточняться в процессе её функционирования.

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УПРУГОМАССОВЫМ ОБЪЕКТОМ**

Для иллюстрации процедуры и результатов синтеза системы необ-

ходимо иметь имитационную модель неопределённого объекта. С этой целью используем структурную модель двухмассового электропривода [4], которая достаточно корректно отражает упругие свойства системы «электродвигатель – рабочий орган».

На рисунке 2 приведена расчётная схема двухмассовой механической части электропривода, а на рисунке 3 – обобщённая структурная схема объекта «электропривод – двухмассовый механизм».

На схемах приняты следующие обозначения величин и параметров:  $J_1$  и  $J_2$  – моменты инерции первой (ротор двигателя) и второй (рабочий орган) масс соответственно;  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$  – их угловые скорости;  $C_{12}$  и  $b$  – приведённый коэффициент жёсткости и коэффициент внутреннего вязкого

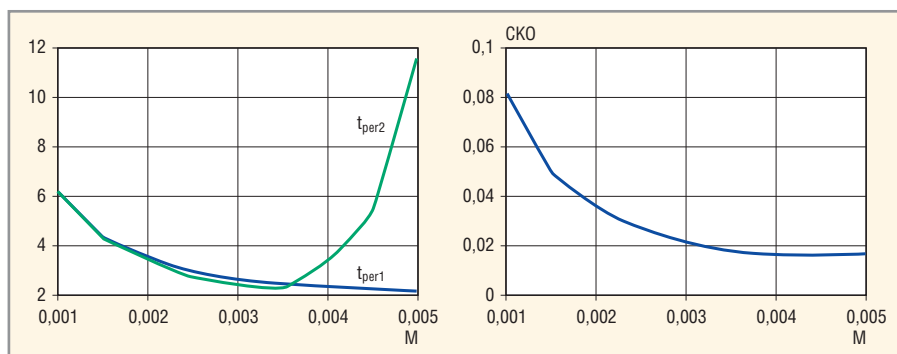


Рис. 5. Зависимости времени регулирования по каналам  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$  и величины СКХ от значений  $M$  при  $T = 0,004$  с

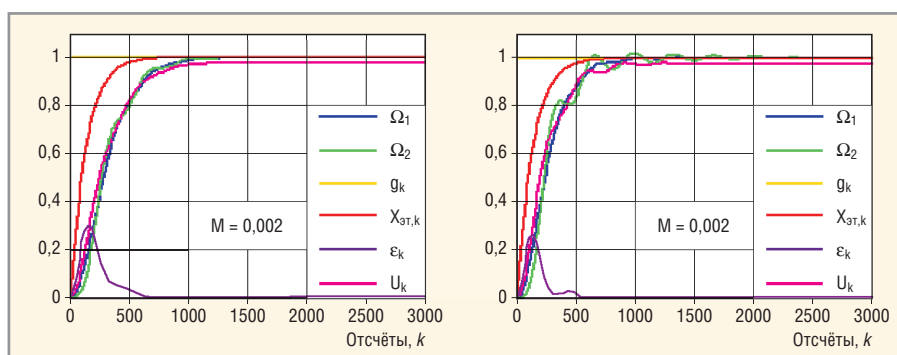


Рис. 6. Устойчивые переходные процессы в адаптивной системе

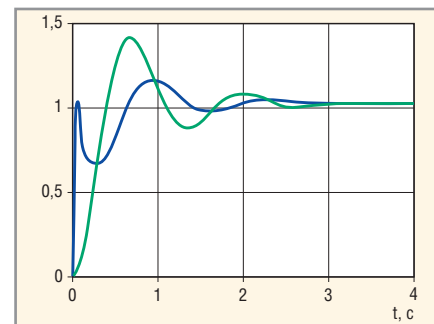


Рис. 4. Угловые скорости электродвигателя  $\Omega_1(t)$  и рабочего органа  $\Omega_2(t)$  при  $U(t) = 1$  В

трения кинематической передачи;  $M$  – момент, развиваемый двигателем;  $M_c$  – момент сопротивления нагрузки;  $U$  и  $U_y$  – управляющее и выходное напряжения силового преобразователя напряжения;  $I_a$  – ток якорной цепи электродвигателя;  $K_{сн}$  и  $T_{сн}$  – коэффициент передачи и постоянная времени силового преобразователя;  $R_a$  и  $T_a$  – активное сопротивление и постоянная времени якорной цепи,  $C$  – конструктивная постоянная двигателя.

Используя численные значения параметров, приведённые в [4], преобразуем данное структурное представление (без учёта пренебрежимо малой постоянной времени силового преобразователя  $T_{сн}$ ) к передаточным функциям объекта, где выходами являются измеряемые угловые скорости ротора двигателя и рабочего органа:

$$W_1(p) = \frac{\Omega_1(p)}{U(p)} = \frac{2506p^2 + 984,6p + 62660,5}{p^4 + 52,4p^3 + 2718p^2 + 8575p + 61157}$$

$$W_2(p) = \frac{\Omega_2(p)}{U(p)} = \frac{984,7p + 62660,5}{p^4 + 52,4p^3 + 2718p^2 + 8575p + 61157} \quad (9)$$

На рисунке 4 показаны переходные характеристики двухмассового объекта, полученные в среде MATLAB по передаточным функциям (9). Здесь синим цветом отображена характеристика  $\Omega_1(t)$ , а зелёным цветом – характеристика  $\Omega_2(t)$  при подаче на вход объекта нормированного напряжения  $U(t) = 1$  В.

По характеристикам определяем время установления переходных процессов: по каналу  $U \rightarrow \Omega_1$ :  $t_{уст1} = 1,63$  С, по каналу  $U \rightarrow \Omega_2$ :  $t_{уст2} = 1,63$  С.

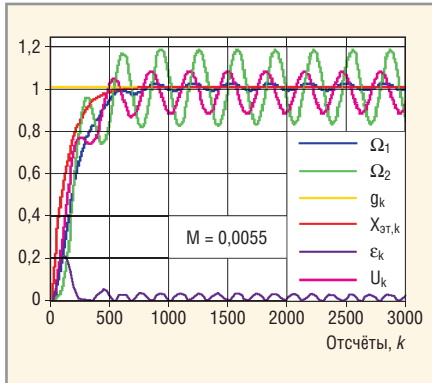


Рис. 7. Неустойчивые переходные процессы в адаптивной системе

Из рисунков видно, что оба процесса представляют собой затухающие колебания со значительным перерегулированием: для  $\Omega_1$  :  $\sigma_1 = 13\%$ , для  $\Omega_2$  :  $\sigma_2 = 38\%$ , при этом число колебаний скорости  $\Omega_2$  за время установления  $N_2 = 1,5$ .

Как сказано выше, рассматриваемая управляющая структура гарантирует адаптивную минимизацию среднеквадратической ошибки управления неизвестным объектом  $E[\varepsilon_k^2] = \min$ . Однако во многих случаях для качественной работы промыш-

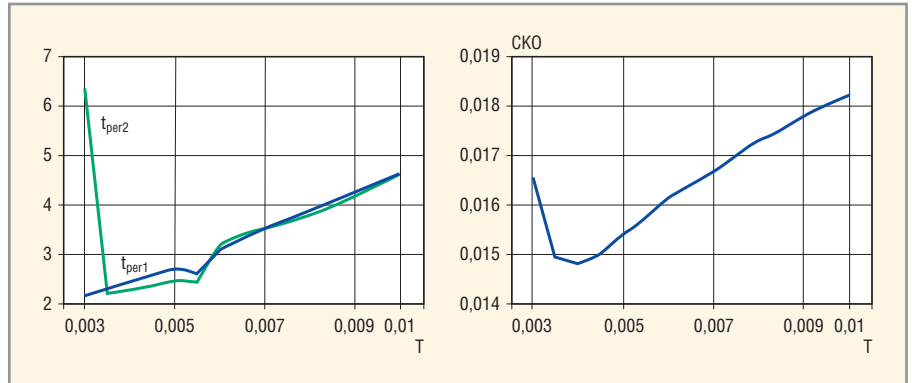


Рис. 8. Зависимости времени регулирования по каналам  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$  и величины СКО от значений  $T$  при  $M = 0,0035$

ленных электроприводов этого недостаточно.

Требуется также

- обеспечить подавление колебаний как в электродвигателе, так и в рабочем органе управляемого объекта;
- обеспечить время регулирования процессов  $\Omega_1(t)$  и  $\Omega_2(t)$  в системе, отвечающее условиям  $t_{per1} \leq t_{уст1}$  и  $t_{per2} \leq t_{уст2}$ .

Ниже приводятся некоторые результаты имитационного моделирования в пакете MATLAB адаптивной системы

управления двухмассовым электроприводом при постоянном нормированном задающем воздействии  $g_k = 1$  и нулевом моменте сопротивления нагрузки  $M_c = 0$ . Число коэффициентов АОМ  $L = 1$ .

Целью моделирования было исследование влияния на качество управления объектом относительной среднеквадратической ошибки адаптации  $M$  и интервала дискретизации сигналов по времени  $T$ . Для этого рассмотрены два варианта сочетания этих параметров.

## САПР печатных плат

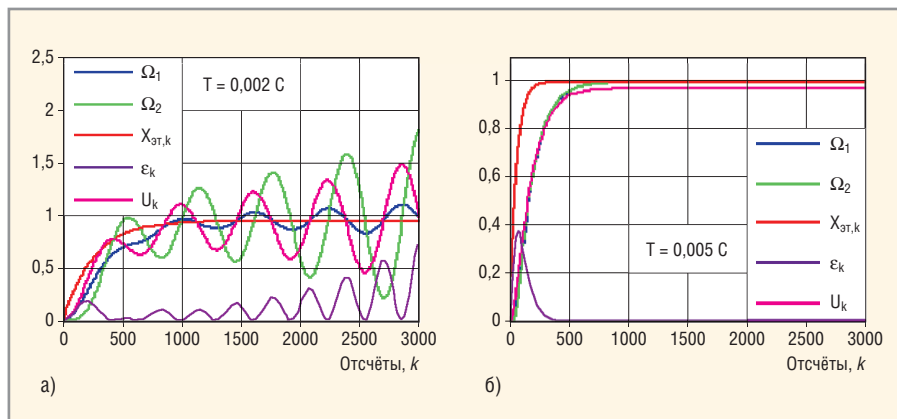
EREMEX DELTA DESIGN — проектирование печатных плат

Менеджер библиотек



Тел.: +7 (495) 232-1864; +7 (812) 448-0444  
Факс: +7 (495) 234-0640 • E-mail: info@eremex.ru • Web: www.eremex.ru

Реклама



**Рис. 9. Переходные процессы в адаптивной системе**  
а – неустойчивый режим; б – устойчивый режим

**ВАРИАНТ 1. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРИ T = CONST; M = VAR**

По результатам моделирования составлена таблица 1, отражающая зависимость от заданной относительной ошибки M показателей качества

системы: времени регулирования (t<sub>рег1</sub> и t<sub>рег2</sub>), перерегулирования (σ<sub>1</sub> и σ<sub>2</sub>) в обоих каналах, числа колебаний N<sub>2</sub> сигнала Ω<sub>2</sub>(t), а также величины СКО при выбранном из диапазона (6) значении интервала T = 0,004 с.

**Таблица 1. Зависимость показателей качества адаптивной системы от заданной величины M при T = 0,004 с**

M	t <sub>рег1</sub> , с	t <sub>рег2</sub> , с	σ <sub>1</sub> , %	σ <sub>2</sub> , %	N <sub>2</sub>	СКО
0,001	6,23	6,23	0	0	0	0,0677
0,0015	4,38	4,34	0	0	0	0,0418
0,002	3,53	3,53	0	0	0	0,0293
0,0025	2,95	2,74	0	0	1	0,0221
0,003	2,64	2,42	0,1	0,7	3	0,0177
0,0035	2,46	2,30	0,2	2,2	4	0,0148
0,004	2,34	3,36	0,3	4,3	6	0,0130
0,0045	2,23	5,24	0,5	7,5	9	0,0124
0,005	2,12	11,63	0,8	11,9	9	0,0139

**Таблица 2. Зависимость показателей качества адаптивной системы от заданной величины T при M = 0,0035**

T, ×10 <sup>-3</sup> с	t <sub>рег1</sub>		t <sub>рег2</sub>		σ <sub>2</sub> , %	N <sub>2</sub>	СКО
	отсчёты	с	отсчёты	с			
1...2,5	–	–	–	–	–	2,5...5,5	1,7152...0,0298
3	730	2,19	2173	6,52	8,7	6,5	0,0150
3,5	667	2,33	635	2,22	4,3	6	0,0149
4	616	2,46	575	2,3	2,2	4	0,0148
4,5	577	2,6	531	2,39	1	3	0,0150
5	549	2,75	502	2,51	0,3	2	0,0154
5,5	530	2,65	489	2,45	0,1	1	0,0157
6	520	3,12	538	3,23	0	0	0,0161
6,5	513	3,33	525	3,44	0	0	0,0164
7	504	3,53	505	3,54	0	0	0,0167
7,5	495	3,71	490	3,68	0	0	0,0170
8	486	3,89	479	3,83	0	0	0,0173
8,5	479	4,07	471	4,00	0	0	0,0175
9	473	4,26	467	4,20	0	0	0,0178
9,5	469	4,46	465	4,42	0	0	0,0180
10	465	4,65	463	4,63	0	0	0,0182

Из таблицы 1 видно, что при малых значениях M колебания в объекте практически полностью подавляются, но при этом затягиваются процессы регулирования в системе. С увеличением показателя M быстродействие и точность системы повышаются до тех пор, пока величина M не станет равной оптимальному для данного объекта значению; при дальнейшем увеличении этого параметра возрастает колебательность процессов и система переходит в неустойчивый режим.

По данным табл. 1 построены графики зависимостей t<sub>рег1</sub>(M), t<sub>рег2</sub>(M) и СКО(M), показанные на рисунке 5, из которых видно, что при заданном периоде T = 0,004 с оптимальное значение M<sub>опт</sub> ≈ 0,0035.

Некоторые характерные для рассматриваемого случая процессы адаптации в системе при различных значениях M показаны на рисунках 6 и 7.

**ВАРИАНТ 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРИ M = CONST; T = VAR**

По результатам моделирования составлена таблица 2, которая отражает зависимость показателей качества адаптивной системы от шага дискретизации T при значении M<sub>опт</sub> = 0,0035.

На рисунке 8 показаны графики зависимостей t<sub>рег1</sub>(T), t<sub>рег2</sub>(T) и СКО(T). Характерные процессы в адаптивной системе при различных значениях T показаны на рисунке 9.

Из приведённых данных видно, что шаг дискретизации сигналов по времени оказывает существенное влияние на свойства системы: при малых значениях T процессы неустойчивы; увеличение шага дискретизации приводит к уменьшению колебательности и затягиванию переходных процессов.

Анализ характеристик на рисунках 5 и 8 показывает, что частичного или полного выполнения требований, предъявляемых к качеству управления рассматриваемым объектом, можно добиться путём соответствующего выбора отношения параметров M/T\*, где T\* = T/t<sub>уст2</sub> – масштабированное значение шага дискретизации. На рисунке 10 показаны графики зависимости величин СКО и σ<sub>2</sub> от соотношений M/T\*, которые иллюстрируют это положение.

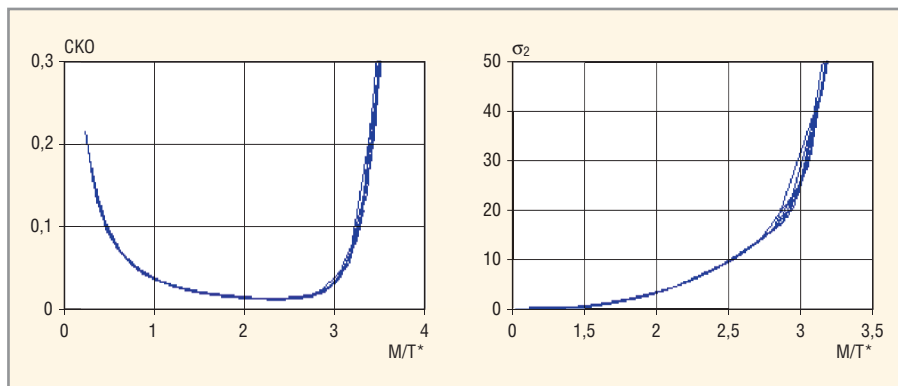


Рис. 10. Зависимости величин SKO и  $\sigma_2$  от значений  $M/T^*$

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные в работе результаты позволяют сделать следующие выводы:

- метод адаптивного обратного моделирования может успешно применяться в задачах управления упругомассовыми объектами с неопределёнными математическими моделями;
- разработанный способ формализации процедуры синтеза адаптивного регулятора позволяет обеспечить минимизацию среднеквадратической ошибки системы и

практически полное подавление колебаний на выходе рабочего органа объекта. Однако, поскольку имитационное моделирование адаптивной системы проводилось только для конкретного вида объектов, данный вывод не может претендовать на общность и его подтверждение требует дальнейших исследований.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Борцов Ю.А., Соколовский Г.Г. Автоматизированный электропривод с упругими связями. Санкт-Петербург: Энергоатомиздат, 1992.

2. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. Изд. 4-е, перераб. и доп. СПб: Профессия, 2004.

3. Тарарыкин С.В., Копылова Л.Г., Тотиков В.В. Особенности управления состоянием электромеханических систем при ограниченной мощности исполнительных устройств. Мехатроника, автоматизация, управление. 2007. № 6.

4. Гудкова Н.В., Чуйков В.М. Синтез упругомассовых систем управления по желаемой переходной характеристике. Современная электроника. 2011. № 3.

5. Уидроу Б., Стирнз С. Адаптивная обработка сигналов. М: Радио и связь, 1989.

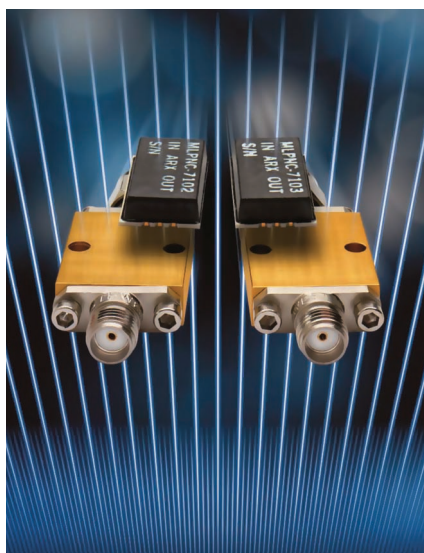
6. Гудкова Н.В. Цифровое управление техническими объектами с применением адаптивного обратного моделирования. Автоматизация и современные технологии. 2006. № 4.

7. Widrow B., Walach E. Adaptive Inverse Control. A Signal Processing Approach, Wiley, Hoboken, NJ, 2008.

8. Гудкова Н.В. Приложение принципов адаптивного моделирования к задачам управления динамическими объектами типа «чёрный ящик». Современная электроника. 2012. № 8.



AEROFLEX НЕЛИНЕЙНЫЙ ФОРМИРОВАТЕЛЬ ГАРМОНИК



#### ПРЕИМУЩЕСТВА:

- Не требует источника питания
- Ультранизкий уровень фазовых шумов
- Широкий температурный диапазон
- Герметичное исполнение
- Непрерывный и импульсный режим работы

#### ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ЗАКАЗА:

##### GaAs нелинейный формирователь гармоник

Серийный Номер	Мощность на входе (дБм)		Мощность на выходе (дБм)		
	Минимум	Максимум			
MLPNC-7102-SMA800	21 @ 400 МГц	23 @ 600 МГц	> -8 @ 4 ГГц	> -16 @ 12 ГГц	> -20 @ 20 ГГц
MLPNC-7102-SMT680	21 @ 400 МГц	23 @ 600 МГц	> -8 @ 4 ГГц	> -16 @ 12 ГГц	> -20 @ 20 ГГц
MLPNC-7103-SMA800	21 @ 800 МГц	23 @ 1300 МГц	> -5 @ 6 ГГц	> -15 @ 18 ГГц	> -20 @ 30 ГГц
MLPNC-7103-SMT680	21 @ 800 МГц	23 @ 1300 МГц	> -5 @ 6 ГГц	> -15 @ 18 ГГц	> -20 @ 30 ГГц

Реклама

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСЛУГИ

- ИНЖЕНЕРНЫЙ И ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНСАЛТИНГ
- КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТЬ КОНЕЧНОГО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ
- ПРОВЕДЕНИЕ СЕРТИФИКАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ
- КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО
- ПЯТАЯ ПРИЕМКА

ЕДИНЫЙ БЕСПЛАТНЫЙ ТЕЛЕФОН: 8-800-333-6350 ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА: AEROFLEX@PTELECTRONICS.RU WWW.PTELECTRONICS.RU  
ОФИСЫ КОМПАНИИ: САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, МОСКВА, НИЖНИЙ НОВГОРОД, ИЖЕВСК, ПЕРМЬ, ЕКАТЕРИНБУРГ, НОВОСИБИРСК, ЧЕБОКСАРЫ, ТАГАНРОГ, КИЕВ

# Конференция по российскому рынку микроэлектроники



4 июня 2013 года в префектуре Зеленоградского административного округа состоится важное событие для представителей науки, промышленности и инновационного бизнеса – Конференция по рынку микроэлектроники, ежегодно собирающая на своей площадке ключевых игроков отрасли.

После продолжительного кризиса российская микроэлектроника снова возрождается. Новая программа развития радиоэлектронной промышленности на 2015–2025 гг. и ускоренное внедрение инноваций ставят перед участниками отрасли амбициозные задачи. В их числе разработка проектов частно-государственного партнёрства и привлечение внебюджетных инвестиций в отрасль.

«Мы уверены, что недавние решения правительства РФ повысят значимость конференции по рынку микроэлектроники для представителей бизнеса, государственных структур, промышленности и научного сообщества, заинтересованных в инновационном развитии и повышении конкурентоспособности российских компаний», – заявила Алла Фамицкая, глава российского представительства SEMI, глобальной промышленной ассоциации, объединяющей производителей оборудования, материалов, технологий и услуг для полупроводниковой промышленности.

Конференция по рынку микроэлектроники пройдет 4 июня 2013 года в

префектуре Зеленоградского административного округа в преддверии выставки полупроводниковой промышленности и смежных отраслей SEMICON Russia 2013. Партнёрами мероприятия стали международная аналитическая и консалтинговая компания Frost & Sullivan, а также зеленоградские «Ангстрем» и «Микрон». Организуемая с 2000 года конференция заслужила репутацию авторитетного и важного события для специалистов микроэлектроники и смежных с ней отраслей.

«Сегодня мировая электронная промышленность достигла практически дна продолжающегося трёхлетнего спада. Принимая во внимание цикличность отрасли длиной примерно в пять-восемь лет, можно с определённой долей уверенности сказать, что уже ближайшие два года станут наиболее благоприятными для начала её возрождения в России», – отметил Анkit Шукла, директор практики технологических исследований, Frost & Sullivan.

Цель проведения конференции – обеспечить специалистов эффективной площадкой для получения актуальной информации по рынку, выявле-



Хайнц Кюндерт – глава SEMI Europe

ния перспективных направлений для инвестиций, установления новых контактов и развития взаимовыгодного сотрудничества между российскими и зарубежными компаниями.

Традиционно в числе спикеров и участников конференции первые лица и топ-менеджеры лидирующих компаний по разработке и изготовлению интегральных схем, производителей оборудования и материалов для полупроводниковой промышленности, а также услуг, в которых нуждается отрасль, включая международных экспертов рынка, руководителей научно-исследовательских институтов, госкорпораций, крупнейших европейских кластеров, таких как IMEC, LETI, Фраунгоферовского Института и других научно-производственных структур. Со вступлением России в ВТО Конференция по рынку микроэлектроники приобретает особую актуальность и включает рассмотрение перечня вопросов, связанных с повышением конкурентоспособности и стратегией выживания российских компаний в новых экономических условиях.

Список тем, выносимых на обсуждение участников конференции, затрагивает вопросы государственной политики в области российской микро- и нанoeлектроники, меры поддержки, новейшие полупроводниковые технологии, процесс разработки российской дорожной карты в области полупроводников, включая перспективные рынки для российской полупроводниковой промышленности.

[www.semicorrussia.org](http://www.semicorrussia.org)





# Макро

ВОЗМОЖНОСТИ

# Микро

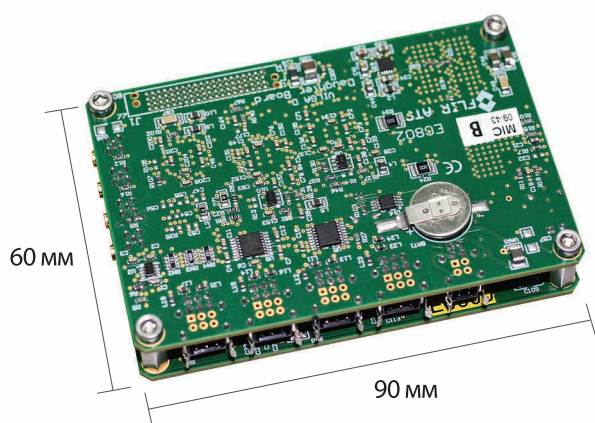
ТЕПЛОВИЗОРА

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

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



# Vilga



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

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



Прямые продажи:  
+7 (495) 669-7076

[www.flir.com/cvs/cores](http://www.flir.com/cvs/cores)  
3D at [FLIR.com/pubQuark](http://FLIR.com/pubQuark)



**FLIR**<sup>®</sup>

# Конференция «Электронные модули и компоненты для транспортного приборостроения и транспортных систем»

23 мая 2013 года в рамках деловой программы выставки «Электроника-Транспорт 2013» пройдёт конференция «Электронные модули и компоненты для транспортного приборостроения и транспортных систем».

Конференция организуется в рамках деловой программы VII Международной выставки электроники для транспорта и транспортных коммуникаций «Электроника-Транспорт 2013».

Конференция и выставка проводятся при содействии департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга РФ, Министерства транспорта РФ, Международной ассоциации «Метро», ОАО «РЖД», РГУПС-МИИТ, Ассоциации предприятий городского электротранспорта, АПЭАП, Московской ТПП.

На конференцию приглашены ведущие конструкторы и разработчики более 130 предприятий, выпускающих системы железнодорожной автоматики, телемеханики, управления, диагностики, связи и навигации, оплаты проезда, информационные системы: ОАО «ВНИИАС», ОАО «ОЦВ», «НИИ Приборостроения», «Ижевский радиозавод», «Штрих-М», «Твема», «Золотая Корона», «Системы связи и телемеханики», ОАО «Элтеза», НПП «Энергия», «М2М телематика» и др.

Задача конференции – содействовать выбору надёжных комплектующих для приборов и систем, используемых на железной дороге, в метрополитене, на городском транспорте, в транспортной инфраструктуре, при производстве автомобилей и автобусов.

Программа конференции:

- Опыт разработки современных систем железнодорожной автоматики, транспортной электроники, компонентов автомобильной электроники.
- Силовая электроника:
  - модули вторичного электропитания отечественного и зарубежного производства;

- силовые диоды, тиристоры, транзисторы, трансформаторы;
  - силовые интегральные схемы;
  - преобразователи частоты;
  - системы охлаждения;
  - релейная защита и автоматика;
  - электромагнитная защита транспортной электроники.
- Бортовые компьютеры и средства отображения информации:
    - управляющие модули;
    - дисплеи и индикаторы;
    - панели оператора, указательные устройства;
    - приборные панели;
    - модули памяти;
    - корпуса и крейты.
  - Телекоммуникационные модули:
    - радиомодемы;
    - антенны;
    - RFID-модули.
  - Компоненты для автоэлектроники, транспортной светотехники.

- Комплектация и производство транспортной электроники:
  - активные и пассивные электронные компоненты;
  - ГЛОНАСС/GPS-модули;
  - датчики;
  - контрактная разработка и сборка;
  - производство печатных плат;
  - тестирование и диагностика.

- Электротехника и инструмент:
  - клеммы и кабельные наконечники;
  - маркировка, инструмент.

- ПО для встраиваемых вычислительных комплексов.

Место и время проведения: Москва, ВВЦ, павильон № 69 с 10.00 до 15.00.

Участие в конференции бесплатное для главных конструкторов, руководителей отделов разработки и комплектации, инженеров-разработчиков.

Главный медиапартнёр – журнал «Современная электроника».

Оргкомитет выставки: «Электроника-Транспорт 2013»: Тел./факс: +7 (495) 287-4412  
Регистрация на сайте <http://www.e-transport.ru/ticket>

**Электроника — Транспорт**

**2013**

**22-24 мая 2013 г. Москва, ВВЦ**

**VII МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА**

Тематика:

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

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

ПОДДЕРЖКА:

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

Реклама

**Больше**  
 Энергоэффективность  
 Производительность

**Меньше**  
 Затраты на разработку  
 Время вывода системы  
 на рынок

Реклама

# Третье поколение Intel Core

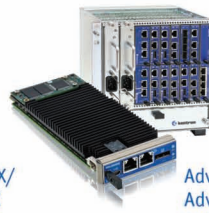
Встраиваемые платформы на основе новых 22-нм процессоров Intel Core i7 третьего поколения (Ivy Bridge) для лучшего решения перспективных задач.



COM Express



Flex-ATX/  
MiniITX



AdvancedMC/MicroTCA  
AdvancedTCA



VME/VPX



CompactPCI 3U/6U

- Лучшая энергоэффективность.
- Великолепная производительность.
- Интегрированная графика теперь вдвое быстрее!
- Соответствие открытым стандартам.
- Передовые технологии: улучшенная обработка векторных данных AVX, 1/10 GB Ethernet, PCI Express Gen3, SATA III, USB 3.0.
- Максимальная надежность и соответствие жестким эксплуатационным требованиям: исполнение от 0°C до +50°C и от -40°C до +85°C.
- MTBF от 150 000 часов.

- Расширенная поддержка ОС: Windows/Windows Embedded, Linux, LynxOS, VxWorks, QNX и др.
- Длительный жизненный цикл от 7 лет.
- Конкурентоспособные цены.
- Профессиональная поддержка «РТСофт» и Kontron на всем жизненном цикле вашей системы!

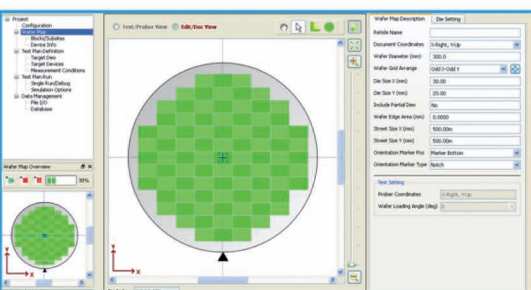
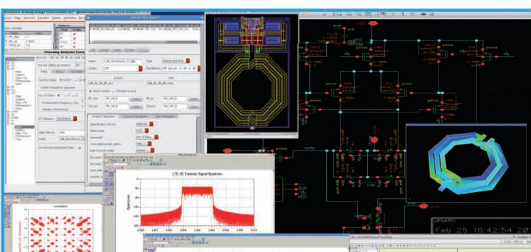
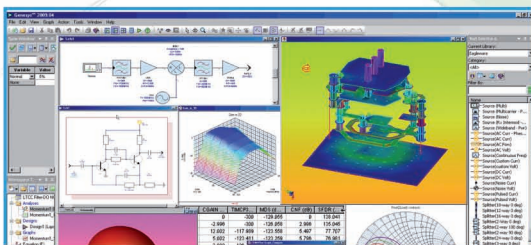
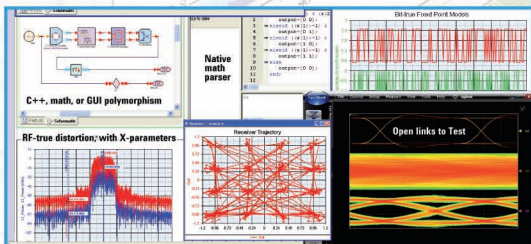
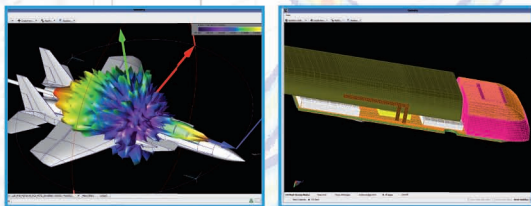
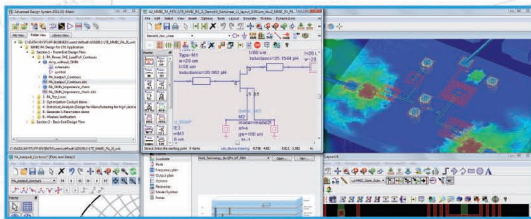
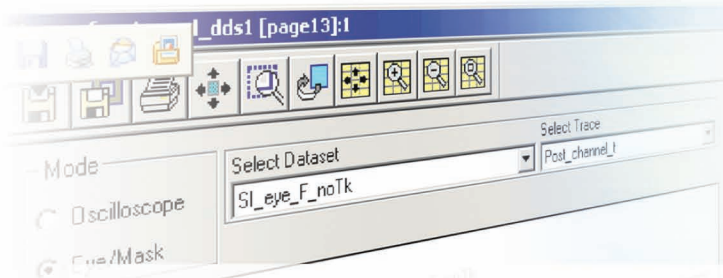
**Используйте готовые комплекты разработчика и тестовые образцы. Закажите тест-драйв!**



105037, Москва, Никитинская 3, ЗАО «РТСофт». Тел.: (495) 967-1505. Факс: (495) 742-6829. e-mail: [rtsoft@rtsoft.ru](mailto:rtsoft@rtsoft.ru) [www.rtsoft.ru](http://www.rtsoft.ru)

# САПР Agilent EEsof:

# решения для любых задач и бюджетов



**ADS** – многофункциональная программная платформа для автоматизированного проектирования аналоговых ВЧ/СВЧ устройств и цифровых систем.

**EMPro** – средство трехмерной разработки и электродинамического моделирования антенн и 3D-объектов (корпусов, волноводов, КВП) методами FEM, Eigenmode и FDTD.

**SystemVue** – система для проектирования алгоритмов обработки и преобразования сигналов (библиотеки WiMAX, LTE, DVB, 3G, RADAR) на системном уровне с возможностью автоматической генерации Verilog/VHDL и C-кода.

**Genesys** – бюджетная среда проектирования аналоговых ВЧ/СВЧ цепей и систем с русскоязычным интерфейсом.

**GoldenGate** – передовое решение для расчетов высокочастотных интегральных схем, содержащее все методики моделирования САПР ADS. Программа интегрирована в среду Cadence Virtuoso Analogue Design Environment.

**IC-CAP** – программа для измерения параметров полупроводниковых компонентов и создания их поведенческих моделей/библиотек для других САПР.

Тел.: 8-800-5009286  
email: tmo\_russia@agilent.com  
[www.eesof-eda.com](http://www.eesof-eda.com)