

# СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

8  
2012



В номере:

**СБИС для систем специального назначения**

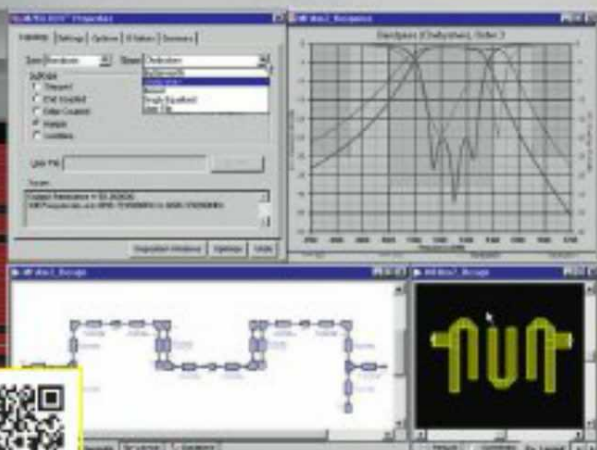
**Оптимизация КПД систем управления асинхронными двигателями**

**Altium Designer: организация библиотек в виде базы данных**

**Моделирование антенн в САПР Agilent EMPro**

**Agilent Genesys – решение для моделирования ВЧ- и СВЧ-схем**

**и многое другое**

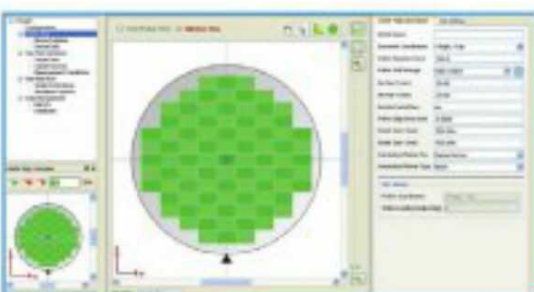
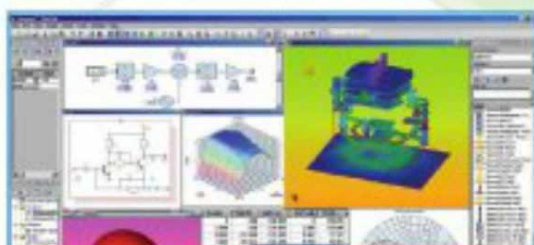
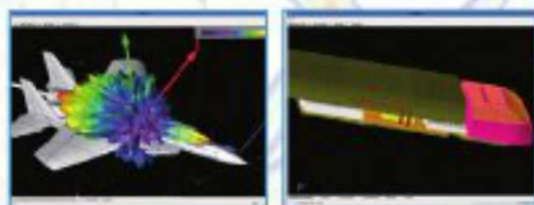
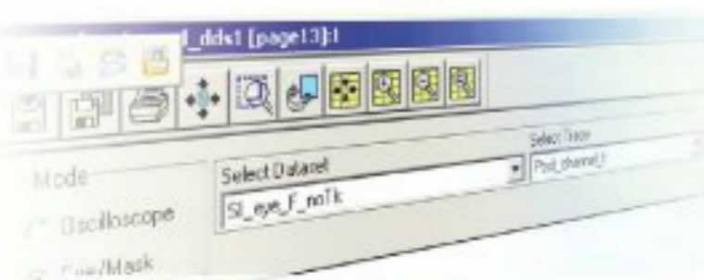


[www.soel.ru](http://www.soel.ru)



# 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](mailto:tmo_russia@agilent.com)  
[www.eesof-eda.com](http://www.eesof-eda.com)





ELECTRONICS

# КОНДЕНСАТОРЫ ВЫСОКОЙ ЕМКОСТИ



Компоненты Wima серии SuperCap являются накопительными конденсаторами с величинами емкости порядка нескольких фарад.

Данные элементы могут работать в качестве батарей, обеспечивают пропускание больших значений токов за короткое время и не требуют обслуживания.

Реклама

| корпус                            | единичные компоненты          |                               | модуль                                            |                         |                                                  |      | единичные компоненты                             |                  | модуль                                                         |                        |           |     |   |                                                  |     |     |
|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------|-----------|-----|---|--------------------------------------------------|-----|-----|
|                                   | цилиндрический, металлический | цилиндрический, металлический | распределительно соединенный, активное охлаждение |                         |                                                  |      | прямой, металлический                            |                  | последовательно соединенный, активное или пассивное охлаждение |                        |           |     |   |                                                  |     |     |
| серия                             | Super Cap C                   | Super Cap C 60                | Super Cap MC Multipurpose                         | Super Cap MC Powerblock |                                                  |      |                                                  | Super Cap R      |                                                                | Super Cap MR Powerpack |           |     |   |                                                  |     |     |
| рекомендуемый ток                 | от 30 А до 1000 А             | от 84 А до 130 А              | от 400 А до 650 А                                 | от 400 А до 1000 А      |                                                  |      |                                                  | от 30 А до 800 А |                                                                | от 50 А до 800 А       |           |     |   |                                                  |     |     |
| максимальный ток                  | до 5000 А                     | до 2200 А                     | до 3500 А                                         | до 5000 А               |                                                  |      |                                                  | до 3000 А        |                                                                | до 3000 А              |           |     |   |                                                  |     |     |
| рабочая температура               | от -30° C до +85° C           |                               |                                                   |                         |                                                  |      |                                                  |                  |                                                                |                        |           |     |   |                                                  |     |     |
| макс. запасенная энергия (+30° C) | до 18 кДж                     |                               | до 11 кДж                                         |                         | до 22 кДж                                        |      | до 330 кДж                                       |                  | до 10 кДж                                                      |                        | до 70 кДж |     |   |                                                  |     |     |
| рабочее напряжение, В             | 2,5                           |                               | 2,7                                               |                         | 14                                               | 28   | 14                                               | 28               | 56                                                             | 112                    | 2,5       |     | 5 | 14                                               | 16  |     |
| емкость, Ф                        |                               | 110                           |                                                   | 1500                    |                                                  | 55   | 110                                              | 55               | 28                                                             | 12                     |           | 100 |   | 100                                              | 100 |     |
|                                   |                               | 200                           |                                                   | 2000                    |                                                  | 110  | 160                                              | 100              | 50                                                             | 34                     |           | 200 |   |                                                  |     | 450 |
|                                   |                               | 400                           |                                                   | 3000                    |                                                  | 200  | 430                                              | 230              | 115                                                            |                        |           | 300 |   |                                                  |     |     |
|                                   |                               | 1200                          |                                                   |                         |                                                  |      | 640                                              | 430              | 210                                                            |                        |           | 400 |   |                                                  |     |     |
|                                   |                               | 3700                          |                                                   |                         | дополнительные индивидуальные решения по запросу |      | дополнительные индивидуальные решения по запросу |                  |                                                                |                        |           | 400 |   | дополнительные индивидуальные решения по запросу |     |     |
|                                   |                               | 5000                          |                                                   |                         |                                                  | 600  |                                                  |                  |                                                                |                        |           |     |   |                                                  |     |     |
|                                   |                               | 6500                          |                                                   |                         |                                                  | 3000 |                                                  |                  |                                                                |                        |           |     |   |                                                  |     |     |

ОБРАЗЦЫ ПОД ЗАКАЗ 8-800-333-6350 [wima@ptelectronics.ru](mailto:wima@ptelectronics.ru)

## Главный редактор

Александр Майстренко

## Зам. главного редактора

Татьяна Крюк

## Редакционная коллегия

Александр Балакирев, Андрей Данилов,  
Виктор Жданкин, Сергей Сорокин,  
Рифат Хакимов

## Вёрстка

Олеся Фрейберг

## Обложка

Дмитрий Юсим

## Служба распространения

Ирина Лобанова (info@soel.ru)

## Служба рекламы

(advert@soel.ru)

Ирина Савина



## Издательство «СТА-ПРЕСС»

Директор Константин Седов

Почтовый адрес:

119313, Москва, а/я 26

Телефон: (495) 232-0087

Факс: (495) 232-1653

Сайт: www.soel.ru

E-mail: info@soel.ru



Журнал выходит 9 раз в год

Тираж 10 000 экземпляров

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе

по надзору за соблюдением законодательства

в сфере массовых коммуникаций

и охране культурного наследия

(свидетельство ПИ № ФС77-18792

от 28 октября 2004 года)

Свидетельство № 00271-000

о внесении в Реестр надёжных партнеров

Торгово-промышленной палаты Российской Федерации

Цена договорная

Отпечатано: ООО ПО «Периодика»

Адрес: 105005, Москва, Гарднеровский пер.,

д. 3, стр. 4

http://www.printshop13.ru

Перепечатка материалов допускается только  
с письменного разрешения редакции.

Ответственность за содержание рекламы  
несут рекламодатели.

Ответственность за содержание статей  
несут авторы.

Материалы, переданные редакции,  
не рецензируются и не возвращаются.

© СТА-ПРЕСС, 2012

# 8/2012 Contents

## MARKET

|                                                              |   |
|--------------------------------------------------------------|---|
| News from the Russian Market.....                            | 4 |
| Fifteen Years: The Startup Stage Is Over and We Proceed..... | 8 |

## MODERN TECHNOLOGIES

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| VLSI Circuits with Programmable Architecture<br>for Application-Specific Systems. Part 1 ..... | 10 |
| <i>Aleksandr Butov</i>                                                                         |    |
| Advantages of Low-Temperature Ceramic Technology<br>in Fabricating Electron Devices .....      | 16 |
| <i>Yakov Pertsel', Andrei Yakovlev</i>                                                         |    |

## ELEMENTS AND COMPONENTS

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| IM and HF Series Telecommunication Relays from TE Connectivity. .... | 20 |
| <i>Mar'yana Get'man</i>                                              |    |

## DEVICES AND SYSTEMS

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Standardization of Small Form Factors in the Embedded System Market .. | 24 |
| <i>Petr Pavlov</i>                                                     |    |
| MicroTCS: Forecasts Work Well and Development Continues .....          | 28 |
| <i>Vladimir Bretman</i>                                                |    |
| Chroma 51101 New Multifunctional Data Acquisition System. ....         | 36 |
| <i>Alexei Karepanov</i>                                                |    |

## PRACTICAL ELECTRONICS

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Efficiency Optimization in Designing Vector Control<br>of Asynchronous Motors Based on Transistor Invertors ..... | 42 |
| <i>Viktor Zaitsev, Igor Nikiforov, and Aleksandr Zhilin</i>                                                       |    |

## DESIGN AND SIMULATION

|                                                                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Altium Designer: Advantages and Disadvantages in Organization<br>of a Library in the Form of a Data Array .....                                                   | 46 |
| <i>Aleksei Sabunin</i>                                                                                                                                            |    |
| Parameter Calculation of the Sensitive Element<br>of a Fiber-Optic Liquid Level Alarm. ....                                                                       | 50 |
| <i>Inna Nazarova, Dmitrii Serebryakov, Kirill Serebryakov, Elena Badeeva, Tat'yana Murashkina</i>                                                                 |    |
| Agilent Genesys: Low-Cost, High-Performance RF<br>and Microwave Simulation Software. ....                                                                         | 52 |
| <i>How-Siang Yap</i>                                                                                                                                              |    |
| Antenna and Microwave Device Design Automation in Advanced<br>Electrodynamic Simulators. Part 5: Luneburg Lens Simulation Using Agilent<br>EMPro CAD System ..... | 56 |
| <i>Andrei Plastikov</i>                                                                                                                                           |    |

## TOOLING AND EQUIPMENT

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| Clean Areas: Custom Design ..... | 66 |
| <i>Pavel Kolín</i>               |    |

## THEORY

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Application of Adaptive Simulation Principles To Control<br>Dynamic Processes of the Black Box Type ..... | 68 |
| <i>Natal'ya Gudkova</i>                                                                                   |    |

## EVENTS

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Agilent Technologies Press Conference .....                                                           | 72 |
| International Exhibitions SensorExpo: Sensors and Measurements<br>and KIPIExpo: Instrumentation. .... | 72 |
| Exhibition New Electronics-2013 .....                                                                 | 73 |
| Power Electronics 2012: the Power of Intelligence and Technology .....                                | 74 |



# Содержание 8/2012

## РЫНОК

- 4 **Новости российского рынка**  
8 **15 лет: этап становления пройден – идём дальше!**

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 10 **СБИС с программируемой архитектурой в системах специального назначения (часть 1)**  
*Александр Бутков*  
16 **Преимущества использования технологии низкотемпературной керамики для реализации радиоэлектронных устройств**  
*Яков Перцель, Андрей Яковлев*

## ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- 20 **Телекоммуникационные реле серий IM и HF от TE Connectivity**  
*Марьяна Гетьман*

## ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- 24 **Особенности стандартизации малых форм-факторов на рынке встроенных систем**  
*Пётр Павлов*  
28 **MicroTSA: прогнозы сбываются, развитие продолжается**  
*Владимир Бретман*  
36 **Новая многофункциональная система сбора данных Chroma 51101**  
*Алексей Карепанов*

## ПРАКТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

- 42 **Оптимизация КПД при проектировании векторного управления асинхронными двигателями на транзисторных инверторах**  
*Виктор Зайцев, Игорь Никифоров, Александр Жилин*

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 46 **Altium Designer: преимущества и недостатки организации библиотеки в виде базы данных**  
*Алексей Сабунин*  
50 **Расчёт параметров чувствительного элемента волоконно-оптического сигнализатора уровня жидкости**  
*Инна Назарова, Дмитрий Серебряков, Кирилл Серебряков, Елена Бадеева, Татьяна Мурашкина*  
52 **Agilent Genesys – недорогое и высокопроизводительное решение для моделирования ВЧ- и СВЧ-схем**  
*Хау-Сян Яп*  
56 **Автоматизация процесса проектирования антенн и устройств СВЧ в современных программных комплексах электродинамического моделирования**  
**Часть 5. Моделирование линзы Люнеберга в САПР Agilent EMPro**  
*Андрей Пластиков*

## ИНСТРУМЕНТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

- 66 **Чистые зоны: индивидуальное проектирование**  
*Павел Колин*

## ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

- 68 **Приложение принципов адаптивного моделирования к задачам управления динамическими объектами типа «чёрный ящик»**  
*Наталья Гудкова*

## СОБЫТИЯ

- 72 **Пресс-конференция Agilent Technologies**  
72 **Международные выставки «SensorExpo: Датчики и измерения» и «KIPExpo – Контрольно-измерительное оборудование»**  
73 **Выставка «Новая электроника-2013»**  
74 **Силовая электроника 2012: сила интеллекта и технологий**

## 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

### Элементы и компоненты

#### Сервоприводы Panasonic на российском рынке

Компания ООО «НПФ Электропривод» представляет сервоприводы производства Panasonic.



Сервоприводы Panasonic наилучшим образом сочетают в себе результаты новейших технологических разработок и достижений, традиционное японское качество и надёжность. В сервоприводах MINAS A5 реализована простая и удобная настройка параметров, автоматическая регулировка и настройка контуров обратной связи в режиме реального времени, максимально улучшающая работу двигателя с нагрузкой.

Сервоприводы Panasonic позволяют управлять положением, скоростью и моментом. Кроме того, возможно использование дополнительной системы обратной связи, устанавливаемой на механику объекта для получения более точного позиционирования.

Количество полосно-заграждающих фильтров увеличено до четырёх, что значительно уменьшает вибрации и шумы, обусловленные резонансными частотами механической системы.

С помощью специализированного программного обеспечения можно быстро и удобно настраивать параметры, следить за работой и анализировать состояние сервопривода.

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

Тел.: (812) 493-2726, 703-0981

#### Murata: DMG суперконденсаторы

Компания Murata выпустила новую серию DMG конденсаторов в линейке двухслойных конденсаторов с низким сопротивлением (EDLC). Суперконденсаторы DMG обеспечивают накопление высокой мощности, имеют высокую надёжность в течение пяти лет эксплуатации при температуре 70°C и предназначены для применения в твердотельных накопителях, телекомму-



никационном оборудовании, интеллектуальных счётчиках в широком диапазоне температур от -30 до +85°C.

Суперконденсаторы DMG отличаются высоким рабочим напряжением и очень низким эквивалентным последовательным сопротивлением (ESR). Модели на 2,1 В имеют номинальную ёмкость 700 мкФ в корпусе высотой 1,4 мм при последовательном сопротивлении 70 мОм (1 кГц). Модели на 4,2 В имеют номинальную ёмкость 350 мкФ, корпус высотой 2,8 мм и сопротивление ESR 130 мОм.

Инновационный подход компании Murata проявляется в выборе углеродистой технологии. В отличие от традиционных накопителей энергии, углерод, используемый в качестве электрода, имеет долгий срок службы при условии отсутствия химических реакций. Также ёмкость напрямую зависит от площади поверхности активированного углерода, что позволило достигнуть высокой номинальной ёмкости конденсаторов в низкопрофильном корпусе. При габаритах 20,5 × 18,5 × 1,4 мм, представляющих новый стандарт портативности, конденсаторы EDLC предназначены для работы в расширенном температурном диапазоне.

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

Тел.: (495) 97-000-99

#### Новая серия разъёмов стандарта VITA 46 от EPT

Компания EPT имеет более чем 40-летний опыт в производстве соединителей и внесла значительный вклад в развитие этой индустрии.



В настоящее время компания EPT анонсировала выпуск разъёмов новой серии Velox, предназначенных для установки на материнские платы. В качестве ответной части разъёмов, устанавливаемых на модульные платы, можно применять разъёмы серии MultiGig RT производства компании Tyco Electronics.

Серия Velox разработана в соответствии с требованиями нового модульного стандарта VITA46 (стандарт применим для построения высокопроизводительных вычислительно-управляющих систем). Velox используется для высоконадёжного применения: как правило, это телеком- и датаком-оборудование, оборонная, космическая и горнодобывающая промышленности.

Серия продуктов Velox доступна в четырёх типах исполнения. Количество контактов и их

расположение в разъёме может определяться согласно требованиям заказчиков, что позволяет разрабатывать платы любой конфигурации для требуемого приложения. Контакты Velox выполнены по технологии Press-Fit, поэтому разъёмы устанавливаются на печатную плату только методом запрессовки. Это увеличивает надёжность соединения между печатной платой и контактами разъёма.

Технические характеристики: расстояние между контактами 1,8 мм; модульная конструкция и прочность не менее 200 циклов сочленения; высокая скорость передачи сигнала (до 10 Гбит/с); материал изолятора LCP, UL 94-V0 обеспечивает возможность применения разъёмов в диапазоне температур от -55 до +105°C.

Производство компании EPT сертифицировано на соответствие требованиям ISO 9001:2000 и ISO/TS 16949:2002, а также ISO 14001:2004, что гарантирует безопасное изготовление и высокое качество продукции.

Получить подробную информацию о продукции можно на стенде B2.6 компании Росспецпоставка во время работы выставки «Радиоэлектроника и приборостроение».

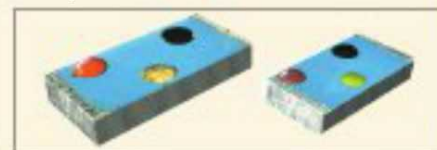
[www.rssp.ru](http://www.rssp.ru)

Тел.: (495) 781-2182

#### Прецизионные чип-резисторы P1-81

ОАО «НПО ЭРКОН» представляет новый тип прецизионных тонкоплёночных чип-резисторов P1-81. Эта разработка продолжает ряд выпускаемых предприятием тонкоплёночных прецизионных чип-резисторов P1-8МП, P1-16, P1-16П.

Конструктивно резистор P1-81 представляет собой прямоугольный чип, соответствующий международному размерному ряду (типоразмеры 0805 и 1206), с охватывающими контактами.



Резистор предназначен для поверхностного монтажа (SMT) на печатную плату или микрополосковую линию передачи путём индивидуальной или групповой пайки. Резисторы, предназначенные для автоматизированной сборки аппаратуры, поставляются упакованные в трёхслойную ленту по ГОСТ РВ 20.39.412. Построены резисторы на основе новых высокостабильных материалов.

Отличительными особенностями резисторов P1-81 являются возможность их использования в СВЧ-трактах и импульсных режимах работы, наличие кодовой маркировки,



## Новости российского рынка

расширенный в низковольтную область диапазон номинальных сопротивлений, увеличение удельных мощностей рассеяния с сохранением параметров стабильности, улучшение температурного коэффициента сопротивления до величины  $3 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ , пониженный уровень электрических шумов.

Основные технические параметры резисторов P1-81 (АЛЯР.434110.015 ТУ) в сравнении с P1-16 / P1-16 П (АЛЯР.434.110.002 ТУ) и P1-8МП (ОЖО.467.164 ТУ):

- номинальная мощность рассеяния (в зависимости от типоразмера резистора) составляет 0,125 Вт (0805) и 0,25 Вт (1206) для P1-81; 0,062 Вт (0805), 0,125 Вт (1206) и 0,25 Вт (2010) для P1-16 и P1-16П; 0,1 Вт (0603), 0,125 Вт (0805), 0,25 Вт (1206), 0,5 Вт (1812) и 1,0 Вт (2512) для P1-8МП;
- диапазоны значений номинального сопротивления представлены рядами: от 1 Ом до 100 кОм (резистор P1-81), от 10 Ом до 1 МОм (резисторы P1-16 и P1-16П), от 10 Ом до 5,11 МОм (резистор P1-8МП);
- допускаемое отклонение сопротивления (%) для резистора P1-81 составляет  $\pm 0,1$ ;  $\pm 0,2$ ;  $\pm 0,5$ ;  $\pm 1$ ; для элементов P1-16 и P1-16П –  $\pm 0,05$ ;  $\pm 0,1$ ;  $\pm 0,25$ ;  $\pm 0,5$ ; для P1-8МП –  $\pm 0,1$ ;  $\pm 0,25$ ;  $\pm 0,5$ ;  $\pm 1$ ;
- значения ТКС ( $\times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ) представлены следующими параметрами:  $\pm 3$ ;  $\pm 5$ ; 10;  $\pm 20$ ;  $\pm 30$ ;  $\pm 50$ ;  $\pm 100$ ;  $\pm 150$  для P1-81;  $\pm 5$ ;  $\pm 10$ ;  $\pm 25$ ;  $\pm 50$ ;  $\pm 100$  для резисторов P1-16 и P1-16П;  $\pm 25$ ;  $\pm 50$ ;  $\pm 100$ ;  $\pm 150$  для P1-8МП;
- изменение сопротивления в течение наработки (не более, %): 0,1...0,2 для P1-81; 0,05...0,5 для P1-16 и P1-16П; 0,05...1,0 для P1-8МП.

Диапазон рабочих температур для всех типов приборов: от  $-60$  до  $+125^{\circ}\text{C}$ .

Предельная рабочая частота резистора P1-81 составляет 8 ГГц.

На резистор P1-81 нанесена кодовая маркировка.

Резисторы P1-81 предназначены для работы в электрических цепях постоянного, переменного токов и в импульсном режиме в цепях делителей и шунтов повышенной точности измерительной аппаратуры и ответственных цепях аппаратуры специального назначения.

Импульсный режим работы позволяет использовать резисторы при воздействии предельного импульсного напряжения 75 и 150 В соответственно для резисторов с мощностью рассеяния 0,125 и 0,25 Вт, коэффициенте перегрузки  $q = P_{\text{имп}}/P_{\text{номин}} = 50$ , средней мощности в импульсе не более 10% от номинальной, длительности импульсов не более 200 мкс и частоте повторения не более 160 кГц.

Наиболее значимые области применения:

- датчики физических величин и приборы, работающие в условиях открытого космоса;
- мостовые схемы и источники опорного напряжения в измерительных приборах;
- прецизионные ЦАП и АЦП в системах управления;
- прецизионные линии передачи СВЧ-сигналов, в том числе шины передачи данных в процессорных схемах, работающих на частотах выше 1 ГГц.

Применение прецизионных чип-резисторов P1-81 позволит снизить массогабаритные характеристики аппаратуры с одновременным повышением точности, стабильности работы и надёжности.

[www.erkon-nn.ru](http://www.erkon-nn.ru)

Тел.: (831) 464-50-21

### Новые аналоговые микроконтроллеры компании Analog Devices с ядром ARM CORTEX M3 и 24-битными АЦП

Системы на кристалле ADuCM360 и ADuCM361 сочетают высокую точность и чрезвычайно низкий уровень потребляемого тока (1 мА при полной загрузке процессора), что позволяет эффективно использовать их в питаемых от линий передачи данных интеллектуальных датчиках с промышленным интерфейсом «токовая петля 4...20 мА».

Микроконтроллеры выполнены на базе 32-битного процессорного ядра ARM Cortex™ M3. Они имеют 11 каналов ПДП, интерфейсы 2 SPI, UART, I<sup>2</sup>C. Память – 128 Кб Flash и 8 Кб СОЗУ.



Микросхема ADuCM360 содержит два, а ADuCM361 – один 24-битный сигма-дельта-АЦП с входным программируемым усилителем и гибким мультиплексором (до 11 каналов). Быстродействие АЦП до 4 Квыб./с. Кроме того, имеется 12-битный ЦАП, прецизионный источник опорного напряжения ( $\pm 4 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ ) и программируемые источники тока от 10 мкА до 1 мА. Температурный диапазон от  $-40$  до  $+125^{\circ}\text{C}$ , напряжение питания от 1,8 до 3,3 В, корпус – LFCSP48. Цена производителя ADuCM360 – 7,26 долл., ADuCM361 – 3,95 долл.

Главная область применения – датчики с интерфейсом «4...20 мА», где они могут

эффективно использоваться совместно с такими микросхемами, как HART модем AD5700 и 16-битный ЦАП – передатчик токовой петли AD5421.

Получить консультацию технического специалиста и приобрести микросхемы можно в AUTEX Ltd.

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

Тел.: (495) 334-9151, 334-7741

### Интерфейсные разъёмы и считыватели SIM- и SD-карт Attend

Компания ООО «Радиотех-Трейд» представляет на российском рынке продукцию тайваньского производителя Attend. Фирма Attend специализируется на производстве высококачественных интерфейсных разъёмов и разъёмов для SIM-карт и считывателей различных карт памяти.



Для наиболее популярных на мировом рынке карт памяти SD, MicroSD, MiniSD компания Attend производит широкую линейку считывателей, позволяя реализовать любую идею по применению данных карт в устройстве.

Помимо обычных считывателей серии 104B, есть экранированные и считыватели Push-Push типа, это серии 104C, 104D, 104G. Также существуют различные виды считывателей для карт MicroSD и MiniSD, серии 112A, 112C, 112I, 109A, 109D. Есть считыватели и для других карт памяти, таких как Compact Flash, M2, MMC4.0, xD.

Производится широкий ассортимент считывателей SIM- и MicroSIM-карт. Это держатели и для двух SIM-карт – 115H, и различные, в том числе и Push-Push-типа, для одной SIM-карты – 115A, 115B, 115G, 115F. Есть в ассортименте и контактные площадки без держателя – 115D, 115E, и разъёмы для MicroSIM – 115I.

Для экономии места на плате предлагаются комбинированные считыватели «два в одном». К примеру, 112G – это одновременно считыватель MicroSD и SIM-карт. Кроме этого производятся мультисчитыватели карт памяти SD/MMC/MS/xD/MMC 4.0, от 2 в 1 до 5 в 1, серии 107O, 107M, 107R.

Также фирма Attend производит различного рода интерфейсные разъёмы. Это все



## Новости российского рынка

виды и типы USB-разъёмов, в том числе USB 3.0. HDMI, SATA, разъёмы и сборки RJ45, ZIF-разъёмы для сверхплоского кабеля; различные модификации разъёмов Mini PCI – серия 114B и Mini PCI Express – серия 119A.

Все электрические и механические параметры разъёмов, а также габариты и прочую техническую документацию можно найти на сайте компании «Радиотех-Трейд».

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

Тел.: (495) 795-0805

### Новый графический OLED-дисплей от Raystar Optonics

Компания Raystar Optonics выпустила новую модель 2,26" графического дисплея OLED RET013232A. Дисплей имеет встроенную микросхему драйвера SSD1305. Кристалл драйвера соединяется с выводами на стеклянной подложке дисплея по технологии TAB (Tape Automatic Bonding) – кристалл монтируется на трёхслойной полиимидной подложке-ленте. Процесс обеспечивает полную автоматизацию монтажа интегральной схемы на непрерывной полиимидной ленте-носителе. При этом обеспечивается толщина конструкции носитель + кристалл около 1 мм. Контроллер поддерживает управление контрастом, содержит ОЗУ и генератор, что уменьшает число внешних компонентов и потребляемую мощность.



Габариты дисплея 84 × 44 × 9,7 мм, видимая область экрана 60 × 18 мм.

Основные параметры RET013232A:

- напряжение питания 3 В;
- интерфейс:
  - параллельный 6800 или 8080 (опция),
  - последовательный SPI,
  - I<sup>2</sup>C;
- доступны модели с жёлтым цветом свечения (модели с другими цветами будут доступны в ближайшее время);
- режим мультиплексирования 1/32;
- диапазон рабочих температур от –40 до +80°C.

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

Тел.: (495) 234-0636

### Новые 5,7" TFT-дисплеи от Raystar Optonics

Компания Raystar Optonics объявила о начале выпуска новых моделей 5,7-дюймо-

вых TFT ЖК-дисплеев RFC570K, RFC570L и RFC570M. Панели RFC570K являются усовершенствованными версиями панелей серии RFC570, а RFC570L являются улучшенными модификациями дисплеев серии RFC570C; RFC570M – модификация панелей серии RFC57B.



В новых дисплеях улучшена стабильность напряжения смещения, добавлена функция дежурного режима, яркость системы задней подсветки регулируется ШИМ-сигналом, 18-битный формат RGB увеличен до 24-битного формата (RGB 888).

Дисплеи RFC570K/L/M серий могут комплектоваться платой с контроллером SSD1963, что обеспечивает простое встраивание этих дисплеев в различные приложения, а также сенсорным экраном.

Основные свойства модулей TFT ЖК-панелей RFC570K/L/M:

- микросхема управления SSD1963;
- встроенный драйвер светодиодов системы подсветки EUP2586;
- габариты с платой управления системой задней подсветки: 78 × 70 × 6 мм;
- габариты без платы управления системой задней подсветки: 78 × 70 × 3,74 мм;
- напряжение питания системы: 3,3 В;
- ток потребления: 200 мА;
- выходное напряжение системы задней подсветки: 9,3 В;
- ток потребления системы задней подсветки: 140 мА;
- яркость экрана 300 кд/м<sup>2</sup>;
- диапазон рабочих температур от –40 до +70°C.

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

Тел.: (495) 234-0636

### Новая технология Transpixel™ производства прозрачных ЖК-дисплеев

Новая технология Transpixel™ компании Litemax Electronics является самым современным законченным решением электронной вывески для розничного рынка. Покупатель может видеть рекламное сообщение на прозрачном дисплее и одновременно рассматривать реальный товар, размещённый за ним. Информация может обновляться через USB или CAT5 и меняться по заранее составленной программе. Ультраширо-



кий ЖК-дисплей с яркими цветами является идеальным как для бутылки красного вина, установленной вертикально, так и для дорогостоящих ювелирных украшений, расположенных горизонтально.

В настоящее время предлагаются две модели прозрачных дисплеев: STA1713 размером 17,2 дюйма и STA2922 размером 29,3 дюйма. У обоих дисплеев разрешение 1366 × 512 пикселей и соотношение сторон 16 : 6.

Основные свойства дисплеев:

- ультраширокий прозрачный экран;
- светодиодная подсветка;
- простая установка, управление и эксплуатация;
- изменение контента через USB-порт;
- узкая фальш-панель;
- технология «включай и работай».

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

Тел.: (495) 234-0636

### Новая улучшенная серия влагозащищённых разъёмов от Bulgin Bussaneer 6000

Данная серия, разработанная с учётом пожеланий клиентов продукции Bulgin, обладает целым рядом преимуществ: компактный дизайн, корпус из пластмассы или металла на выбор, новый упрощённый механизм соединения push-pull.

Группа компаний Elektron Technology (Bulgin теперь является частью холдинга Elektron Technology Group) расширила линейку влагозащищённых разъёмов Bussaneer от Bulgin, предложив разработчикам и инженерам усовершенствованную и более гибкую в эксплуатации серию влагозащищённых разъёмов Bussaneer 6000.

Все силовые, сигнальные и интерфейсные соединители данной серии оснащены новым механизмом фиксации push-pull и поворотным защёлкивающим устройством twist lock. Эти приспособления позволяют соединить ответные части разъёма в 10 раз быстрее, чем при помощи стандартного закручивающего механизма (screw thread) для серии Bussaneer.

Серия соединителей Bussaneer 6000 предназначена для эксплуатации в жёстких условиях, обеспечивая наивысшие степе-



## Новости российского рынка



ни защиты IP66, IP68 и IP69K. Изделия доступны для заказа в пластиковом и металлическом корпусе, что является новшеством для разъёмов Bulgin – ранее Bussaneer были доступны только в пластике.

Модернизация затронула также саму форму корпусов разъёмов и контактных вставок. Теперь собрать и монтировать разъём стало проще, даже в самых труднодоступных местах и без повреждения его составных частей.

При всей дополнительной функциональности разъёмы серии Bussaneer 6000 очень компактные и имеют стильный и привлекательный дизайн. Разработчики компании Elektron Technology считают, что это позволит расширить сферу применения соединителей Bulgin.

По мнению Джона Вилсона, генерально-го директора компании Elektron Technology, это самое удачное инвестирование в инновационные разработки Bulgin. Эти разъёмы будут востребованы и найдут применение в самых различных сферах, ведь они очень просты в эксплуатации и отлично выглядят.

Компания Bulgin Components (Англия) более 80 лет выпускает высококачествен-

ную продукцию для рынка промышленной электроники.

Компания является производителем цилиндрических герметичных разъёмов, разъёмов IP68 для систем передачи данных USB и Ethernet, переключателей со светодиодной индикацией IP66/IP68, держателей батарей и предохранителей, силовых разъёмов. Многие изделия Bulgin стали промышленным стандартом.

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

Тел.: (495) 234-0636

### Миниатюрные 5- и 10-Вт источники питания AC/DC от XP Power

Компания XP power начала выпуск компактных 5- и 10-ваттных одноканальных источников питания AC/DC. Миниатюрные герметизированные 5-ваттные источники питания AC/DC серии ECE05 с габаритами 25,4 × 25,4 × 15,24 мм являются идеальными для законченных конструкций, где свободное место на плате является дефицитным и требуется применение маломощного источника питания с высокой удельной мощностью. Источники питания серии ECE10, дополняющие серию ECE05, обеспечивают выходную мощность 10 Вт и имеют габариты 38,1 × 25,4 × 15,24 мм.

Обе серии включают семь моделей с популярными выходными напряжениями от +3,3 до +48 В. Модули питания предназначены для работы от сети переменного напряжения с диапазоном изменения от 85 до 264 В. Источники питания обеспечивают защиту от поражения электрическим током по классу II, что не требует применения средств подключения к защитному заземлению. Все модели соответствуют тре-



бованиям к значению минимальной потребляемой мощности в режиме холостого хода менее 0,3 Вт, а высокое значение КПД гарантирует соответствие параметров законченного изделия требованиям международных стандартов к эффективности использования энергии.

Способность обеспечивать пиковые нагрузки до 130% от номинальной мощности позволяет отказаться от применения источников питания с более высокими значениями номинальной мощности, что экономит место на плате и сокращает расходы.

Для отвода тепла нет необходимости применять дополнительные радиаторы и принудительное воздушное охлаждение: нормальный температурный режим обеспечивается конвекционным охлаждением. Модули способны работать в диапазоне рабочих температур от -20 до +70°C без понижения выходной мощности до +50°C.

Модули серий ECE05/10 соответствуют требованиям безопасности международных стандартов EN60950-1, UL60950-1. Уровень помех излучения и кондуктивных помех соответствует требованиям стандарта EN55022 Level B без применения каких-либо дополнительных компонентов.

Гарантийный срок составляет три года.

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

Тел.: (495) 234-0636

## Приборы и системы

### Антенны измерительные на диапазон частот 1 кГц – 60 ГГц

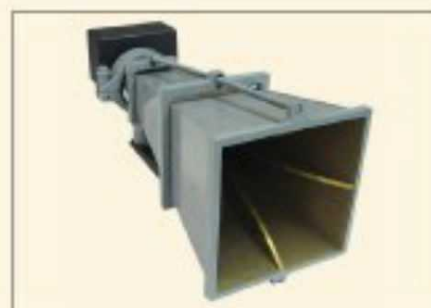
В 2012 г. компания «СКАРД» («Системы и Комплексы Анализа Радиоданных») представила на открытый рынок свою номенклатуру измерительных антенн, перекрывающих диапазон рабочих частот от 1 кГц до 60 ГГц. Ранее антенны имели строго определённое назначение и выпускались только по госзаказам. В настоящее время все антенны стали доступны широкому кругу потребителей, что было продемонстрировано специалистами компании на выставке «Связь-Экспокомм 2012».

На выбор потребителей предложены антенны: измерительные, всенаправленные,

со стабилизированной ДН, биортогональные, с круговой поляризацией; специальные антенные системы и антенные посты; прецизионные зеркальные антенны.

Особенности антенн компании «СКАРД»:

- улучшенные массогабаритные характеристики;
  - эргономические свойства антенн, разработанные с учётом стационарной и мобильной эксплуатации;
  - развитый набор опций (СВЧ-переходы, МШУ, кабельные сборки, узлы креплений и т.д.);
  - техническая поддержка на весь срок эксплуатации;
  - оптимальный баланс цена/качество.
- Опыт реальной эксплуатации пользова-



телями, в том числе и РЧС РФ, показал надёжность и практичность оборудования, простоту применения. Развитая дилерская сеть обеспечивает оперативную доставку до конечного пользователя и сервисную поддержку.

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

Тел.: +7 (4712) 390-632, 390-786



# 15 лет: этап становления пройден – идём дальше!



**ЗАО «ЭЛСИ» отмечает свой 15-летний юбилей!**

В 90-е годы прошлого столетия нашу великую Родину застали нелегкие времена, радиоэлектронная промышленность была практически уничтожена и, казалось, отстала от мировых лидеров на десятки лет.

Тем не менее, в конце 90-х целеустремленные, амбициозные люди, готовые на энтузиазме работать за идею, уважающие и ценящие свои умения и знания, начинают создавать частные компании, нацеленные зарабатывать, создавая что-то новое; компании, которые стремятся доказать всем, что можно получать результат без огромных объемов финансирования от государства и при этом расти и развиваться.

Так, в 1997 г. была основана одна из таких компаний – ЗАО «ЭЛСИ». В те сложные годы становления компания начинала работу в составе 20 энтузиастов, которым приходилось работать и в выходные дни и праздники. Зарботная плата была ничтожная, но люди работали, и результат усердной работы не заставил себя долго ждать.

Так, в начале 2000-х бортовая система видеонаблюдения и регистрации информации для самолетов МиГ-29СМТ была признана серийной, т.е. прошла все испытания согласно правилам МО РФ. Документации изделия была присвоена литера О1. С этого момента компания начинает динамично развиваться, стараясь создать больше серийных изделий, т.к. именно при серийном производстве разработанной продукции начинает появляться прибыль и, соответственно, возможности для развития. И немаловажный фактор – растёт зарплата сотрудников, люди видят результат, и их работа становится ещё более плодотворной и усердной.

С 2001 по 2003 гг. было выпущено порядка 60 бортовых систем видеонаблюдения и регистрации информации для самолётов МиГ-29СМТ (УБТ), а также шесть систем слепополётной обработки информации, которые позволяют расшифровывать и впоследствии работать с информацией, полученной при помощи системы регистрации, упомянутой выше.

Далее номенклатура изделий ЗАО «ЭЛСИ» расширяется. С 2002 по 2012 гг. выпущено более 250 телевизионных систем объективного контроля учебно-боевых действий (Т-СОК-УБД-130) для таких машин, как Як-130, Су-25УБМ, Су-27СМ, Су-30МКК, и порядка десяти систем слепополётной обработки информации СПОИ-2М.

Вновь разработанные изделия проходят испытания, не боятся ни вибраций, ни температурных воздействий самых суровых климатических зон нашей необъятной Родины. Конструкторы компании создают эксплозивный накопитель информации, который имеет ряд положительных отличий от иностранных аналогов: легко извлекается из блока регистрации полётной информации, не имеет ни одного разъёмного соединения с блоком регистрации, что повышает его жизненный цикл и надёжность. Такой инновационный подход, свобода инженерной мысли, стремление развиваться помогают сотрудникам компании перейти на работу с данными в цифровом виде; передавать информацию посредством ВОЛС, что приводит к увеличению объёмов передаваемой информации и, как следствие, к росту производительности системы и бортового комплекса в целом. Кроме того, программисты ЗАО «ЭЛСИ» постоянно трудятся над созданием более совершенных программных средств скатия информации.

Весь полученный опыт был применён и внедрён в цифровые системы видеорегистрации (СВРЦ), которые применяются на вертолетах ОАО «Камов». За последние несколько лет было произведено порядка 30 таких систем, которые также имеют статус серийного изделия.

Мы благодарны нашим первым заказчикам за их доверие к нашей компании. Благодаря им мы смогли стать теми, кем являемся сейчас.

За 15 лет количество сотрудников нашей компании выросло до 220 человек, 80% из них имеют высшее образование, 10 – кандидаты технических наук. Предприятие имеет своё ОКБ, цех механообработки, оснащённый совре-



**Сергей Вяткин, генеральный директор**

менными станками с ЧПУ, испытательную лабораторию, монтажный участок, который позволяет монтировать микросхемы с корпусами BGA. Таким образом, компания «ЭЛСИ» способна проектировать, изготавливать и испытывать изделия, которые необходимы заказчику, что позволяет сократить время создания нового продукта и, как следствие, стоимость.

Благодаря накопленному опыту работы с видеоинформацией, несколько лет назад мы начали осваивать новые направления: тепловизионную технику, лазерные дальномеры, опорно-поворотные гиросtabilизированные платформы, аэро-/фотосистемы. В результате работы над опорно-поворотными устройствами был разработан ряд бесконтактных моментных двигателей, имеющих характеристики, близкие к лучшим импортным аналогам. Кроме того, были разработаны вращающиеся оптические переходы, которые позволяют передавать информацию по ВОЛС из вращающейся части системы в стационарную.

Разработана и реализована гиросtabilизированная оптико-электронная система, которая включает в себя телевизионный и тепловизионный каналы видения, а также лазерный дальномер.

Новым направлением компании, которое нашло интерес у заказчиков, стала разработка астроинерциальной навигационной системы для авиации.

По итогам 15-летней работы мы с уверенностью можем сказать, что ЗАО «ЭЛСИ» является современным предприятием радиоэлектронного профиля, которое способно разрабатывать и серийно изготавливать наукоемкую высокотехнологичную продукцию как гражданского, так и военного назначения.





ЭЛСИ

ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ЭЛСИ»

Научно-производственное предприятие

ELSY Research and Development Company

- Бортовые системы видеонаблюдения и регистрации информации
- Системы послеполётной обработки информации
- Интерфейсные платы
- Платы сжатия видеоданных
- Импульсные источники вторичного питания
- Бесконтактные моментные двигатели
- Оптические трансиверы для жёстких условий эксплуатации
- Многоспектральные гиростабилизированные оптико-электронные системы



Россия, Великий Новгород, Набережная реки Гзень, д. 9  
Тел./факс: +7 (8162) 948-737. E-mail: [info@elsynov.ru](mailto:info@elsynov.ru), <http://www.elsy.nov.ru>

Phone/Fax: +7 (8162) 948-737. E-mail: [info@elsynov.ru](mailto:info@elsynov.ru), <http://www.elsy.nov.ru>  
9 Naberezhnaya Reki Gzen, Veliky Novgorod, Russia



# СБИС с программируемой архитектурой в системах специального назначения

Часть 1

Александр Бутов (Москва)

Статья посвящена анализу особенностей применения СБИС с программируемой архитектурой в специализированных системах. В статье рассмотрены существующие архитектуры программируемых СБИС, таких как ПЛИС, программируемые системы на кристалле (ПСНК), структурированные БМК (СБМК). Проведён анализ подходов при разработке современной, сложной аппаратуры, требующей применения оригинальных СБИС. В статье показано, что реализация логики на базе функциональных генераторов (LUT) позволяет существенно упростить и удешевить проектирование схем, изготавливаемых по технологиям с нанометровыми проектными нормами. Предложена методология, позволяющая организовать в России выпуск высокономенклатурных, мелкосерийных СБИС с приёмкой «5».

## ВВЕДЕНИЕ

Разработка современных систем вооружений, средств спецсвязи, бортовой электроники требует применения всё более сложной элементной базы с характеристиками, определяемыми передовым уровнем современной технологии. Разработка такой элементной базы (СБИС и систем на кристалле) является очень сложной интеллектуальной задачей. Для её решения в настоящее время предлагается достаточно мощный пакет средств проектирования, включая разработку проектов на поведенческих языках (Систем С, Verilog HDL), а также развитые средства моделирования и верификации проектов [1–5]. Тем не менее, вероятность получения с первой итерации полностью работоспособных образцов СБИС и особенно СНК является

достаточно низкой, что объясняется следующими причинами:

- трудность составления исчерпывающего технического задания для сложных систем;
- наличие труднопрогнозируемых факторов, которые проявляются только при проведении реальных испытаний аппаратуры;
- высокая комбинаторная сложность решаемых задач и, как следствие, наличие риска появления ошибок, объясняемых человеческим фактором.

Обнаружение ошибок и нестыковок в проектах типа ASIC неизбежно приводит к необходимости коррекции, что выливается в существенные временные и финансовые потери. Отметим, что применение в серийной спец-аппаратуре СБИС типа ASIC требует проведения длительных (до 1 года) и

дорогостоящих квалификационных испытаний.

По этой причине в настоящее время стали всё шире применяться технологии проектирования, позволяющие выполнять параллельную отработку элементной базы и аппаратуры.

Одним из популярных вариантов такой технологии проектирования является применение СБИС с программируемой архитектурой, позволяющих существенно снизить временные и финансовые затраты на повторные коррекции и изготовление микросхем. Рассмотрим основные типы этих схем.

## ПЛИС и ПРОГРАММИРУЕМЫЕ СИСТЕМЫ НА КРИСТАЛЛЕ

ПЛИС и программируемые системы на кристалле (ПСНК) являются, пожалуй, наиболее удобной элементной базой для разработчиков аппаратуры. Они настраиваются на требуемую конфигурацию программным путём. Микросхемы этого типа хорошо известны нашим разработчикам. В качестве примера можно привести ПЛИС фирм Xilinx, Altera и Actel [6–8].

Основу современных ПЛИС составляют логические элементы, позволяющие настраиваться на выполнение логических функций с помощью записи информации, содержащей таблицы истинности функций, в блоки Look-Up Table (поисковая таблица) и информации о структуре связей элемента в память программируемых мультиплексоров. Для создания необходимых связей в ПЛИС применяются программируемые коммутаторы. Пример структуры логического элемента ПЛИС типа FPGA приведён на рис. 1.

Для хранения программируемой информации обычно используется статическая память (RAM), хотя иногда применяется метод занесения информации путём электрического пережигания/восстановления плавких перемычек.

ПЛИС обычно включают в свой состав программируемые цифровые вентили, блоки синхронизации и блоки памяти. ПСНК могут включать в свой состав дополнительный набор IP-бло-

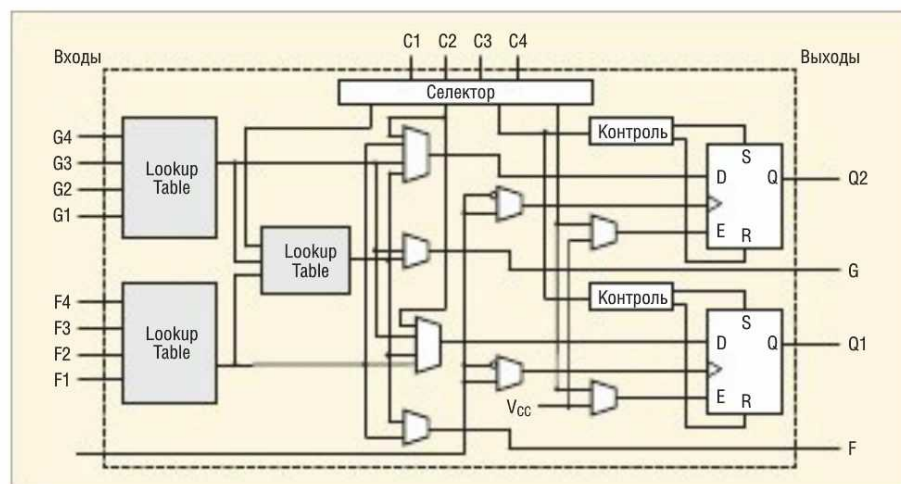


Рис. 1. Структура элемента FPGA



ков, таких как процессорные ядра, интерфейсные блоки, блоки специальной цифровой обработки и даже цифроаналоговые блоки.

ПСНК являются полностью программируемыми системами. В ПЗУ записывается программное обеспечение процессора, в массив FPGA помещается вся специализированная цифровая логика, системный программируемый коммутатор позволяет в широких пределах настраивать систему соединений блоков, в том числе подключение необходимых интерфейсов, вывод на контактные площадки требуемых входных и выходных сигналов, а также настройку аналоговых блоков.

С помощью ПЛИС и ПСНК можно достаточно быстро, с минимальными затратами выполнить разработку и отладку в аппаратуре проекта СБИС, однако при этом технические характеристики и стоимость образцов СБИС существенно уступают специализированным схемам. Поэтому при переходе к серийному производству ответственных изделий неизбежно встаёт вопрос о переводе проектов на более компактную и надёжную элементную базу.

### Классические БМК

Одним из ранних известных подходов, позволяющих существенно сократить и упростить изготовление БИС, является проектирование и изготовление БИС на базе классических базовых матричных кристаллов (БМК).

Основная идея БМК заключается в создании специальных базовых кри-

сталлов – заготовок, содержащих несконмутированные логические элементы. Эти элементы с помощью нескольких переменных слоёв верхней металлизации настраиваются на выполнение требуемой поведенческой функции. В этих же слоях осуществляется прокладка цепей коммутации.

По своей сути классические БМК, или Gate Array, – это изделия-полуфабрикаты, позволяющие за счёт большого объёма предварительно проведённых работ резко сократить сроки и стоимость разработки специализированных СБИС.

При разработке БМК создаются:

- библиотека стандартных элементов;
- конструкторская и технологическая документация;
- измерительная и испытательная оснастка;
- ТУ;
- технология и маршрут проектирования.

По окончании выполнения ОКР по разработке БМК проектируется тестовая зашивка, на которой проводятся испытания согласно ГОСТ.

Проведение такого большого объёма предварительных работ даёт возможность за 2–4 месяца разрабатывать и выпускать схемы, удовлетворяющие требованиям военной приёмки без проведения длительных квалификационных испытаний и выпуска технической документации. По этой причине при разработке аппаратуры специального назначения разработчики всю её нестандартную часть очень часто выполняют исключительно на БМК,

поскольку разработка специализированных БИС (ASIC) с проведением испытаний и выпуском документации занимает 2–3 года.

Современные технологии проектирования зашивок на БМК или полужаковых БИС позволяют принимать проекты, подготовленные на различных уровнях представления: поведенческие, структурные, представленные в базисе ПЛИС и т.д. Всё это существенно снижает квалификационные требования к специалистам – разработчикам аппаратуры, освобождает их от анализа тонкостей проектирования БИС и фактически переводит разработку изделий в плоскость печатных плат.

В последнее время при проектировании изделий специального применения стала внедряться технология разработки аппаратуры, при которой экспериментальные образцы специализированных БИС разрабатываются на базе импортных ПЛИС, а затем эти проекты при переходе к серийному производству перерабатываются (конвертируются) в отечественные на радиационно-стойкие БМК [11–13].

Задача такой конвертации, на первый взгляд, кажется не очень сложной, однако при ближайшем рассмотрении обнаруживается ряд существенных проблем, обусловленных:

- различным конструктивным исполнением ПЛИС и БМК;
- различными библиотеками;
- различными динамическими параметрами (которые могут отличаться в 5...10 раз);

Реклама



**ЭК ЗИП**

**Огромный ассортимент  
Всегда в наличии на складе**

[www.zip-2002.ru](http://www.zip-2002.ru)



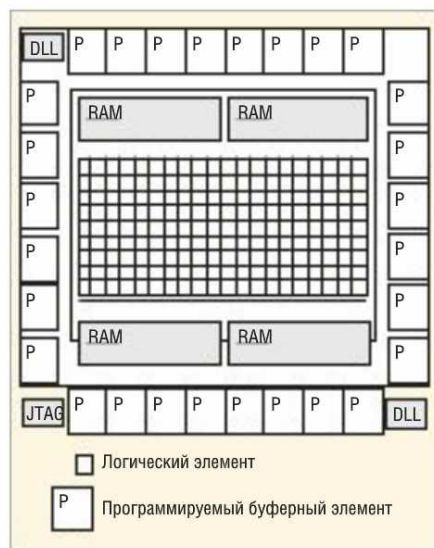


Рис. 2. Структурированный БМК

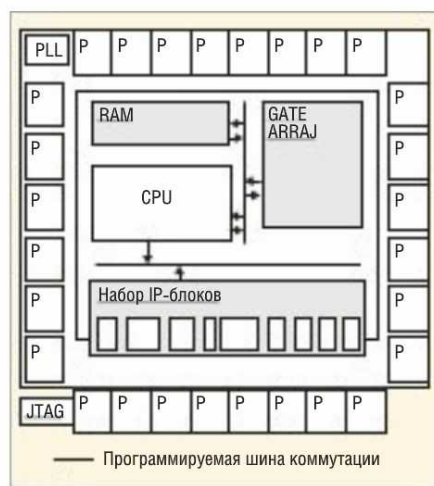


Рис. 3. Структурированный БМК с IP-блоками (гибридная система)

- наличием в ПЛИС большого объёма интеллектуальной аппаратуры, не входящей явно в описание схем (схемы синхронизации, сброса, JTAG и т.д.);
- нестыковкой по документации (БМК требуют наличия полного тестового вектора для измерений, ПЛИС зачастую отлаживают непосредственно в аппаратуре).

Вышеперечисленные проблемы обуславливают относительно большой объём работ по конвертации проектов, который в общем случае не намного быстрее и дешевле оригинальной разработки полужаказной БИС.

## СТРУКТУРИРОВАННЫЕ БМК

Структурированные БМК (СБМК) – новый класс БИС, который занимает место между сложными ПЛИС (FPGA) и специализированными БИС (ASIC). В последние годы он завоевывает всё большую популярность. Производители СБМК стремятся соединить в них

простую и недорогую разработку проектов, свойственную FPGA, с экономным расходом площади и высоким быстродействием ASIC [21].

В отличие от классических БМК, собираемых из мелкозернистых ячеек типа вентиля 2И-НЕ, СБМК строятся на базе крупнозернистых логических блоков, позволяющих реализовывать более сложные функции типа одноразрядного сумматора или JK-триггера. Такой подход существенно упрощает выполнение настройки и коммутации логических блоков, сокращает число переменных фотошаблонов и обеспечивает высокие параметры быстродействия, хотя и снижает эффективность использования кремния.

Полужаказные БИС на базе структурированных БМК в настоящее время поставляют фирмы: Chip Express (CX4000, CX5000) [7], eASIC (eASIC Array) [8], Faraday Technology (3MPCA), LSI Logic (RapidChip), AMI Semiconductor (Xpress Arrays) и др.

СБМК содержат в своём составе настраиваемые узлы и логические блоки, функции и связи которых программируются масочно. Цифровые вентили СБМК обычно выполняются по идеологии ПЛИС (FPGA или FLEX) с той лишь разницей, что они программируются не путём записи информации в конфигурационной ОЗУ, а с помощью системы переменных перемычек или переменных контактов, выполняемых в одном или двух переменных слоях с помощью фотолитографии или лазерной литографии верхнего слоя металлизации или слоя контактных окон.

Отдельные продвинутые разработки фирм Chip Express и eASIC позволяют это делать даже с помощью одного переменного шаблона. Резкое сокращение числа шаблонов позволяет существенно удешевить и ускорить процесс изготовления микросхем, доведя его до 7–10 дней.

СБМК, кроме программируемых переменными шаблонами цифровых вентилях, могут включать в свой состав дополнительную аппаратуру: процессорные ядра, блоки ЦОС, ОЗУ, ПЗУ, универсальные и специальные блоки ввода-вывода, аналоговые компоненты. Совокупность встроенных IP-блоков даёт схеме прикладную направленность, увеличивая её эффективность для решения задач определённого класса. Та-

кие СБМК относят к классу платформ (Platform ASICs).

Отметим, что в случае применения структурированных БМК или ПЛИС, содержащих большое число IP-блоков, параметры разрабатываемых на их базе БИС практически не уступают чистым ASIC по быстродействию и совсем немного проигрывают в площади при существенно более низкой стоимости проектирования и изготовления кристаллов.

СБМК являются универсальной элементной базой. Они очень похожи на ПЛИС и позволяют реализовывать проекты, представленные как на структурном, так и на поведенческом уровне. Для проектирования зашивок СБМК можно использовать проектные данные, подготовленные в САПР ПЛИС.

Принципиально с помощью СБМК при технологии изготовления базовых пластин уровня 90 нм можно достигнуть следующих результатов:

- число вентилях – до 5 млн.;
- быстродействие до 0,05 нс на вентиль;
- тактовые частоты – до 600 МГц;
- встроенное ОЗУ – до 32 Мб;
- масочное ПЗУ до 256 Мбит.

Полужаказные БИС на базе СБМК в 5–7 раз рентабельнее ПЛИС и обладают существенно более высокими параметрами.

Структурированные БМК предоставляют уникальную возможность комбинированного изготовления микросхем, при которой базовые пластины изготавливаются за рубежом по технологии с проектными нормами 40...60 нм, а изготовление конкретных зашивок осуществляется в России по технологиям, имеющим худшие проектные нормы, например 90...130 нм. Это объясняется тем, что в процессе литографии СБМК приходится стравливать стандартные программируемые перемычки, которые могут иметь не минимальные размеры.

Для организации программирования СБМК будет достаточно запустить технологическую линейку, позволяющую выполнять литографии верхнего слоя металла для пластин диаметром 200 мм, что значительно проще организации полного технологического процесса изготовления СБИС.

Пример структуры несложного структурированного БМК приведен на рис. 2, а СБМК с расширенным набором IP-блоков – на рис. 3.



# **ПРОТОТИПИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ НА КРИСТАЛЛЕ**

Достаточно эффективным подходом, позволяющим существенно сократить расходы на отработку аппаратуры, является проведение её отладки (прототипирования) с помощью программируемой элементной базы [14, 20].

Очень интересным современным подходом в разработке сложных систем на кристалле является проведение разработки с использованием плат-прототипов.

При таком подходе для облегчения процесса отработки аппаратуры разработчику предлагается на первом этапе выполнить разработку системы на полностью программируемой плате, содержащей процессор, память, массив программируемых вентилей в виде ПЛИС, а также широкий набор интерфейсных микросхем (USB, Ethernet, I<sup>2</sup>S, SPI и т.д.). Продвинутые версии таких плат могут включать также микросхемы цифроаналогового интерфейса (ЦАП, АЦП). Плата прототипирования имеет небольшие размеры и во многих случаях может работать непосредственно в разрабатываемой ап-

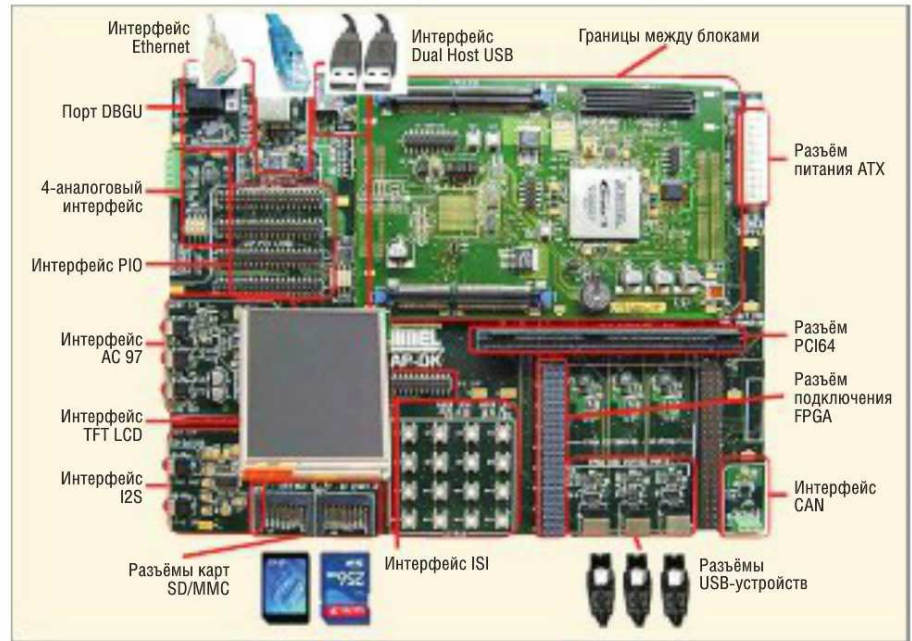


Рис. 4. Плата CAP-9 фирмы Progate Groop для прототипирования СНК

паратуры. Пример платы прототипирования CAP-9 фирмы Progate Groop приведён на рис. 4.

Основной особенностью данной методологии проектирования является то, что у платы прототипирования имеется двойник – СБМК, содержащий такой же набор IP-блоков, что и

сама плата. Более того, исходными данными для формирования защитного слоя этого СБМК является программируемая информация, полученная при отладке платы прототипирования. Пример СБМК, соответствующего плате CAP-9, приведён на рис. 5.

www.sensorica.ru

## ПРОВОЛОЧНЫЕ ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ

Heraeus

самые точные,  
стабильные  
и надежные

Pt50      Pt500      Pt100

Серия KN –200...+600°C    Серия K –200...+850°C

Компания Heraeus

150 лет успеха  
и инноваций

- Чувствительный элемент – платиновая проволочная спираль
- Ударопрочность, высокое сопротивление ударной нагрузке и давлению
- Различные номинальные сопротивления 25, 50, 100, 200, 500 Ом
- Модели для работы на токах до 10 мА
- Отличная долгосрочная стабильность

СЕНСОРИКА

(495) 223 0038

Москва, 1-й Щемилковский пер., д. 16, стр. 2

E-mail: info@sensorica.ru, www.sensorica.ru

Реклама



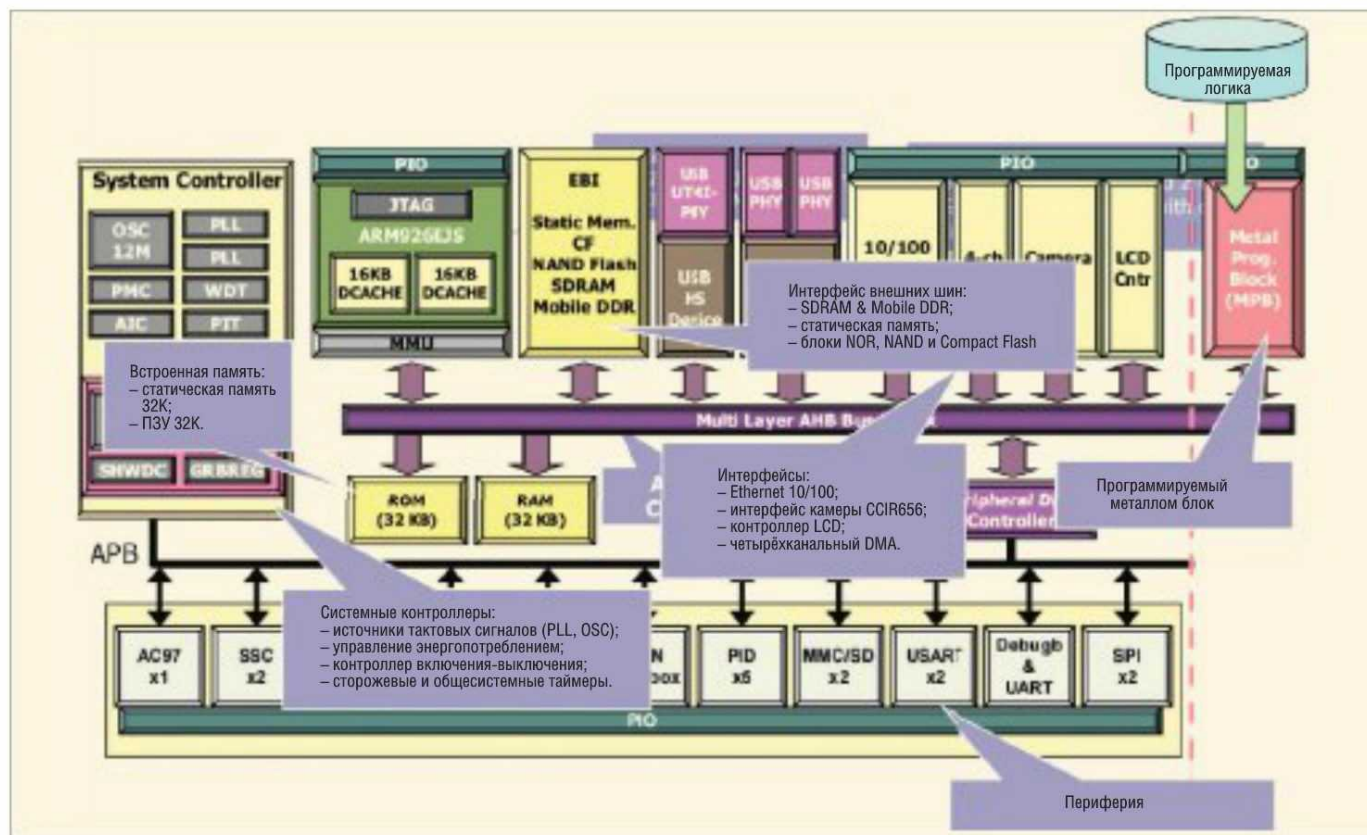


Рис. 5. СБМК с набором IP-блоков, совместимая с платой CAP-9

Применение этой методологии позволяет вывести процесс отладки аппаратуры на принципиально новый уровень. Разработчик может получить полностью отлаженную систему без изготовления специальной элементной базы и только на последнем этапе заказать по тщательно отлаженной и отработанной информации специализированную полузаказную БИС, изготавливаемую на базе СБМК. Это позволяет избежать дорогостоящих повторных изготовлений специализированных СБИС и обеспечить быстрый вывод на рынок сложных электронных изделий.

## СБМК и нанометровые проекты СБИС

С переходом к проектированию СБИС на базе технологии с проектными нормами менее 90 нм проекты, выполненные на базе стандартных ячеек (обычные ASIC), не способны более достигать преимуществ в цене кристаллов и их быстродействии при дальнейшем уменьшении проектных норм [15, 16]. Глубоко субмикронные и нанометровые СБИС требуют нового подхода к проектированию вместо стандартных ячеек для реализации проектов на современном уровне.

Полностью заказное проектирование было предпочтительным решени-

ем до тех пор, пока оно не стало слишком длительным и дорогим процессом для большинства проектов. В это время микроэлектронная промышленность выбрала методологию стандартных ячеек ценой некоторого проигрыша в площади и быстродействии.

В процессе дальнейшего уменьшения проектных норм произошло принципиальное изменение ситуации. Задержки межсоединений между различными блоками БИС стали доминировать в общей задержке схем, размеры элементов стали меньше, чем длина волны при фотолитографии, резко возросла цена комплекта фотошаблонов и, соответственно, цена производства СБИС на стандартных ячейках. Возникла необходимость заменить стандартные ячейки в качестве базовой технологии чем-то другим. Этим другим подходом явились СБИС с программируемой структурой, в которых базовые слои и большая часть слоев металла стандартизованы.

Около 25 лет назад стандартные ячейки начали замещать полностью заказные схемы – основную в то время методологию проектирования. В те дни стоимость полностью заказного проекта начала превышать 10 млн. долл., и сообщество разработчиков СБИС согласилось проиграть более чем вдвое в быстродействии и плот-

ности, снизив стоимость проекта примерно в 10 раз.

С тех пор стоимость проекта на стандартных ячейках опять выросла до 10 млн. долл. Снова появилась потребность перехода на новую методологию проектирования, существенно снижающую стоимость проектов, но, по возможности, без значительных потерь в быстродействии и плотности. Роль такого нового подхода сыграли БИС с программируемой архитектурой. Подмножеством этого класса схем являются СБМК, программируемые с помощью переменного слоя межслойных переходов. Такие схемы были предложены несколькими фирмами (eASIC, ViASIC, LeopardLogic) [9], а также академическими организациями (Carnegie Mellon's VPGA). Часто такие схемы называют «стандартным металлом».

Непрерывное уменьшение размеров элементов привело к значительному удорожанию сверхбыстродействующих СБИС. Однако не все элементы схем уменьшаются в равной степени. Для того чтобы понять влияние этого дифференцированного уменьшения, необходимо проанализировать каждый элемент по отдельности. Обычно вся цифровая логика построена на двух элементах: транзисторы и металлические соединения. Уменьшение



размеров транзисторов приводит к уменьшению времени их переключения. К сожалению, уменьшение размеров увеличивает сопротивление межсоединений и, сверх того, увеличивает их ёмкости, что приводит к росту задержек в межсоединениях. График этой зависимости приведён на рис. 6.

При проектной норме 180 нм проявляется первая особенность. После ряда лет доминирования транзисторных задержек непрерывное уменьшение размеров приводит к доминированию задержек, вносимых межсоединениями [1, 3]. Для борьбы с этим эффектом были разработаны дорогостоящие технологии, позволяющие уменьшить эти задержки. Для уменьшения сопротивления коммутационных проводников стали применять медь вместо алюминия, а для уменьшения паразитных ёмкостей использовать диэлектрические материалы с низкой диэлектрической проницаемостью.

Однако, несмотря на эти усилия, задержка межсоединений в настоящее время всё ещё очень актуальна. Такое положение сохранится и в будущем. Например, при проектной норме 100 нм энергия переключения проводников в среднем в 5 раз превышает энергию переключения транзисторов, а для нормы 35 нм – в 30 раз. Более того, возникает проблема межпроводниковых наводок (проблема «целостности сигнала»). Причём с уменьшением проектных норм влияние проблемы «целостности сигнала» начинает доминировать [3].

На рис. 7 показан график зависимости задержек переключений и задержек, обусловленных фактором межпроводниковых наводок в зависимости от проектных норм. Эти явления приводят к существенному замедлению роста быстродействия схем при переходе к следующему уровню технологии.

В настоящее время стало совершенно ясно, что для получения проектов с небольшими, прогнозируемыми задержками необходимо заменить основной строительный блок СБИС – вентиль – на более крупный блок, позволяющий реализовывать более сложные логические функции и содержащий внутри заведомо короткие связи. Таким строительным элементом является LUT – логический примитив, выигравший в войнах FPGA. Конструирование логических функций с помощью примитивов большого размера становится гораздо более эффектив-



Рис. 6. График роста задержек в межсоединениях при уменьшении размеров

ным, чем использование многочисленных мелких вентилях, соединённых проводниками, поскольку эти проводники приводят к трудно прогнозируемому большому задержкам.

Следовательно, логика, определяемая межслойным переходом, или, в качестве альтернативы FPGA, логика, определяемая битовым потоком, будет предпочтительным вариантом для первого этапа перехода от стандартных ячеек к стандартному металлу.

Очевидно, что более крупная логика LUT делает возможной стандартизацию нижних слоёв металла, используемых для конструирования соединений логических элементов нижнего уровня. Однако реальное преимущество набора логических элементов нижнего уровня из крупных элементов заключается в её влиянии на слои трассировки. Слои, располагающиеся поверх набора логических элементов нижне-



Рис. 7. График «проблемы целостности сигнала» (межпроводниковых наводок)

го уровня, используют для соединения между собой логических ячеек и построения реальной логической схемы. Набор логических элементов нижнего уровня, построенный из повторяющихся крупных логических ячеек, допускает эффективное использование сегментированной трассировки подобно тому, как это делается в FPGA. Важным преимуществом использования крупных ячеек является меньшее число проводников, которые необходимо развести с помощью автоматических процедур размещения и трассировки, поскольку проводники, входящие в состав крупной ячейки, уже являются частью этой ячейки, спроектированной вручную. При использовании крупных ячеек можно использовать формальные методы буферизации сигналов, распространяющихся по длинным связям [19].

Продолжение следует

Датчики будущего LEM создаёт уже сегодня! Более 3000 моделей датчиков тока и напряжения для различных условий эксплуатации.

ООО «ТВЕЛЕМ» - официальный производитель и дистрибьютер фирмы LEM S.A. в России.

170040, г. Тверь, Старицкое шоссе, 15. Тел./факс: +7 4822 65-56-72, 65-56-73.  
E-mail: tvelem@lem.com; www.lem.com

Реклама



# Преимущества использования технологии низкотемпературной керамики для реализации радиоэлектронных устройств

Яков Перцель, Андрей Яковлев (г. Омск)

**В статье описывается типовой процесс изготовления многослойных керамических плат по технологии низкотемпературной керамики LTCC. Показаны преимущества использования данной технологии в производстве радиоэлектронных изделий.**

Тенденции миниатюризации, повышения требований к надёжности изделий, увеличения скоростей передачи данных приводят к необходимости использования современных конструкторско-технологических решений в проектировании и производстве радиоэлектронных изделий. Традиционные печатные платы из стеклотекстолита, широко использующиеся в качестве основы изделий, производимых с применением поверхностного монтажа, имеют ограниченную область применения.

Требования рынка диктуют необходимость создания миниатюрных высокочастотных радиоэлектронных устройств, обладающих высочайшей надёжностью и уникальными эксплуатационными характеристиками. Один из возможных вариантов решения подобной задачи – применение в качестве основы многослойных керамических плат, изготовленных по технологии LTCC (Low Temperature Co-fired Ceramic, низкотемпературная керамика, спекаемая за одну технологическую операцию).

Технологическим новшеством являются работы по созданию и промышленному внедрению технологий изготовления радиоэлектронной аппаратуры на основе низкотемпературной керамики. Следует подчеркнуть, что в

мире едва ли найдётся десяток радиоэлектронных компаний, успешно реализовавших подобную технологию на уровне устройств и систем.

В настоящее время ведутся работы по созданию элементной базы и функциональных устройств различного назначения, выполненных по технологии LTCC в виде трёхмерных интегрированных структур. Это позволит существенно расширить диапазон рабочих частот, улучшить показатели надёжности и массогабаритные характеристики вновь создаваемых средств радиосвязи.

Технология LTCC в настоящее время быстро развивается и успешно применяется в различных областях, например, для производства микросхем ВЧ и СВЧ низкой и средней степени интеграции. В относительно низкой частотной области на базе LTCC-подложек изготавливаются устройства для аппаратуры GSM, CDMA, TDMA и Bluetooth, а в области миллиметровых волн популярными становятся приложения MMDS и LMDS. Технология LTCC обеспечивает недорогое решение для массового производства коммерческих и специальных устройств.

Одним из основных отличий низкотемпературной керамики от высокотемпературной является спекание слоёв при температуре ниже 1000°C, что

даёт возможность работать с пастами на основе золота, серебра и меди (с малым удельным сопротивлением).

Технология LTCC позволяет создавать трёхмерные платы с высокой плотностью монтажа, с интегрированными пассивными элементами и нормированными волновыми параметрами. Совместное обжигание всех слоёв повышает надёжность такой «печатной» платы как в процессе производства, так и при эксплуатации в самых жёстких условиях.

На современном уровне развития отечественной технологии LTCC стало возможным создание коммутационных керамических плат с разрешающей способностью проводник/зазор 50/50 мкм. Достижение этих параметров обеспечивает высокие электрические и эксплуатационные характеристики, их высокую повторяемость в серии, значительный выигрыш в массе и габаритах изделий и позволяет конкурировать с зарубежными производителями.

Наряду с улучшением массогабаритных характеристик создаваемых технических средств и повышением их надёжности, технология низкотемпературной совместно обжигаемой керамики, при современном техническом уровне оборудования, позволяет выпускать устройства без дополнительной регулировки и подстройки, с высоким процентом выхода годных изделий. Реализуемые параметры коммутационных плат для устройств и систем различного назначения на основе LTCC приведены в таблице.

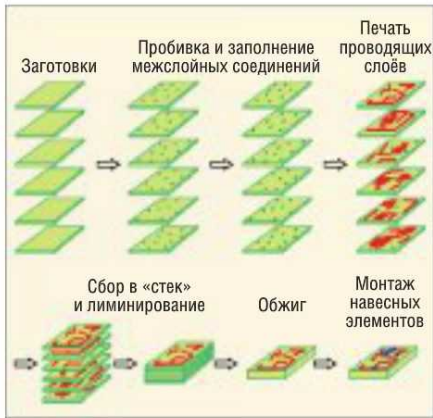
Существующая технология изготовления керамических плат обусловлена широкой прогнозируемой номенклатурой устройств, которые могут быть реализованы с использованием LTCC:

- антенны СВЧ-диапазона;
- направленные ответвители;
- фильтры различного назначения для малогабаритной РЭА;
- фазовращатели СВЧ-диапазона;
- устройства генерации и стабилизации частоты;

**Реализуемые параметры устройств, изготовленных по технологии LTCC**

| Наименование параметра                                                                     | Значение      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Диапазон рабочих частот, ГГц                                                               | До 10         |
| Размер платы, мм                                                                           | До 120 × 120  |
| Количество слоёв платы                                                                     | До 40         |
| Минимальный диаметр переходного отверстия, мкм                                             | 100           |
| Разрешение проводник/зазор, мкм                                                            | 50/50         |
| Диапазон номиналов интегральных резисторов, кОм:<br>– внутренних слоёв<br>– наружных слоёв | До 5<br>До 50 |
| Удельная ёмкость одного слоя конструктивного конденсатора, пФ/мм²                          | 0,4...1,8     |
| Диапазон номиналов индуктивностей, нГн/м                                                   | 250...500     |





**Рис. 1. Типовой технологический процесс изготовления многослойной керамической платы по технологии LTCC**

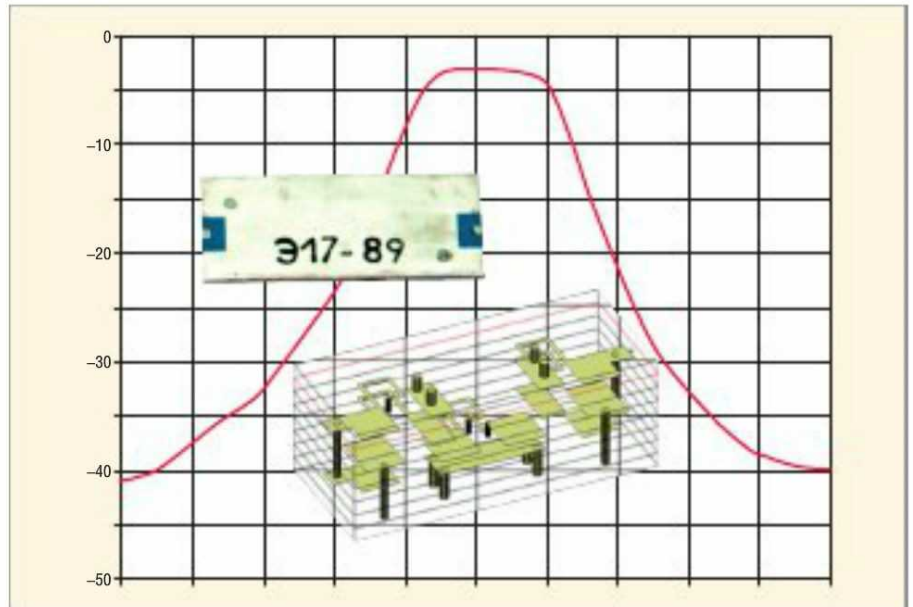
- синтезаторы и преобразователи частоты;
- частотноизбирательные драйверы АЦП;
- дискретные конденсаторы;
- аттенуаторы и др.

Возможности технологии LTCC позволяют учитывать параметры материалов и допуски на геометрические размеры при значительном (в разы) уменьшении габаритов элементов. Кроме этого, с учётом характеристик оборудования по производительности и точности, изготовление перечисленных выше устройств возможно в необходимых количествах.

Технология LTCC предусматривает изготовление многослойных плат на керамической основе из отдельных листов, на которых предварительно сформированы межслойные и теплоотводящие отверстия, элементы полостей и окон и методом трафаретной печати нанесены проводниковые, диэлектрические и резистивные элементы. Технология LTCC позволяет изготавливать внутренние (скрытые) пассивные элементы (резисторы, конденсаторы и катушки индуктивности) в объёме модуля. Резисторы могут быть сформированы и на внешних слоях. Одиночные листы собираются в пакет, который подвергается прессованию при определённых значениях температуры и давления. Если допуск на линейные размеры не критичен, собранный пакет может быть предварительно разделён на отдельные платы.

Пакет или отдельные платы обжигаются в одном цикле. Температура обжига для стеклокерамики LTCC ниже  $900^{\circ}\text{C}$ , что делает возможным обжиг золотых и серебряных проводников.

Типовой технологический процесс изготовления многослойной керамической



**Рис. 2. Конструкция и АЧХ экспериментального фильтра, изготовленного по технологии LTCC**

ческой платы по технологии LTCC схематично показан на рисунке 1, а один из возможных вариантов полосового фильтра размерами  $12 \times 6 \times 1$  мм на частоту 1400 МГц и его характеристики – на рисунке 2.

Полученные характеристики экспериментальной партии данных элементов позволяют сделать вывод о том, что данная технология обеспечивает получение элементов селекции и других СВЧ-устройств, имеющих минимальные разбросы параметров, в широком диапазоне частот и применений без подстройки. Освоенные процессы моделирования и конструирования СВЧ-устройств позволяют разрабатывать

перечисленные выше элементы СВЧ-тракта. Аналогичные результаты получены в части моделирования и конструирования антенных вибраторов и ячеек для антенных решёток на основе LTCC-плат, а изготовленные устройства в диапазоне от 100 МГц до 3 ГГц позволяют получать необходимые параметры с малым разбросом.

Таким образом, в настоящее время ведётся ряд работ, направленных на создание элементной базы и функциональных устройств различного назначения, выполненных по LTCC-технологии в виде трёхмерных интегрированных структур для перспективной радиоаппаратуры.

**РОСТЕХНОЛОГИИ ОПИОН**

**ОМСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ**

**ОНИИП**

ОБЪЕДИНЕНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЦЕНТРОВ РАДИОТЕХНИКИ, АУДИОТЕХНИКИ И КОММУНИКАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

**СВЧ УСТРОЙСТВА СЕЛЕКЦИИ, ФАЗОВРАЩАТЕЛИ, АНТЕННЫ, ЧАСТОТНО-ИЗБИРАТЕЛЬНЫЕ ДРАЙВЕРЫ, АТТЕНУАТОРЫ И ДР.**

Диапазон частот до 10 ГГц  
 Размеры плат 120 × 120 мм  
 Кол-во слоёв платы до 40  
 Разрешение проводник/зазор 50 × 50 мкм  
 Минимальный диаметр отверстия 100 мкм

Реклама

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



# Плотно упакованная повышенная мощность



Серия **SHP**

Источники питания  
для промышленного  
и медицинского  
оборудования



Серия **MHP**



**650 Вт**

- Прочная промышленная конструкция
- Серия MHP предназначена для применения в медицинском электрооборудовании
- Вентиляторы установлены на верхней плоскости или задней стенке, исполнение в П-образном шасси для 650 Вт моделей
- Диапазон рабочих температур -20...+70°C
- Регулируемая скорость вентилятора для уменьшения акустического шума
- Канал 5 В для обеспечения дежурного режима
- Сервисные функции: сигнал АС ОК, дистанционное включение/выключение, активное распределение выходного тока при параллельном соединении
- Гарантия 3 года



**1000 Вт**



**ProSoft**

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ XP POWER**

МОСКВА Tel.: (495) 234-0836 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru  
 С.-ПЕТЕРБУРГ Tel.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-8339 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
 АЛМА-АТА Tel.: (727) 529-5121 • filinskiy@kz.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
 ВОЛГОГРАД Tel.: (860) 870-2557 • volgograd@prosoft.ru • www.prosoft.ru  
 ЕКАТЕРИНБУРГ Tel.: (343) 376-2820 • Факс: (343) 310-0106 • info@prosoftsystems.ru • www.prosoftsystems.ru  
 КАЗАНЬ Tel.: (843) 291-7555 • Факс: (843) 570-4815 • info@kzn.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
 КИЕВ Tel.: (+380-44) 206-2343/2478/2496 • Факс: (+380-44) 206-2343 • info@prosoft-ua.com • www.prosoft.ru  
 КРАСНОДАР Tel.: (861) 224-9513 • Факс: (861) 224-9513 • krasnodar@prosoft.ru • www.prosoft.ru  
 Н. НОВГОРОД Tel.: (831) 215-4084 • Факс: (831) 215-4084 • n.novgorod@prosoft.ru • www.prosoft.ru  
 НОВОСИБИРСК Tel.: (383) 202-0960; 335-7601/7602 • info@nsk.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
 ОМСК Tel.: (3812) 288-521 • omsk@prosoft.ru • www.prosoft.ru  
 САМАРА Tel.: (846) 277-9168 • Факс: (846) 277-9165 • info@samara.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
 УФА Tel.: (347) 232-5216/5217 • Факс: (347) 232-5218 • info@ufa.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
 ЧЕЛЯБИНСК Tel.: (351) 239-9360 • chelyabinsk@prosoft.ru • www.prosoft.ru



## Разработана технология выращивания полупроводящих нанопроволочек на графене

Компания CrayoNano AS (Норвегия), учреждённая сотрудниками Норвежского технологического университета, запатентовала и приступила к коммерциализации гибридного материала, который представляет собой нанопроволочки из арсенида галлия (GaAs), выращенные на поверхности графена.

Ожидается, что полупроводниковые материалы, выращенные на графене, производят переворот в полупроводниковой промышленности и станут основой для нового типа устройств. Технология, которая, возможно, позволит совершить этот прорыв, представлена в журнале Nano Letters.

«Новый гибридный материал обладает замечательными оптоэлектронными свойствами, объединяя в себе низкую себестоимость, прозрачность и гибкость», — делится информацией профессор Хельге Веман, работающий в CrayoNano AS главным технологом. Запатентованный метод выращивания полупроводниковых нанопроволочек на монокристаллическом слое графена основан на молекулярно-лучевой эпитаксии. Своё достижение авторы рассматривают не в качестве самостоятельного продукта, а как шаблон для разработки новых методов

производства полупроводниковых устройств. Ожидается, что первыми на эту технологию перейдут изготовители солнечных батарей и светоизлучающих диодов.

Вот как всё это происходит. Сначала подложка из монокристаллического слоя графена подвергается бомбардировке атомами галлия, которые адсорбируются на поверхности графена, прямо по центру углеродных шестиугольников. Дальнейшая обработка галлием приводит к росту первичных зародышей с образованием более объёмных наночастиц галлия (атомы одного элемента проявляют высокое сродство друг к другу, что приводит к миграции отдельных атомов галлия в направлении растущей наночастицы). При этом атомы галлия, находящиеся в основаниях частиц, продолжают позиционировать себя строго по центру шестиугольников (сама же наночастица покрывает собой площадь в десятки углеродных элементарных ячеек).

Затем в дело вступает второй источник — атомы мышьяка, которые с этого момента бомбардируют графеновую подложку одновременно с атомами галлия. Новые атомы галлия и мышьяка поступают внутрь галлиевых наночастиц, где химически взаимодействуют друг с другом, приводя к росту нанопроволоки с сечением в виде огромного (по сравнению с размерами гра-

феновой ячейки) шестиугольника, поднимая над поверхностью графена изначальную наночастицу галлия.

Напомним, что графен занимает умы множества учёных и инженеров. К примеру, IBM и Samsung тратят немалые средства на создание полупроводниковых материалов на основе графена, которые могли бы заменить кремний и найти себя в «гибкой электронике». Что ж, кажется, норвежцам удалось добиться практически применимого прогресса в этой области. По их словам, разработка прекрасно совместима с уже имеющимся полупроводниковым оборудованием, а отсюда рукой подать до изготовления потребительской электроники самых разнообразных конструкций и типов.

Но первым устройством с большим рыночным потенциалом станет солнечная батарея на нанопроволочках, — полагают авторы работы. На их взгляд, такие солнечные панели будут «эффективными, дешёвыми и гибкими одновременно». Кроме того, «можно легко представить себе недалёкое будущее, в котором автономные наномашинки и объёмные электронные схемы, построенные на основе графена и полупроводящих нанопроволочек, позволят создавать миниатюрную высокоэффективную электронику».

<http://www.ntnu.edu>



# ЧЁТКО ЯСНО БЕЗОПАСНО








## Электролюминесцентные дисплеи Planar®

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



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ PLANAR

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





# Телекоммуникационные реле серий IM и HF от TE Connectivity

Марьяна Гетьман (Киев, Украина)

Применение электромеханических реле до сих пор остаётся во многих случаях наименее дорогим и наиболее устойчивым и надёжным способом коммутации как силовых, так и сигнальных цепей. В данной статье описаны реле одной из самых интенсивно развивающихся отраслей промышленности и деятельности человека – телекоммуникационной. Фирма TE Connectivity, ведущий мировой производитель электромагнитных сигнальных реле, уделяет особое внимание этой области, выпуская сверхкомпактные телекоммуникационные реле с низким энергопотреблением для применения в системах доступа и передачи данных, модемах, медицинском и измерительном оборудовании, промышленных системах управления и автомобильной промышленности.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ РЕЛЕ

Телекоммуникационное оборудование предъявляет высокие требования к качеству сигнала связи для обеспечения бесперебойной передачи данных. Чтобы осуществить поставленные задачи, необходимы надёжные и качественные комплектующие, в том числе телекоммуникационные реле.

По принципу действия телекоммуникационные реле практически не отличаются от других электромагнитных реле. В них используется электромагнит и связанная с ним электромеханическая система контактов. Реле данного класса используются для коммутации активных нагрузок с рабочими токами до 5 А. Приборы этой группы имеют миниатюрные размеры и минимальное энергопотребление, являясь при этом «кирпичиками» более крупных систем.

Концерн TE Connectivity является одним из крупнейших мировых производителей множества серий телекоммуникационных реле благодаря поглощению в октябре 2000 г. компании Axisom, которая занимала лидирую-

щие позиции на мировом рынке. Самыми популярными устройствами, которые пользуются спросом, являются реле серий IM и HF [1].

## ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ РЕЛЕ СЕРИИ IM

Реле серии IM применяется в системах связи и телекоммуникации, офисном, медицинском оборудовании, сфере автоматизации и сигнализации, контрольно-измерительной технике и маломощной интерфейсной схемотехнике, бытовой электронике и др. Данный вид используется в аппаратуре с минимальным потреблением энергии в режиме StandBy.

Серия IM четвертого поколения – наиболее миниатюрные реле для коммутации сигналов. Малогабаритный корпус позволяет экономить место на печатной плате и производить более плотный монтаж элементов. По основным параметрам реле серии IM не уступают, а по некоторым – превосходят аналогичные реле других фирм. Основные технические характеристики этой серии реле (через слэш приведены параметры аналогичных реле других фирм):

- занимаемая на плате площадь, мм<sup>2</sup>: 60/75...83;
- объём, мм<sup>3</sup>: 339/362...421;
- коммутируемый ток, А: 2/1;
- коммутируемая мощность, Вт: 60/30;
- температурный диапазон, °C: –40...+85;
- мощность управления, мВт: 140 для стандартного исполнения, 100 для исполнения с чувствительной катушкой, 50 с высокочувствительной катушкой;

- прочность изоляции, В: 2500/1500;
- допустимое ускорение при ударах и вибрации, g: 300;
- механическая долговечность, циклов:  $5 \times 10^7$ ;
- электрическая долговечность, циклов:  $10^5$ .

Выпускаются моностабильные и бистабильные варианты реле. Моностабильное реле при снятии питания всегда принимает исходное положение, оно не имеет фиксации контактов. Реле с бистабильной магнитной системой сохраняет своё текущее положение после снятия управляющего напряжения, что позволяет существенно снизить необходимую для его управления энергию. Следует учесть, что для переключения бистабильного реле необходимо реверсировать полярность управляющего напряжения, как показано на рис. 1.

Серия IM довольно широка. Чтобы подобрать необходимое реле, нужно знать правила кодирования его типоминнала. В общем случае типоминнал реле серии IM записывается в виде IMKЧНИМУ, где:

- IM – серия реле;
- K – организация контактов:
  - по умолчанию два переключаемых контакта,
  - A – один нормально замкнутый контакт,
  - B – один нормально разомкнутый контакт,
  - C – один переключающий контакт,
  - D – два нормально замкнутых контакта,
  - E – два нормально разомкнутых контакта;
- Ч – чувствительность и число управляющих обмоток:
  - 0 – одна стандартная моностабильная обмотка,
  - 1 – одна чувствительная моностабильная обмотка,
  - 2 – одна высокочувствительная моностабильная обмотка,
  - 4 – одна стандартная бистабильная обмотка;
- Н – код напряжения питания:
  - 0 – 1,5 В,
  - 1 – 3 В,
  - 2 – 4,5 В,

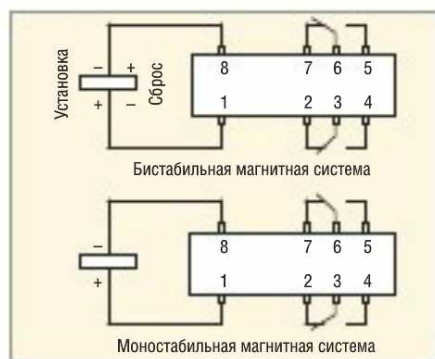
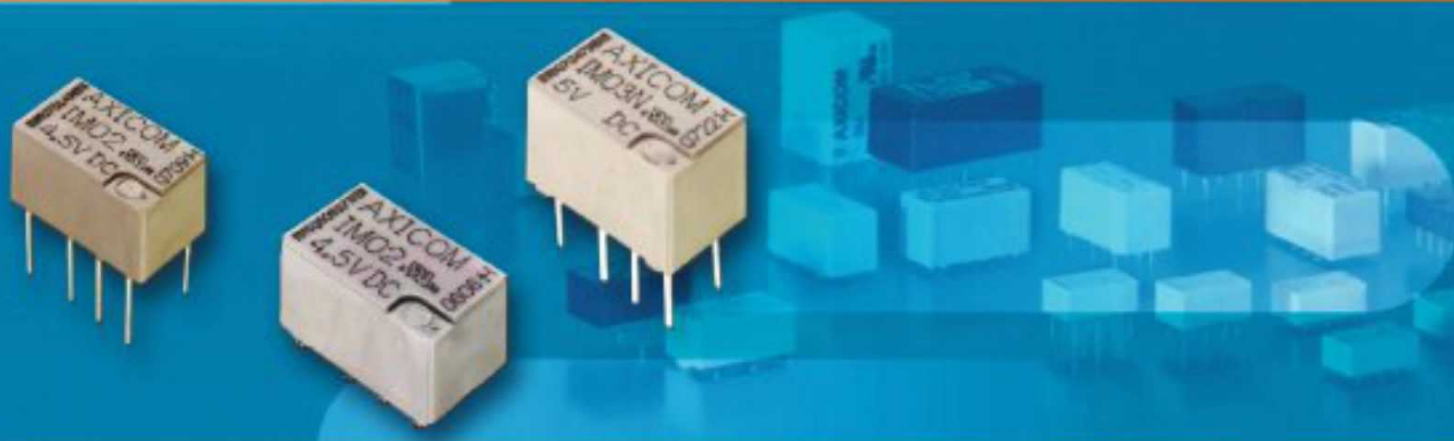


Рис. 1. Схема управления реле серии IM





| Наименование | Катушка | Магнитная система | Исполнение катушки           | Способ монтажа           |
|--------------|---------|-------------------|------------------------------|--------------------------|
| IM46GR       | 12 VDC  | бистабильная      | стандарт                     | поверхностный            |
| IM41TS       | 3 VDC   | бистабильная      | стандарт                     | через сквозные отверстия |
| IM23GR       | 5 VDC   | моностабильная    | высокочувствительная катушка | поверхностный            |
| IM21GR       | 3 VDC   | моностабильная    | высокочувствительная катушка | поверхностный            |
| IM13GR       | 5 VDC   | моностабильная    | чувствительная катушка       | поверхностный            |
| IM07TS       | 24 VDC  | моностабильная    | стандарт                     | через сквозные отверстия |
| IM07GR       | 24 VDC  | моностабильная    | стандарт                     | поверхностный            |
| IM06TS       | 12 VDC  | моностабильная    | стандарт                     | через сквозные отверстия |
| IM06GR       | 12 VDC  | моностабильная    | стандарт                     | поверхностный            |
| IM05GR       | 9 VDC   | моностабильная    | стандарт                     | поверхностный            |
| IM03TS       | 5 VDC   | моностабильная    | стандарт                     | через сквозные отверстия |
| IM03GR       | 5 VDC   | моностабильная    | стандарт                     | поверхностный            |
| IM01TS       | 3 VDC   | моностабильная    | стандарт                     | через сквозные отверстия |
| IM01GR       | 3 VDC   | моностабильная    | стандарт                     | поверхностный            |

## Особенности:

- Высота – 5,65 мм
- Место, занимаемое на плате при монтаже, – 60 мм<sup>2</sup>
- Высокая чувствительность при низкой номинальной потребляемой мощности
- Коммутируемый ток – 2 А (исключением являются контакты D (с большим током), которые коммутируют 5 А)

- Прямой онлайн-доступ к более чем 500 наименований реле
- Техническая поддержка
- Возможность индивидуальной поддержки складских запасов под проекты

► **Компэл – официальный дистрибьютор TE Connectivity (Tyco Electronics)**

Москва  
Тел.: (495) 234-7764, доб. 2502  
Лебедев Илья  
E-mail: l.lebedev@compel.ru

Санкт-Петербург  
Тел.: (812) 327-94-04, доб. 4231  
Романов Олег  
E-mail: Romanov.spb@compel.ru

**Компэл**  
www.compel.ru



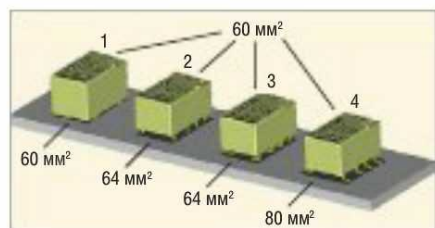


Рис. 2. Способы монтажа на печатную плату реле серии IM

- 1) монтаж в отверстия на плате, расстояние между рядами 3,2 мм,
- 2) монтаж в отверстия на плате, расстояние между рядами стандартное (5,08 мм),
- 3) SMT-монтаж, ножки загнуты внутрь,
- 4) SMT-монтаж, ножки загнуты наружу.

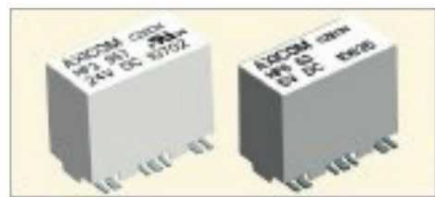


Рис. 3. Внешний вид телекоммуникационных реле серий HF3 и HF6

- 3 – 5 В,
- 4 – 6 В,
- 5 – 9 В,
- 6 – 12 В,
- 7 – 24 В;
- И – исполнение контактов реле:
  - по умолчанию стандартное,
  - С – с высокой диэлектрической прочностью,
  - D – с большим током,
  - Р – с высокой стабильностью контакта;
- М – способ монтажа на печатную плату (рис. 2):
  - Т – в отверстия на плате с расстоянием между рядами 5,08 мм,
  - N – в отверстия на плате с расстоянием между рядами 3,2 мм,
  - J – SMT-монтаж, ножки загнуты внутрь,
  - G – SMT-монтаж, ножки загнуты наружу;
- У – коммерческая упаковка:
  - S – в трубке,
  - R – в катушке.

Приведём пример расшифровки типонаминала реле IMB06CGR:

- реле серии IM;
- один нормально замкнутый контакт;
- одна стандартная моностабильная обмотка;
- напряжение 12 В;
- контакты с высокой прочностью диэлектрика;
- корпус для SMT-монтажа, ножки загнуты наружу;
- поставляется в катушке.

## ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ РЕЛЕ СЕРИИ HF

Среди сигнальных реле определённую нишу занимают высокочастотные, так как к ним выдвинуты особые требования. Одним из принципиальных моментов при создании высокочастотного оборудования является необходимость обеспечения определённого волнового сопротивления всех участков тракта, включая такие его элементы, как разъёмы и реле. Поэтому и были разработаны электромагнитные реле с импедансом 50 и 75 Ом, специально предназначенные для переключения сигналов высокой частоты.

Особенностью данного типа реле является использование не только покрытия самой контактной группы редкоземельными и благородными металлами (золото, серебро, рутений), но и серебрение проводников, соединяющих выводы и группу контактов. Выводы должны иметь минимальное сопротивление сигналу и как можно меньше влиять на его затухание на высоких частотах. Кроме того, реле должно иметь надёжную внутреннюю экранировку контактов для подавления паразитного проникновения высокочастотных сигналов. Поэтому в данный вид реле добавлены дополнительные выводы, предназначенные для подключения внутреннего экрана к «земле».

Последней разработкой являются реле серий HF (рис. 3). Все реле серии HF имеют герметичный корпус с полосковыми выводами, один переключаемый контакт, диапазон рабочих температур  $-55...+85^{\circ}\text{C}$ . Мощность управления 140 мВт для моностабильных реле, 70 мВт для бистабильных реле с одной управляющей обмоткой, 140 мВт для бистабильных реле с двумя управляющими обмотками.

Технические особенности реле серии HF3:

- рабочая частота до 3 ГГц;
- импеданс 50 или 75 Ом;
- коммутируемая мощность до 150 Вт;
- размеры:  $15 \times 7,6 \times 10,6$  мм.

Технические особенности реле серии HF6:

- рабочая частота до 6 ГГц;
- импеданс 50 Ом;
- коммутируемая мощность до 50 Вт;
- размеры:  $14,6 \times 7,3 \times 10$  мм.

Чтобы подобрать необходимое реле, нужно знать правила кодирования его типонаминала. В общем случае типонаминал реле серии HF записывается в виде HFЧИНМ, где:

- HF – серия реле;
  - Ч – рабочая частота:
    - 3 – до 3 ГГц,
    - 6 – до 6 ГГц;
  - И – код исполнения реле:
    - 0 – импеданс 75 Ом, моностабильное с одной катушкой,
    - 2 – импеданс 75 Ом, бистабильное с одной катушкой,
    - 4 – импеданс 75 Ом, бистабильное с двумя катушками,
    - 5 – импеданс 50 Ом, моностабильное с одной катушкой,
    - 7 – импеданс 50 Ом, бистабильное с одной катушкой,
    - 9 – импеданс 50 Ом, бистабильное с двумя катушками;
  - Н – код напряжения питания:
    - 1 – 3 В,
    - 2 – 4,5 В,
    - 3 – 5 В,
    - 4 – 6 В,
    - 5 – 9 В,
    - 6 – 12 В,
    - 7 – 24 В;
  - М – код коммутируемой мощности сигнала:
    - по умолчанию до 50 Вт,
    - S – до 150 Вт.
- Приведём пример расшифровки типонаминала реле HF341S:
- реле серии HF;
  - рабочая частота до 3 ГГц;
  - импеданс 75 Ом;
  - напряжение 3 В;
  - коммутируемая мощность до 150 Вт.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Телекоммуникационные реле являются незаменимыми элементами в средствах связи: в привычных нам АТС, голосовой IP-телефонии PABX. Также они используются в цепях передачи радио- и ТВ-сигналов, современном офисном оборудовании, приборах измерения, в сенсорных контроллерах, самолётных симуляторах, и др.

Концерн TE Connectivity выпускает широчайшую линейку изготовленных по последним техническим требованиям телекоммуникационных реле, что позволяет выбирать оптимальный вариант при разработке и комплектации оборудования. Есть надежда, что эти высококачественные реле завоюют доверие российских разработчиков электронной техники [2].

## ЛИТЕРАТУРА

1. <http://relays.te.com/axicom/>.
2. <http://www.compel.ru/catalog/>.





# Новости мира News of the World Новости мира

## Оптроны с прочностью изоляции 5000 В

Одноканальные оптроны TLP2962 компании Toshiba Electronics Europe поставляются в корпусе DIP8 и имеют скорость передачи данных до 15 Мбит/с. Гарантированные воздушные зазоры и пути утечки 7 и 8 мм у TLP2962 и TLP2962F соответственно отвечают стандартам безопасности в части усиленной изоляции. Прочность изоляции оптронов не менее 5000 В (эфф.).

Оптроны рассчитаны на работу в расширенном температурном диапазоне  $-40...+125^{\circ}\text{C}$  и имеют диапазон входных напряжений 2,7...5,5 В. Это определяет возможность их использования в низковольтных разработках, а также в существующих системах, которые питаются напряжением 5 В.



Максимальное пороговое значение тока на входе составляет 5 мА. Основным элементом на входе TLP2962 является инфракрасный GaAlAs-светодиод, который соединён с быстрым фотодетектором с высоким коэффициентом усиления и имеет выход с открытым коллектором по инверсной логике. Интегрированный экран-клетка Фарадея гарантирует устойчивость к синфазным помехам  $\pm 20$  кВ/мкс.

[www.toshiba-components.com](http://www.toshiba-components.com)

## Altera: все семейства FPGA 28 нм в производстве

Компания Altera информировала о производстве всех трёх своих семейств FPGA 28 нм, включая FPGA Stratix-V, Arria-V и Cy-



clone-V. Самой последней моделью в производство запущена именно Cyclone-V. Это семейство содержит также варианты с интегрированной Dual-Core-Hard-processor-системой (HPS) на базе ARM, которые по сравнению с прежним поколением имеют общее потребление на 40% меньше.

Элементы Altera Cyclone V-5CGTD9, так же как и различные представители семейств FPGA Arria V и Stratix V, уже имеются в наличии. Поддерживается весь портфель программного обеспечения Quartus II v12.0. Предлагаются также комплекты разработок.

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

## Модуль ГЛОНАСС/GPS фирмы Quectel

Модуль L16 фирмы Quectel обеспечивает одновременный приём сигналов ГЛОНАСС и GPS-L1. Модуль с двумя каналами обнаружения и 32 каналами слежения, построенный на базе чипа Teseo II компании STMicroelectronics, может принимать и отслеживать сигналы ГЛОНАСС и GPS в любой комбинации.

Благодаря одновременному использованию сигналов GPS и ГЛОНАСС, может быть не только сокращено время первого определения местоположения, но и при увеличении числа видимых спутников увеличена точность определения местоположения до 1,5 м.

Потребление модуля L16 размером  $22,4 \times 17 \times 3$  мм составляет 110 мА во время обнаружения и 95 мА в режиме слежения, рабочий температурный диапазон составляет  $-40...+85^{\circ}\text{C}$ . Имеется два UART-интерфейсы, а также активные и пассивные антенные системы. Наряду с модулем, компанией MSC предлагается также комплект разработки L16, включая аппаратное и программное обеспечение.

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

## 7-дюймовый промышленный TFT-дисплей

В компании Display Solution имеется 7-дюймовый ЖК-модуль T070W2D4-5 v.1B в формате 15:9. Промышленный ЖКД выдаёт 700 кд/м<sup>2</sup> (опционально 1200 кд/м<sup>2</sup>), угол обзора  $140^{\circ}/120^{\circ}$  и разрешение  $800 \times 480$  в температурном диапазоне  $-20...+70^{\circ}\text{C}$ . Дисплейный модуль пригоден для установки в приборах, которые должны работать с малым потреблением энергии.

Среди прочих характеристик ёмкостной сенсорный экран с оптической связью, который обеспечивает управление даже при попадании жидкости на поверхность, а так-



же функция Sunglass Fix для неограниченного использования в солнечных очках даже при критических углах обзора и антибликовое покрытие.

ЖКД-модуль пригоден, наряду с промышленными, медицинскими и игровыми приложениями, также и для наружного применения, и в областях морского флота, автомобильного оборудования, Digital Signage и развлечений.

[www.display-solution.com](http://www.display-solution.com)

## Катушки для оборудования беспроводной зарядки

Компания Würth Elektronik представляет две катушки для беспроводной зарядки (Wireless Power Charging). Элементы серии WE-WPC предлагаются в конструктивной форме 3737 и 5555. Обе катушки соответствуют стандарту и уже применены в нескольких базовых разработках. Образцы предлагаются бесплатно. С этого года Würth Elektronik – член Wireless Power Consortium. Целью консорциума является работа над разработкой стандарта Qi.

В этом объединении 90 фирм работают над общей технологией зарядки. Стандарт Qi является глобальным стандартом беспроводных зарядных устройств мобильных электронных приборов, например, мобильных телефонов и камер.

При этом проводная зарядка с сетевыми приборами заменяется зарядной поверхностью Qi. Будучи размещённым прямо на зарядной поверхности, прибор заряжается за счёт магнитной индукции. При этом Qi-интерфейс обеспечивает совместимость приборов, так что каждый прибор может заряжаться на зарядной станции, независимо от производителя или марки. Современные технологии зарядки не обеспечивают возможности зарядки приборов различных марок от одного источника энергии.

Wireless Power Consortium намерен обеспечить эту возможность внедрением Qi-стандарта. В этом консорциуме над решениями и стандартами работают производители элементов, мобильных конечных устройств и сетевики.

[www.we-online.de](http://www.we-online.de)

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



# Особенности стандартизации малых форм-факторов на рынке встроенных систем

Пётр Павлов (Москва)

**Постоянное расширение спектра приложений для встраиваемых систем и совершенствование конструкций и характеристик электронных компонентов затрудняют стандартизацию форм-факторов готовых модульных компонентов, предлагаемых в качестве COTS-продуктов.**

## ВВЕДЕНИЕ

SFFB (Small Form Factor Boards, компактные процессорные модули и модули ввода/вывода) – один из сегментов рынка макрокомпонентов для современной цифровой и компьютерной электроники встраиваемых систем. Их использование позволяет ускорить разработку и наладить производство конечной электронной системы, избегая к тому же и части финансовых затрат, которые в противном случае пришлось бы израсходовать на разработку схемотехники печатных плат и подготовку их производства.

Не стоит сбрасывать со счетов и тот факт, что присутствие на рынке стандартных макрокомпонентов класса SFFB с длительной поддержкой их жизненного цикла вендорами обеспечивает конструкторов стабильной знакомой платформой для новых разработок. Это опять же выливается в измеряемые показатели эффективности труда: снижение времени проведения и стоимости нового проекта и повышение качества функциональных возможностей разработанной системы.

Стандартизация SFFB имеет привлекательные стороны и для вендоров. При продвижении стандартных продуктов можно меньше внимания уделять рекламе достоинств собственно стандарта, разделив это бремя с участниками «экосистемы» стандарта, и больше – маркетингу конкретных продуктов. И ещё один плюс: при разработке и производстве стандартных компонентов класса SFFB вендоры могут воспользоваться преимуществами отработанности стандарта (рекомендаций в части габаритов, разъёма, приёмов «раггедизации», т.е. повышения стойкости к неблагоприятным условиям эксплуатации) для ускорения и удешевления собственных разработок SFFB-макрокомпонентов.

Фундамент стандартизации процессорных модулей и модулей ввода/вывода – это форм-фактор. Это понятие

включает габариты, системный разъём и монтажные элементы модуля.

## НЕСТАБИЛЬНОСТЬ НА РЫНКЕ SFFB

В последние годы аналитики рынка обратили внимание на «взрывное» расширение номенклатуры стандартов SFFB. Об этом, в частности, пишет Рей Олдерман [1]. Вкратце, его «претензии» к этому сегменту рынка сводятся к тому, что потребителю активно предлагают несколько десятков форм-факторов SFFB. При этом общее число форм-факторов, поддерживаемых поставщиками, приближается, возможно, к трёхзначному числу.

По мнению Билла Керета [2], полноценные экосистемы форм-фактора сформированы лишь вокруг малого числа стандартов SFFB. Он считает, что под развитием стандартов в области SFFB-форматов необходимо подвести черту, в противном случае можно ожидать роста количества неудачных проектов в области системной интеграции, а рынок может понести серьёзные потери из-за отсутствия стандартов, поддерживаемых необходимым количеством поставщиков.

Нельзя не заметить, что расширение номенклатуры стандартов SFFB свидетельствует не только о незрелости рынка или безответственности тех, кто занимается «переводом формата материнской платы для настольного компьютера в продукт, который, по мнению его создателей, подойдёт и для мира встроенных систем» [1]. Процесс имеет и объективные предпосылки.

«Созревание» новых сегментов рынка современной электроники – один из объективных факторов многообразия стандартов SFFB, который затрагивает не только прикладные сегменты рынка электроники (цифровые информационно-рекламные систем, мобильные информационно-развлекательные устройства и пр.), но и технологические (новые процессоры и интерфейсы).

Когда рынку были представлены процессоры с архитектурой x86 и энергопотреблением sub-10W, т.е. ниже 10 Вт (семейства Intel Atom и VIA Nano), компании congatec AG, MSC Vertriebs и Seco инициировали разработку открытого стандарта модуля, позволяющего использовать подобные процессоры в приложениях с питанием на основе аккумуляторов. Этот проект получил наименование QSeven (<http://www.qseven-standard.org>). В названии проекта зашифрован форм-фактор модуля на базе нового стандарта (Q – квадратный, а Seven – сторона квадрата, 7 см). Сегодня QSeven используют разработчики около трёх десятков компаний – поставщиков SFFB. До этого самым популярным «квадратным» форм-фактором SFFB был, вероятно, PC/104 (9,1×9,7 см).

Следует напомнить, что не так давно повышение энергопотребления процессоров Intel заставило дополнить экосистему модулей PC/104 форм-факторами EBX и EPIC, превосходящими по габаритам PC/104. Чуть более 10 лет тому назад габаритов PC/104 перестало хватать для размещения новых на тот момент процессоров и микросхем Intel, и появилась спецификация EBX (Embedded Board eXpandable, встраиваемая плата с расширенными возможностями) с габаритами модуля 146 × 203 мм, а позже, в 2004 г., ещё и EPIC (Embedded Platform for Industrial Computing, платформа для встраиваемых промышленных компьютерных систем) с габаритами 115 × 165 мм. С появлением процессоров Intel с ультранизким напряжением питания (ULV) (Centrino и позднее Atom) габаритов форм-фактора PC/104 вновь оказалось достаточно для размещения процессоров Intel, рассчитанных на встроенные системы и поддерживающих современные технологии отображения и связи.

Нестабильность стандарта SFFB можно отметить и в развитии спецификаций ещё одной популярной экосистемы рынка SFFB – модулей COM/COM Express. Концепция COM/COM Express разрабатывается с учётом потребностей, в первую очередь, «возникающих» и «растущих» рынков, таких как торговое и рекламное оборудование (ин-



формационные и торговые киоски, оборудование для приёма платежей по кредитным картам), медицинское оборудование (графические подсистемы), оборудование для индустрии развлечений. Этот форм-фактор мог найти своё применение и в «зрелых» сегментах – автоматизированном контрольно-измерительном и испытательном оборудовании, промышленной автоматике и оборонных приложениях.

Для всех этих рынков использование COM позволяет реализовать модульный принцип создания специализированных систем на основе покупного вычислительного хоста (COM класса COTS) и заказной платы со специализированными интерфейсами ввода/вывода и/или специализированной обработкой данных на основе ПЛИС (FPGA).

Рынок модулей COM (Computer-On-Module, компьютер на модуле) начал формироваться примерно в 1995 г. Первым COM класса COTS можно считать модуль на базе процессора Pentium MMX/166 МГц с габаритами 60 × 68 мм (изделие компании DIGITAL-LOGIC). В дальнейшем форм-фактор модулей COM стал увеличиваться, и эти модули достигли в определённый момент габаритов 155 × 110 мм (спецификация Extended COM Express). «Суперкомпактные» модули COM на основе процессоров x86 со средней и высокой производительностью в габаритах 55 × 84 мм (менее 40% по сравнению с модулями COM Express Basic) были созданы с появлением SoC-процессоров архитектуры x86, изготавливаемых по технологии с проектными нормами 45 нм. К настоящему времени, устоявшееся ядро «экосистемы» COM Express – это модули в габаритах mini, compact и basic (см. табл. 1).

Одним из компонентов форм-фактора является системный разъём, поэтому новые форм-факторы SFFB появляются и вследствие внедрения новых интерфейсов. Так, для SFFB-модулей COM Express предлагается несколько системных разъёмов, что приводит к фактическому расширению номенклатуры форм-факторов COM Express. Первоначально речь шла о пяти вариантах набора коммуникационных интерфейсов в системном разъёме (Type 1/2/3/4/5). И хотя рыночная доля изделий COM Express с разъёмами Type 1 и Type 2 (базовый вариант стандарта COM Express) может, по некоторым оценкам, достигать 90%, понятно, что в самом начале «пути» внутри только одного семейства стандарта SFFB был заложен огромный

простор для вариаций форм-фактора. Сегодня существует версия стандарта COM Express 2.0, в котором описан, в том числе, разъём Type 10.

Изменения, внесённые в спецификацию COM Express 2.0, носят именно «интерфейсный характер». В стандарте предусмотрена поддержка HDMI и DisplayPort, а также звуковых интерфейсов Audio Codec '97 (AC'97) и HD Audio.

Кроме поддержки мультимедиа на основе современных стандартов, спецификация COM Express 2.0 предусматривает поддержку технологии USB 3.0. Добавление же поддержки технологии SPI в стандарте COM Express 2.0 при сохранении интерфейса LPC позволяет перейти на более современные технологии работы с BIOS.

Ещё один пример влияния потребности в широкой номенклатуре интерфейсов на номенклатуру форм-факторов SFFB – развитие линейки стандартов компактных материнских плат ITX. После успешного вывода на рынок форм-фактора материнской платы Mini-ITX, компанией VIA Technologies был разработан стандарт Nano-ITX на основе плат с габаритами 120 × 120 мм. Поместить компьютерную систему в таких габаритах позволил прогресс в микроархитектурах процессоров и технологиях производства полупроводниковых микросхем, а также технологиях управления энергопотреблением. Анонс нового стандарта состоялся в марте 2003 г., а на рынок изделия Nano-ITX вышли в 2005 г. Столь большой перерыв между анонсом



Материнская плата в форм-факторе Em-ITX

и выходом на рынок может являться косвенным свидетельством того, что очередной шаг VIA Technologies в направлении миниатюризации материнских плат (в два раза по сравнению с Mini-ITX) дался компании непросто.

Прошло четыре года, и VIA Technologies анонсировала весной 2009 г. форм-фактор Em-ITX с габаритами 120 × 170 мм. Он компактнее форм-фактора Mini-ITX на 30%, однако обеспечил больше места для интерфейсных портов и разъёмов (см. рисунок). Последние размещены как вдоль длинных кромок печатной платы (RS-232/422/485, RJ45, DVI, VGA, LVDS, USB 2.0, разъём питания), так и параллельно короткой стороне (Em-IO). Выводы разъёма Em-IO – это порты USB 2.0, GPIO, LPC, PCI Express, IDE, IEEE 1394, Serial ATA, PCI, DVI, HDMI, GE и Card Bus.

### Причины нестабильности

В публикации [3] представлены мнения руководителей ведущих компаний, работающих на рынке SFFB, которые заявили, что конкуренция форм-факторов SFFB способствует высокому уровню инноваций, что хорошо и для поставщи-

**СПЕКТР**

**НА ПУТИ  
К ВЕРШИНЕ  
УСПЕХА**

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

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

Реклама



ков, и для конечных потребителей. Прозвучала критика в адрес компаний связи, тормозящих обновление линеек SFFB из-за чрезмерной, по мнению поставщиков, длительности штатного периода амортизации сетевого оборудования.

Но и попытки изготовителей SFFB навязать рынку «инновационные» продукты иногда приводят к тупиковым решениям. В своё время было объявлено о создании рабочей группы E2Brain Interest Group для объединения усилий по разработке и продвижению на рынок «компьютеров на модуле» форм-фактора E2Brain на базе RISC-процессоров. В состав группы вошли компании Kontron, MAZeT и Ultratronik (все – Германия), Odyssee (Франция), UniControls (Чехия). По прогнозам, к середине 2006 г. в состав E2Brain Interest Group должны были войти около 15 компаний.

Форм-фактор EIBrain, созданный в рамках концепции COM, должен был обеспечить заказчиков платформой со специфичным набором интерфейсов, нестандартным для CISC-процессоров, но обычным для RISC-процессоров, в первую очередь, на основе архитектуры Power. Это – специальные интерфейсы связи, подобные UTOPIA, разнообразные последовательные интерфейсы с поддержкой нескольких протоколов, большое число портов Ethernet. Модули EIBrain предназначались для использования в сетевом и телекоммуникационном оборудовании, а также во встроенных системах для транспорта, военных систем и медицинского оборудования.

Серьёзность намерений участников E2Brain Interest Group была подтверждена конкретными разработками. Немецкая фирма MAZeT выпустила E2Brain-модуль MEB 5200 на базе процессора MPC5200. Помимо обычных ПК-интерфейсов PCI, IDE, USB и Fast Ethernet, он поддерживал CAN, I<sup>2</sup>C и SPI. Французская компания Odyssee, специализирующаяся на заказных разработках встраиваемых систем для жёстких условий эксплуатации, использовала модули E2Brain EB8540/41 производства Kontron на базе процессоров MPC8540/8541 для создания системы связи на подводной лодке.

Однако сегодня информация о модулях EIBrain на рынке SFFB практически отсутствует, и процессоры с архитектурой Power в модульных COTS-компо-

нентах чаще анонсируются в модулях форм-факторов стандартов VITA и CompactPCI. В этих габаритах они успешно используются для планомерной модернизации военных систем и систем связи. Благодаря военному сегменту рынка, экосистема компонентов VITA (платформа VME/VXS/VPX) уверенно растёт на 9% в год. При этом на форм-факторы VME (VME32, VME64, VME2eSST), «долгожителей» этого рынка (время поддержки форм-факторов исчисляется десятилетиями), за рубежом приходится до 75% рынка, а на VPX – около 20%. Помимо архитектуры Power, в номенклатуре модулей VITA и CompactPCI в форм-факторе с габаритом 6U можно найти процессор Atom, а в модуле с форм-фактором 3U – серверный Xeon.

Спрос на модернизацию военного и промышленного оборудования, продуктивность спецификаций и приёмов масштабирования систем на их основе – важные причины консерватизма форм-факторов стандартов VITA и CompactPCI. Разъёмы этих модулей имеют широкий набор т.н. пользовательских выводов, которые можно задействовать в специализированных разработках.

Изменчивость стандартов рынка SFFB в значительной степени связана с массированным присутствием SFFB на рынках потребительской и «полупромышленной» электроники (игрового оборудования и оборудования для индустрии развлечений, POS/POI-терминалов, уличных информационных табло), активно использующей графические подсистемы. Анализ такого рынка привёл изготовителей оборудования к заключению, что здесь встроенные системы не нуждаются в поддержке стабильной платформой более пяти лет, поскольку прогресс графических технологий заставляет применять платформы следующего поколения каждые два-три года. Подобная ситуация наблюдается и в развивающихся приложениях, связанных с распространением видео высокого разрешения. В этом сегменте рынка требования к качеству воспроизведения, экономии трафика и защите содержимого приводят к относительно частому появлению новых протоколов, совершенствованию процессоров в части поддержки декодирования видеопотоков и технологий шифрования, подобных HDCP (High-bandwidth

Digital Content Protection, защита содержимого при широкополосной передаче), что вынуждает заменять аппаратные платформы.

## Точка возмущения: WINTEL против RISC и LINUX

Ещё один фактор изменчивости аппаратных платформ рынка SFFB носит фундаментальный характер и связан с перераспределением рынка между базовыми платформами. До недавнего времени компоненты SFFB проектировались, как правило, в расчёте на промышленный рынок встроенных систем массовых технологий и программных продуктов из мира ПК. Рынок COTS SFFB ассоциировался с платформой WINTEL (точнее, Windows и x86), но с 2010 – 2012 гг. можно, пожалуй, начать отсчёт новой эры, эры превращения в массовый потребительский продукт, наряду с ПК, ещё и мобильных компьютеров в виде смартфонов, планшетов, ноут-/нетбуков. Кроме того, портативные устройства превращаются в массовый инструментальный бизнес, служб АСУТП, сервисных и ремонтных бригад в промышленности, энергетике и на транспорте.

Происходит эволюционный рост вычислительных возможностей базовых процессорных платформ для смартфонов и планшетных компьютеров с сохранением умеренного энергопотребления. Ещё год назад упомянутые компьютерные системы строились на базе двухъядерных микросхем от компаний Qualcomm (Snapdragon), Nvidia (Tegra 2), Apple (A5). А уже в 2012 г. мы видим внутри смартфонов и планшетных компьютеров процессоры Snapdragon S4 и Tegra 3, которые способны обрабатывать трёхмерную графику и видео высокого разрешения. В то же время конкурентоспособность мобильных платформ на базе процессоров семейства Intel Atom падает из-за низкой производительности и энергоэффективности. Компания Intel в начале 2012 г. назвала в качестве внедрений процессоров Medfield лишь смартфон на базе операционной системы Android для китайского рынка и, возможно, смартфон и планшет от Motorola во второй половине 2012 г. Напротив, компания Qualcomm предлагает на базе архитектуры ARM семейство процессоров Snapdragon S4, на основе которого различные компании разрабатывают около 70 моделей смартфонов.

В 2011–2012 гг. ясно обозначился закат монополии платформы WINTEL во встраиваемых компьютерных техноло-

Таблица 1. Габариты модулей COM Express (по материалам <http://emea.kontron.com/COMExpress>)

| Вариант форм-фактора | basic    | compact | mini    |
|----------------------|----------|---------|---------|
| Габариты, мм         | 95 × 125 | 95 × 95 | 55 × 84 |



гиях, и началась их переориентация на архитектуру RISC/RISC&GPU и ОС Linux.

Устройства на базе SFFB с процессорами RISC/RISC&GPU и ОС Linux могут служить основой энергоэффективных встраиваемых систем, поддерживающих развитие графические интерфейсы и работу с мультимедийными данными в сети Интернет, создавая сильную конкуренцию ПК-совместимыми SFFB. Рост применений SFFB с RISC/RISC&GPU и ОС Linux/Android на потребительском рынке неизбежно приведёт к развитию экосистемы программных продуктов и инструментария до уровня насыщенности, который достигнут на рынке ПК-совместимых платформ. При этом процессорная платформа RISC/RISC&GPU и ОС Linux/Android вполне может использоваться на модулях уже созданных форм-факторов (см. Дополнительные материалы на сайте журнала).

Возможность применения уже созданных стандартов форм-факторов не тормозит появление новых стандартов, уже «конкретно под ARM». Это, в частности, т.н. ULP-COM – спецификация компьютера на модуле. В ней мы видим не самые маленькие габариты (два формата, 82 × 80 и 82 × 50 мм) и знакомый по стандарту Qseven разъём MXM, но с новым назначением выводов.

Компании, поддержавшие новый стандарт ULP-COM, намерены развивать его в рамках новой группы по стандартизации встраиваемых технологий (Standardization Group for Embedded Technologies, SGET), которая видится её создателям «влиятельным международным комитетом в области стандартизации встраиваемых компьютерных технологий, работающим значительно быстрее и со значительно меньшим числом бюрократических преград по сравнению с подобными организациями. Для этого SGET, помимо прочего, установила упрощённые правила и более короткие сроки согласования возражений, что позволит утверждать спецификации в более короткие сроки» [4]. В свою очередь, ассоциация VITA [1] взяла в разработку новые стандарты для систем, эксплуатирующихся в жёстких условиях, названия и базовые показатели которых приведены в таблице 2. Все это может привести к новым «возмущениям» на рынке SFFB.

Что касается рынка SFFB за пределами сфер влияния VITA и PICMG, то работа, например, ассоциации SFF-SIG (Small Form Factor Special Interest Group,

Таблица 2. Новые стандарты VITA, находящиеся в разработке

| Характеристики стандарта                | Стандарт        |               |               |
|-----------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|
|                                         | VITA-73         | VITA-74       | VITA-75       |
| Тип разъёма                             | ERNI MicroSpeed | Samtec Searay | MultiGig RT-2 |
| Предельная рабочая частота разъёма, ГГц | 10              | 9,5           | 5             |
| Габариты модуля, мм                     | 71 × 101,5      | 89 × 75       | 90 × 100      |

специализированная рабочая группа по стандартизации в сфере компактных модулей) привела к созданию не только конкретных стандартов, но новых принципов стандартизации SFFB.

Стандарты COMIT (Computer-On-Module Interconnect Technology, технология подключения COM-модулей) и SUMIT (Stackable Unified Module Interface Technology, спецификация разъёма для создания «этажерочных» конструкций) ассоциации SFF-SIG отделили развитие наборов интерфейсов, поддерживаемых SFFB, от выбора оптимальных форм-факторов компьютерных модулей для встраиваемых систем. Стандарты COMIT и SUMIT являются универсальными для любого форм-фактора, включая внутрифирменные. Они определяют лишь набор интерфейсов, назначение выводов и расположение разъёма относительно ближайших крепёжных отверстий.

Кроме того, ассоциацией SFF-SIG разработан стандарт Industry Standard Module (ISM), который определяет габариты модуля (приблизительно 100 × 100 мм) безотносительно поддерживаемых интерфейсных технологий, тем самым защищая инвестиции в разработку корпусов и технологий крепле-

ния одноплатных компьютеров и модулей расширения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вполне объективные факторы не позволяют надеяться на стабилизацию набора форм-факторов модульных COTS-компонентов класса SFFB. Важнейшим из таких факторов является расширение спектра приложений для встраиваемых систем, в том числе для задач с жёсткими ограничениями по массогабаритным характеристикам и энергопотреблению в сочетании с высоким уровнем надёжности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Alderman R. The invasion of the form factors. <http://vita-technologies.com/articles/the-invasion-the-form-factors/>.
2. Kehret B. NanoATR shrinks VPX into byte-sized cubes. <http://vita-technologies.com/articles/nanoatr-kehret-president-ceo-themis-computer/>.
3. SFF market: Healthy diversity, or option overload? <http://smallformfactors.com/articles/sff-healthy-diversity-option-overload/>.
4. [http://www.sget.org/news/view/article/new-embedded-consortium-for-standardization-management.html?no\\_cache=1&tx\\_ttnews%5BbackPid%5D=24](http://www.sget.org/news/view/article/new-embedded-consortium-for-standardization-management.html?no_cache=1&tx_ttnews%5BbackPid%5D=24).





**СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ  
МАГНИТНОГО МОМЕНТА  
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

**МАГНИТОМЕТРЫ  
СРЕДСТВА  
КАЛИБРОВКИ**

**от отечественного  
производителя**

ООО «НПО ЭНТ»  
г. Санкт-Петербург,  
ул. 2-я Алексеевская, д. 7, пом. 4  
тел./факс: (812) 301-8693  
E-mail: [info@nvlaboratory.spb.ru](mailto:info@nvlaboratory.spb.ru)  
<http://www.nvlaboratory.spb.ru/>



# MicroTCA: прогнозы сбываются, развитие продолжается

Владимир Бретман (Москва)

В статье рассматривается история развития стандарта MicroTCA: почему для телекоммуникационных и промышленных решений стандарт CompactPCI стал недостаточен, а AdvancedTCA избыточен. Также рассмотрены возможности расширения систем MicroTCA модулями AMC.

Магистрально-модульным системам стандарта MicroTCA предрекали большое будущее практически с того момента, как на рынке появились первые продукты на основе данной технологии. Эти прогнозы оправдались. После ратификации в 2006 г. базовой спецификации MTCA.0 в качестве открытого международного стандарта в рамках ассоциации PICMG (PCI Industrial Computer Manufacturers Group), неуклонный рост объёмов использования аппаратных средств MicroTCA, вплоть до последнего времени, наблюдался как в телекоммуникационной индустрии, с которой этот стандарт связывают глубокие родственные связи, так и в иных отраслях – в промышленности, медицине, транспортном хозяйстве, энергетическом комплексе, а также в аэрокосмических приложениях и проектах оборонного назначения. Уже достаточно обширный опыт реализации решений с использованием систем MicroTCA, накопленный к сегодняшнему дню, вселяет оптимизм в отношении перспектив данной технологии, во многом определяя вектор дальнейшего развития рынка.

Разработчиков с самого начала привлекали компактность и сравни-

тельно невысокая цена систем MicroTCA в сочетании с их архитектурными достоинствами, среди которых в первую очередь выделялись высокая вычислительная производительность, использование быстрых коммуникационных интерфейсов и гибкость их выбора, широкие возможности многопроцессорной обработки и механизмов коммутации, удобство и разнообразие функций управления и обслуживания систем, поддержка резервирования и горячей замены устройств, и т.д. На первых порах наиболее активно стандарт MicroTCA внедрялся в сфере телекоммуникаций, и это было естественно. Ведь архитектура MicroTCA была задумана как дополнение к технологии AdvancedTCA, предназначенной для приложений операторского класса и ориентированной на высочайший уровень требований к интенсивности обработки и обмена данными, а также надёжности оборудования. Однако потенциал, заложенный в новом стандарте, как отмечали специалисты, не мог не привлечь на себя внимание и на смежных рынках. Так в итоге и произошло.

По данным аналитиков, в динамике рынка систем MicroTCA в последние годы преобладал тренд устойчивого роста, которому не смогла помешать даже глобальная экономическая рецессия. Этот тренд, скорее всего, сохранится и в обозримой перспективе. К примеру, аналитиками VDC Research в конце прошлого года был обнародован прогноз (см. рис. 1), согласно которому мировой рынок процессорных модулей AMC (Advanced Mezzanine Card) к 2015 г. вырастет почти в 2,7 раза по сравнению с 2010 г. – с 69,1 млн. долл. до 186,3 млн. долл. Напомним, что в отличие от систем AdvancedTCA, где этим устройствам отведена роль плат расширения (а их подключение требует наличия специальных плат-

носителей), в стандарте MicroTCA модули AMC определены как самостоятельные функциональные платы, которые подключаются напрямую к объединительной панели. И именно выпуск спецификации MTCA.0 придал мощный импульс росту рынка модулей AMC.

В дальнейшем, следуя запросам со стороны рынка, при доработке стандарта MicroTCA под эгидой консорциума PICMG на первый план вышли особенности реализации систем для различного рода жёстких эксплуатационных условий. Эта стратегия позволила как увеличить масштабы применения систем MicroTCA в телекоммуникационной отрасли, так и добиться существенного прогресса в смежных областях. По мнению аналитиков, укрепление позиций в тех областях применения, где компактность оборудования должна сочетаться с повышенной надёжностью в жёстких условиях эксплуатации, в ближайшие годы останется одним из ключевых факторов роста для рынка устройств MicroTCA.

## От CompactPCI к MicroTCA

За точку отсчёта в истории эволюции унифицированных спецификаций магистрально-модульных архитектур, приведшей в итоге к разработке стандарта MicroTCA, логично принять 1995 г. Утверждение в рамках консорциума PICMG стандарта CompactPCI позволило совместить принятые тогда принципы реализации компьютерных систем для промышленного применения с достоинствами технологий настольных ПК и рабочих станций с параллельной шиной PCI. Одним из важнейших последствий этого стал слом барьеров на пути развития телекоммуникационной отрасли, образовавшихся в результате многолетнего доминирования в ней закрытых частнофирменных решений.

Телекоммуникации стали благодатной почвой для распространения стандарта CompactPCI, но через некоторое время обнаружилась проблема. Возможности параллельной шины PCI не

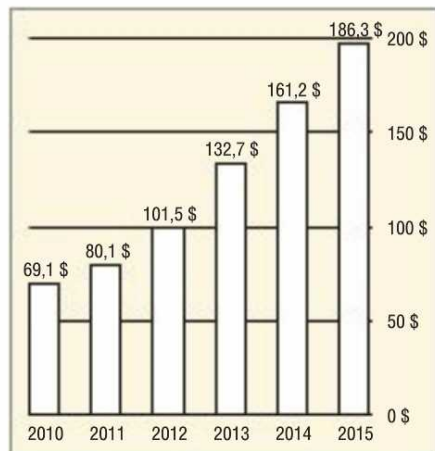


Рис. 1. Мировой рынок процессорных плат AMC в 2010–2015 гг. (млн. долл.)



# Открытые стандарты телекоммуникаций



Самая полная в России линия интегрированных телекоммуникационных платформ на основе открытых стандартов AdvancedTCA, MicroTCA и AdvancedMC для разработчиков.

#### Преимущества новейших платформ от РТСОфт:

- Модульность, гибкость конфигурирования, масштабируемость.
- Ускоренный вывод конечных систем на рынок.
- Сокращение расходов на разработку.
- Максимальная вычислительная мощность.
- 10 Gigabit Ethernet коммутация.
- Великолепные показатели надежности.
- Коэффициент готовности систем до 99,999.
- Конвергенция функций обеспечения доступа, передачи и обработки данных, предоставления услуг (VoIP, Video Over IP, ...).
- Защита информации и соответствие требованиям NEBS, ETSI.
- CG Linux, OCPB, Windows.

 **kontron**

 **RTSoft**  
средства и системы автоматизации

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)

Реклама



успевали за стремительно растущими потребностями приложений в увеличении пропускной способности. В качестве ответа на эту проблему был предложен стандарт AdvancedTCA, базовую спецификацию которого консорциум PICMG ратифицировал в 2002 г.

Стандарт AdvancedTCA сохранил определённую преемственность по отношению к CompactPCI, одновременно обеспечив качественный скачок производительности за счёт использования высокоскоростных последовательных интерфейсов. Популярность систем AdvancedTCA в телекоммуникационной индустрии росла довольно быстро, однако сравнительно высокая стоимость затрудняла их экспансию на смежных рынках. Поэтому идея реализовать архитектурные достоинства AdvancedTCA в более компактных форм-факторах выглядела логичным способом преодолеть это препятствие. Идея использовать модули АМС в качестве самостоятельных функциональных плат в системах MicroTCA также, можно сказать, лежала на поверхности.

Базовая спецификация MTCA.0, оформившая обе упомянутые идеи в виде открытого международного стандарта, в иерархической структуре стандартов PICMG фигурирует как дополнение к стандарту PICMG 3.0 – базовой спецификации AdvancedTCA. Кроме того, в MTCA.0 отдельно оговорено полное соответствие стандарту АМС.0 – общему для модулей АМС.

Спецификация MTCA.0 формирует фундамент для реализации систем MicroTCA, включая механические, электрические и тепловые параметры их основных компонентов, а также используемые интерфейсы, механизмы обслуживания систем и работу подсистемы электропитания. Поначалу этого было достаточно для создания решений офисного класса, использующихся в качестве периферийных составляющих телекоммуникационных инфраструктур. Чтобы удовлетворить растущий интерес со стороны заказчиков, представляющих смежные рынки (в частности, промышленность, оборонный комплекс, энергетику и т. д.), потребовалась разработка вариантов стандарта, адаптированных к более жёстким эксплуатационным условиям.

В 2009 г. была утверждена спецификация MTCA.1, регламентирующая ха-

рактеристики систем с воздушным охлаждением для телекоммуникационных приложений мобильного и наземного базирования. Системы, выполненные в соответствии с этой спецификацией, должны поддерживать устойчивую работу при низких и высоких температурах (в наиболее жёстких вариантах исполнения до  $-40$  и  $+80^{\circ}\text{C}$  соответственно), удар силой до 25g и синусоидальные вибрации амплитудой до 3g. Кроме того, от систем MTCA.1 в рабочем режиме требуется выдерживать и случайные вибрации класса V2 (амплитуда до 8g) по шкале спецификации VITA 47 международной ассоциации VITA (VMEbus International Trade Association), которая также принята в качестве стандарта институтом ANSI (American National Standards Institute).

Спецификация MTCA.3, ратифицированная в 2011 г., распространяется на системы жёсткого исполнения с кондуктивным охлаждением для коммерческих и оборонных приложений. Этот вариант стандарта отличают ещё более высокие требования к эксплуатационным условиям, которые должны выдерживать системы с наивысшим уровнем защиты от воздействий внешних факторов. К примеру, максимальная сила удара, который должны выдерживать системы оборонного назначения в рабочем состоянии, по стандарту MTCA.3 доходит до 40g. Конструкция этих систем должна обеспечивать защиту от электростатического разряда напряжением до 15 кВ. Кроме того, от систем, соответствующих спецификации MTCA.3, требуются способность функционировать на высоте свыше 18 км над уровнем моря (для обычных систем MicroTCA достаточно 4 км) и устойчивость в рабочем режиме к случайным вибрациям класса V3 (амплитуда до 12g) по шкале стандарта VITA 47.

В 2011 г. также была утверждена спецификация MTCA.4. Этот документ несколько выбивается из общего тренда доработки стандарта MicroTCA, как бы открывая следующую фазу данного процесса. Эксплуатационные условия для систем, которые он описывает, в основном, аналогичны MTCA.0. В то же время реализация этих систем содержит ряд архитектурных и конструктивных новаций. К ним, в частности, относятся возможности использовать интерфейс 40-Gigabit Ethernet для внутрисистемных коммуникаций и

тыльные интерфейсные модули, подключаемые непосредственно к платам АМС с помощью шины I<sup>2</sup>C. Исходное предназначение систем MTCA.4 – исследования в области ядерной физики, требующие обработки гигантских потоков данных. Однако прежде мы уже не раз наблюдали ситуации, когда интерес к открытому стандарту перспективной высокопроизводительной архитектуры перерастает рамки того достаточно узкого круга заказчиков, которым он изначально адресован.

Некоторая заминка возникла только со стандартом MTCA.2. На момент завершения работ над данным материалом эта спецификация всё ещё не была окончательно утверждена. Стандарт MTCA.2 аналогичен MTCA.3 и также описывает системы жёсткого исполнения для коммерческих и оборонных приложений, но не с кондуктивным, а с воздушным охлаждением. Выбор технологии охлаждения определяет главным образом конструктивные особенности систем MTCA.2. При этом эксплуатационные условия, которым они должны отвечать, судя по предварительным версиям стандарта, аналогичны MTCA.3.

## ЕЩЁ РАЗ ОБ ОСНОВНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВАХ MicroTCA

Имеющийся опыт проектирования и внедрения систем MicroTCA показывает: сильные стороны этой технологии уже неплохо изучены разработчиками решений и системными интеграторами. Поэтому, не вдаваясь в излишние подробности, кратко остановимся на основных плюсах MicroTCA.

К несомненным достоинствам архитектуры MicroTCA относятся широкие возможности для реализации высокопроизводительных систем на базе современных многоядерных процессоров. При этом полный отказ от параллельных шин в пользу последовательных внутрисистемных интерфейсов обеспечивает этим системам также и масштабируемость, позволяя наращивать общую производительность простым увеличением количества процессорных модулей АМС.

Одной из характерных черт технологии MicroTCA являются гибкие коммутационные возможности. Роль коммутатора в системах MicroTCA играет контроллер MCH (MicroTCA Controller Hub) – это, как правило, отдельный модуль АМС, устанавливаемый в



специальный слот объединительной панели (в некоторых случаях MCH может быть интегрирован на самой объединительной панели). В соответствии со стандартом MTCA.0, функциональные возможности этого контроллера реализуют поддержку различных вариантов топологии внутрисистемных коммуникаций. Сильной стороной MicroTCA является возможность полного резервирования всех критически важных компонентов, в том числе – и самого MCH. Этим решения на основе MicroTCA отличаются, скажем, от стоечных коммуникационных серверов операторского класса, которые обычно позволяют дублировать только источники питания (либо можно резервировать всю серверную систему целиком – с использованием отдельного коммутатора и внешнего сетевого соединения). Системы CompactPCI, выполненные в соответствии со стандартом PICMG 2.16, по возможностям резервирования могут быть аналогичны MicroTCA. Однако фактически на рынке представлен сравнительно небольшой спектр таких продуктов, и стоимость их довольно велика, что не позволяет успешно конкурировать с оборудованием MicroTCA. Заметим также, что дополнительную гибкость коммутационной архитектуре MicroTCA придают определённые стандарты возможности использования различных высокоскоростных последовательных интерфейсов (в частности, PCI Express, Serial Rapid IO и 10-Gigabit Ethernet).

К числу важнейших и наиболее примечательных особенностей MicroTCA относится поддержка модулями питания и управляющими механизмами «горячей замены» модулей AMC. Сходный механизм был в своё время реализован и в системах CompactPCI, однако в архитектуре MicroTCA он выполнен надёжнее, удобнее и полнее. Замена модуля AMC в системе MicroTCA никак не влияет на работу других модулей. Базовая спецификация MTCA.0 предписывает исключать заменяемый модуль из общей схемы подачи питания на всё то время, пока идёт процесс его замены. Подача питания остальным компонентам системы при этом не прекращается, и, соответственно, их работа не прерывается, что может быть критически важным для различных специальных и ответственных приложений.

По сравнению с CompactPCI, в системах MicroTCA сделан шаг вперёд и в отношении поддержки функций интеллектуального управления на базе архитектуры IPMI (Intelligent Platform Management Interface). В технологии CompactPCI эти функции реализованы только для систем форм-фактора 6U, и, как показывает практика, пользоваться ими не слишком удобно. Применительно к системам MicroTCA поддержка IPMI, как и в случае с функцией «горячей замены», также регламентируется базовой спецификацией MTCA.0 и обеспечивает постоянный мониторинг параметров работоспособности всех ключевых компонентов. Сведения об этом выводятся на дисплей, и таким образом персоналу предоставляется возможность не только оперативно реагировать на возникновение какой-либо неисправности, но и заранее принимать меры по замене оборудования, состояние которого свидетельствует о приближающемся выходе из строя. Применение механизмов интеллектуального управления IPMI позволяет существенно сократить среднее время до восстановления работоспособности после возникновения отказа – MTTR (Mean Time To Restoration), один из основных параметров пригодности для ответственных приложений, требующих высокого коэффициента готовности.

Ещё одно немаловажное достоинство систем MicroTCA – широкая номенклатура модулей AMC, выпускаемых для них. Наряду с процессорными платами и модулями графического вывода информации, в их число также входят модули цифровой обработки сигналов (DSP), накопителей данных, ввода-вывода и т.д. Кроме того, производителями предлагаются и специализированные модули для конкретных задач (например, пакетной обработки данных), выполненные на основе соответствующих процессоров.

Наконец, не следует забывать о том, что преимуществом MicroTCA является и сам по себе открытый международный стандарт. Он не только гарантирует совместимость продуктов различных производителей, но и создаёт определённый задел на будущее, поскольку в русле дальнейшего развития унифицированных спецификаций чётко просматриваются перспективы модернизации ранее установленных заказчиками систем.

## Опыт и перспективы применения

Доминирующей областью применения технологии MicroTCA пока по-прежнему остаются системы для построения сетевых и коммуникационных инфраструктур. По данным прошлогоднего отчёта VDC Research, на их долю в 2010 г. пришлось 77% от общего объёма продаж процессорных плат AMC. Однако, по мере освоения новых вертикальных рынков, роль коммуникационных приложений на рынке систем MicroTCA, по прогнозам VDC, будет размываться.

К наиболее перспективным сферам применения систем MicroTCA аналитики VDC относят оборонные и аэрокосмические приложения, а также системы промышленной автоматизации. В числе других сегментов, где технология MicroTCA имеет хорошие шансы развить свой успех, называются энергетика, электронные системы безопасности и видеонаблюдения, транспорт, решения для медицинских организаций, автоматизация розничной торговли, а также цифровые системы оповещения и рекламы.

Копилка опыта практического применения технологии MicroTCA продолжает регулярно пополняться, и посильный вклад в эту коллекцию знаний вносят все перечисленные области. Так, в оборонных структурах оборудование MicroTCA широко используется в составе радарных и гидролокационных комплексов, а также в системах подвижной связи. По мнению многих специалистов, архитектура MicroTCA в полной мере отвечает современному пониманию концепции «сетевых войн», составляя достойную конкуренцию системам VPX, также ориентированным на применение в оборонном комплексе.

В промышленности и энергетике системы MicroTCA сегодня находят всё более широкое применение в составе мультимониторных комплексов автоматизированных рабочих мест (АРМ) в диспетчерских центрах. Как правило, подобного рода решения рассматриваются в качестве недорогой альтернативы или дополнения для больших диспетчерских экранов коллективного пользования. Возможности коммутационной архитектуры MicroTCA при этом не только обеспечивают требуемую скорость вычислений и графического вывода информации, но и позволяют наращивать общую производи-



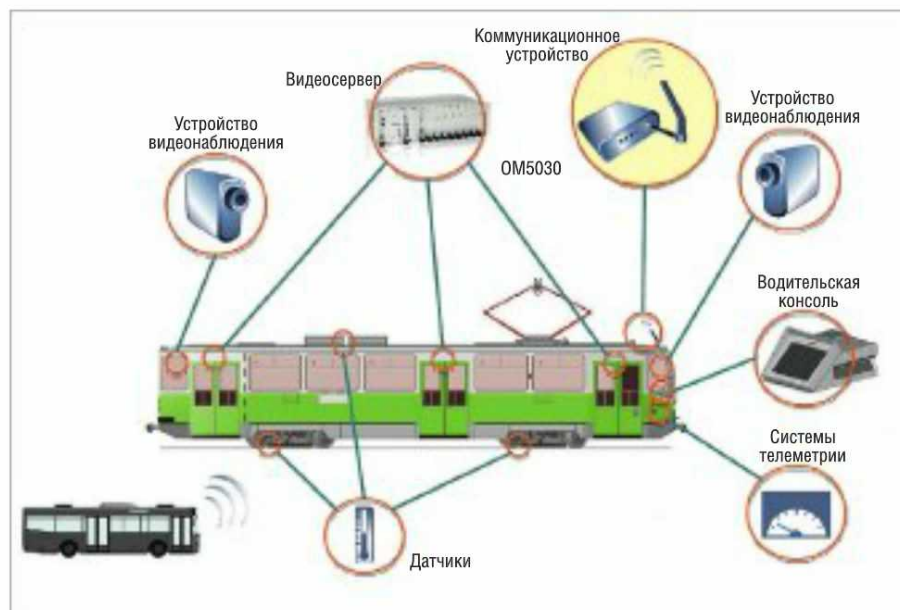


Рис. 2. Общая схема возможностей применения систем MicroTSCA повышенной защищённости (типа Kontron OM5030) на подвижных объектах транспортного хозяйства

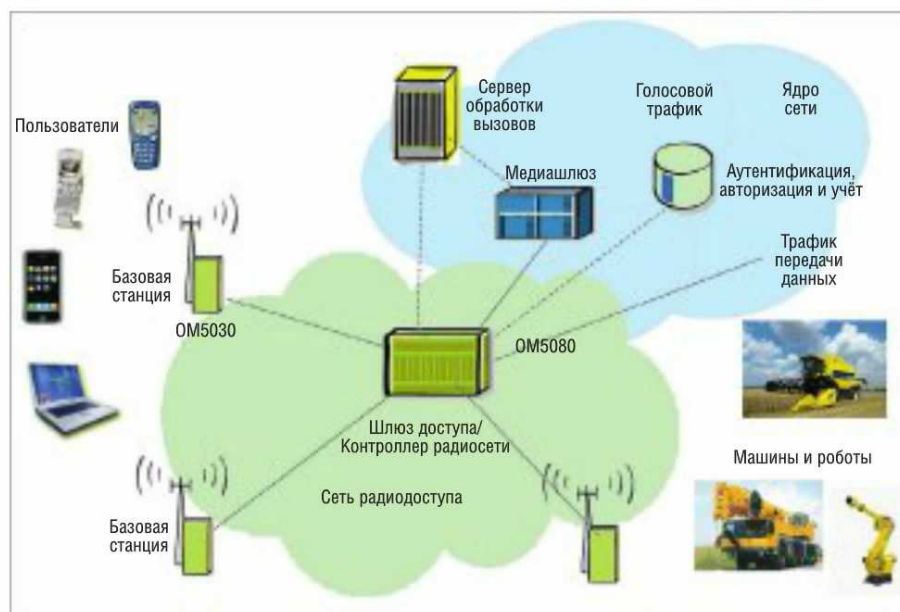


Рис. 3. Вариант построения периферийного фрагмента мобильной сети связи следующего поколения с использованием систем Kontron OM5030 и OM5080

тельность системы по мере необходимости.

Имеющийся на сегодняшний день опыт практического применения технологии MicroTSCA в транспортной сфере охватывает проекты по автоматизации управления пассажирским и грузовым транспортом, созданию пассажирских информационных систем в городском наземном транспорте и железнодорожных поездах, а также реализации инфраструктурных решений для обеспечения мобильной связи на транспорте. Отметим, что в число вариантов использования систем MicroTSCA на подвижных объектах транспортного хозяйства (см. рис. 2) входят, в частности, системы телеметрии, ви-

деонаблюдения, обработки видеопотоков и т.д.

Постепенно растёт востребованность технологии MicroTSCA и в проектах, относящихся к медицинской сфере. В особенности это касается задач обработки изображений, связанных с манипулированием большими потоками данных. Системы, предназначенные для таких задач, могут быть выполнены с помощью аппаратных средств MicroTSCA либо в виде пула из нескольких обычных серверов в стандартном конструктиве. Каждый из этих вариантов имеет свои достоинства – технология MicroTSCA обеспечивает лучшую масштабируемость (за счёт более тесного взаимодействия между процес-

сорными модулями с использованием высокоскоростных внутрисистемных интерфейсов) и более высокую вычислительную плотность при меньшем энергопотреблении и наличии функций активного управления электропитанием, расширяющих возможности энергосбережения.

Телекоммуникационными операторами в настоящее время активно разрабатываются проекты, связанные с вводом в эксплуатацию мобильных сетей следующего поколения (в частности, на базе технологии LTE). Для периферийных систем таких сетей архитектура MicroTSCA оказывается на сегодня практически безальтернативным выбором, поскольку только она позволяет обеспечить необходимую этим системам повышенную пропускную способность при сравнительно невысокой стоимости и полном соответствии традиционно жёстким требованиям, касающимся компактности, управляемости и защиты оборудования от воздействий внешней среды (см. рис. 3).

Резюмируя, следует отметить, что для отечественных разработчиков отказоустойчивых систем для телекоммуникационных и иных приложений пришло время обратить более пристальное внимание на технологию MicroTSCA и в большей степени ориентироваться не на кастомизированные решения, а на стандартные коммерческие продукты категории COTS (Commercial Off-The-Shelf), к числу которых относится оборудование MicroTSCA. К достоинствам такого подхода относятся, в частности, сокращение времени разработки систем (этому способствует большой выбор на рынке стандартных совместимых модулей высокого качества, а также базового ПО) и снижение конечной стоимости систем, поскольку использование готового стандартного COTS-оборудования и ПО позволяет уменьшать затраты на разработку и обслуживание. Кроме того, технология MicroTSCA поддерживает хорошую масштабируемость и удобна в тех случаях, когда системы необходимо модифицировать или модернизировать. Это продлевает срок актуальности решений на базе MicroTSCA и в конечном итоге обеспечивает сохранение инвестиций как для разработчиков, так и для заказчиков. К факторам исключительной важности для многих заказчиков также относятся высокая надёжность



и малое время восстановления систем MicroTCA после отказа, что обусловлено модульным принципом построения этих систем и наличием подсистемы диагностики с поддержкой функций интеллектуального управления IPMI.

### Несколько слов о продуктах Kontron

Как на мировом, так и на российском рынке сегодня имеется огромный выбор аппаратных средств MicroTCA. Одним из бесспорных лидеров в этой области является компания Kontron, в продуктовой линейке которой представлен большой спектр базовых блоков и систем MicroTCA. По данным VDC, эта компания в последние годы неизменно входит в тройку лидеров мирового рынка оборудования MicroTCA. Kontron также является полноправным членом консорциума PICMG, принимая активное участие в выработке стандартов этой организации.

Поэтому в качестве характерных образцов современных аппаратных средств MicroTCA уместно рассмотреть некоторые из текущего поколения продуктов Kontron.

Базовая система Kontron OM6120 высотой 5U (см. рис. 4), выполненная в соответствии со стандартом MTCA.0, позиционируется как мощное, но вместе с тем компактное и недорогое решение, которое может использоваться как для телекоммуникационных приложений, так и в системах промышленной автоматизации, в медицинской сфере и т.д. Интегрированная платформа Kontron OM6120 допускает установку стандартных модулей AMC средней толщины (mid-size) и одинарной (single-width) или удвоенной ширины (double-width). Если используются только модули одинарной ширины, общее их количество может достигать 12. В одном ярусе стандартной 19-дюймовой серверной стойки можно смонтировать два крейта Kontron OM6120, что позволяет получить на одной полке высотой 5U до 24 модулей AMC.

При использовании двух контроллеров MCH все модули AMC подключаются к ним по схеме «двойная звезда». Базовым интерфейсом внутрисистемных коммуникаций при таком подключении считается Gigabit Ethernet (в иных вариантах можно использовать также PCI Express, Serial RapidIO и 10-Gigabit Ethernet). Особенности

внутрисистемной топологии в сочетании с двухрядным размещением модулей AMC позволяют применять двуканальные архитектуры с использованием арбитража или контрольными точками для согласования работы двух каналов.

Топография распределения портов и использование тактовых генераторов на объединительной панели OM6120 соответствуют рекомендациям альянса производителей сетевого оборудования SCOPE. Это позволяет синхронизировать работу процессорных модулей с внутренним или внешним тактовым генератором для таких приложений, как обработка данных в режиме реального времени или управление роботами.

На объединительной панели реализованы также механизмы управления электропитанием и вентиляторами, что вкупе с использованием вставных блоков питания, выполненных в форм-факторе полноразмерного модуля AMC двойной ширины, способствует снижению общей стоимости платформы.

Корпус OM6120 имеет кубическую форму. Его внутреннее пространство эффективно используется для размещения модулей AMC, не требующих особых ухищрений для их охлаждения. Шасси платформы имеет съёмные монтажные кронштейны и стенки. Наверху может быть установлена дополнительная вентиляторная панель. Существуют также специальные подставки для настольного варианта установки OM6120, что делает данную платформу удобной для различных лабораторных задач.

В базовой комплектации платформа OM6120 поставляется с двумя блоками питания от сети переменного тока и двумя недорогими MCH-контроллерами Kontron AM4901. По желанию заказчика система может быть доукомплектована вычислительными модулями AMC на базе многоядерных процессоров Intel (в том числе – с процессорами Intel Core третьего поколения) либо Freescale (с архитектурой PowerPC). Готовая платформа поставляется заказчику как полностью сконфигурированное и протестированное решение в комплекте с ОС Windows, Red Hat Linux или ОС реального времени VxWorks компании WindRiver (с 2009 г. – подразделение Intel).

В качестве опции для систем OM6120 предлагается также MCH-контроллер



Рис. 4. Шасси Kontron OM6120 позволяет устанавливать до двенадцати AMC-плат одинарной ширины



Рис. 5. MCH-контроллер AM4910 ориентирован на приложения с высокой интенсивностью обмена данными

Kontron AM4910 (см. рис. 5), реализующий коммутацию каналов 10-Gigabit Ethernet на уровне 2 (канальный уровень) сетевой модели OSI. При необходимости устройство может быть выполнено в виде маршрутизирующего коммутатора уровня 3 (сетевой уровень).

Управляющие функции AM4910 обеспечивает 32-битный RISC-процессор PPC405-EX. Контроллер также содержит 512 Мб памяти DDR2 с контролем и коррекцией ошибок (ECC), 64 Мб флэш-памяти NOR (для размещения микропрограммного обеспечения и конфигурационных данных) и 1 Гб флэш-памяти NAND (используется в качестве накопителя приложениями, работающими по протоколу TFTP). На передней панели размещены два слота для модулей SFP+, обеспечивающих внешние сетевые подключения 10-Gigabit Ethernet.

Непосредственно за коммутирующие функции устройства отвечает микросхема Broadcom BCM56820 –





Рис. 6. Процессорный модуль Kontron AM5030 разработан с учётом требований стандартов MTCA.0 и MTCA.1

Ethernet-коммутатор с поддержкой соединений 10-Gigabit Ethernet и механизмов обеспечения качества обслуживания QoS (Quality of Service). Функции интеллектуального управления, соответствующие спецификации IPMI 1.5, и частичная поддержка IPMI 2.0 реализованы с помощью встроенного микропрограммного обеспечения, включающего адаптированный для данного устройства вариант программных средств IPMITool.

Контроллер AM4910 выполнен в соответствии со спецификацией MTCA.0 с учётом требований приложений, характеризующихся высокой интенсивностью обмена данными. Поэтому он может применяться как в составе решений для телекоммуникационной сферы (в том числе – в системах мобильной связи 3G и LTE), так и в проектах оборонного и медицинского назначения, а также в контрольно-измерительных системах и в задачах, связанных с обработкой графических и видеоданных.

Из процессорных плат Kontron, предлагаемых заказчикам как самостоятельные продукты или опции поставки интегрированных платформ MicroTCA, можно выделить модуль AM5030 (см. рис. 6). В стандартном варианте это устройство выполнено на основе четырёхъядерного встраиваемого процессора Intel Xeon с пониженным тепловыделением. Подсистема памяти AM5030 в типовых конфигурациях имеет трёхканальную архитектуру, в которой на каждый канал приходится по одному сверхнизкопрофильному (VLP) модулю DDR3 с поддержкой технологии ECC. Общий объём памяти при этом может составлять 6, 12 или 24 Гб. Кроме того, на плате может быть установлено до 32 Гб флэш-памяти NAND, используемой в качестве SATA-накопителя.

Коммуникационные возможности процессорного модуля AM5030 вклю-

чают поддержку внутрисистемных интерфейсов PCI Express (в конфигурации x4), Gigabit Ethernet и 10-Gigabit Ethernet, что обеспечивает совместимость с MCH-контроллером AM4910, и двух внешних сетевых соединений Gigabit Ethernet. Кроме того, со стороны передней панели доступны два разъёма USB 2.0, разъём типа RJ45 для соединений с использованием последовательного интерфейса RS-232 и выход для подключения монитора с аналоговым интерфейсом. Поддержка функций интеллектуального управления IPMI 2.0 реализована в AM5030 при помощи управляющего контроллера с архитектурой ARM7. Согласно документации, модуль AM5030 разработан с учётом требований стандартов MTCA.0 и MTCA.1, т.е. может применяться в составе защищённых систем MicroTCA с воздушным охлаждением.

Среди специализированных вычислительных модулей, предлагаемых Kontron, выделим плату AM4220 на основе 12-ядерного процессора Oteon Plus CN5650 компании Cavium Networks. Это 64-разрядный процессор архитектуры MIPS, выполненный по принципу «система на чипе» (SoC) и предназначенный для широкого круга приложений, включая высокоскоростные маршрутизаторы, унифицированные системы защиты от сетевых угроз, пакетную обработку данных и шифрование в сетевых средах.

В стандартном варианте на плате AM4220 размещается 2 Гб ECC-памяти DDR2 и 128 Мб флэш-памяти NAND. Опционально может быть установлен низкопрофильный USB-накопитель на основе флэш-памяти NAND объёмом 4 или 16 Гб. Модуль AM4220 поддерживает внутрисистемный интерфейс PCI Express x4 и передачу служебной информации, необходимой для загрузки и обслуживания системы, по каналам Gigabit Ethernet. Для внешних коммуникаций используются два слота для модулей SFP+, обеспечивающих подключение к сетям 10-Gigabit Ethernet. На лицевую панель также вынесен разъём RJ45, реализующий при помощи стандартного Ethernet-кабеля соединение с терминалом для внешнего управления процессором Oteon Plus CN5650 по интерфейсу RS-232. Встроенное микропрограммное обеспечение модуля AM4220 поддерживает функции интеллектуального управления IPMI 1.5.

Отметим также, что данный модуль AMC разработан с учётом требований к системам, соответствующим третьему уровню американского телекоммуникационного стандарта NEBS (Network Equipment-Building System), и рассматривается главным образом как составная часть решений для операторов мобильной связи. В качестве возможных вариантов применения фигурируют базовые приёмо-передающие станции, узлы поддержки GPRS, контроллеры радиосетей, медиашлюзы и другие приложения для систем операторского класса.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день стандарт MicroTCA достиг поставленных перед ним на начальном этапе целей и продолжает развиваться. Утверждение новых спецификаций, рассчитанных на системы жёсткого исполнения, позволило существенно расширить круг потенциальных заказчиков, не теряя при этом уже сложившуюся клиентскую базу.

Как отмечают специалисты, нынешние требования рынка промышленной автоматизации и встраиваемых систем во многом совпадают с характеристиками систем MicroTCA (высокая производительность, масштабируемость и пропускная способность внутрисистемных соединений, гибкая коммутационная архитектура, возможности горячей замены и резервирования компонентов, функции интеллектуального управления и т.д.). И это вселяет уверенность в будущем данной технологии.

Отметим, что представленные на рынке продукты позволяют создавать разнообразные по составу и свойствам конфигурации систем MicroTCA как для телекоммуникационных приложений нового поколения, так и для иных сфер применения, включая оборонные и медицинские структуры, транспорт, промышленные предприятия, энергетический комплекс и т.д. При этом важно ещё раз подчеркнуть, что системными интеграторами и разработчиками решений, в том числе в России, накоплен уже достаточно большой опыт внедрения и использования технологии MicroTCA. Этот опыт может и должен стать тем рычагом, который обеспечит дальнейший подъём рынка систем MicroTCA в обозримой перспективе.





# Новости мира News of the World Новости мира

## Российские учёные разработали «автопилот для транспортных роботов»

Российская компания RoboCV (Robotic Computer Vision) разработала систему автопилота для автомобилей, которая в будущем сможет полностью заменить водителя. По словам руководителя компании Сергея Мальцева, «автопилот может видеть препятствия, людей, корректировать маршрут в ходе движения транспорта, получать точную информацию о своём местоположении и окружающей обстановке. По сути это – робот-водитель, который может обеспечить передвижение автомобиля без участия человека».

В описании проекта на официальном сайте RoboCV отмечается, что «автопилот для транспортных роботов» способен работать как в составе наземных транспортных или водных роботов, БПЛА, так и в составе автономных планетных роботов. Комплекс создаётся на базе технологий технического зрения, БИНС и ГЛОНАСС/GPS. В проекте используются наработки основателей компании RoboCV в области технического зрения и распознавания образов, построения телеметрических и автономных вычислительных систем.

Аналогичный комплекс разрабатывается и зарубежными компаниями, в числе которых BMW, Ford, Volkswagen, Volvo и Cadillac, но первой на ум приходит, конечно, Google, достигшая немалых успехов в данной области. Российские учёные отмечают, что, в отличие от проекта Google, сфера применения разработки RoboCV значительно шире и не будет ограничена лишь легковыми автомобилями.

На данный момент проект находится в стадии разработки прототипа продукта, готовятся первые испытания. Выпуск пробных партий намечен на конец 2013 г., а массовое производство планируется вернуть уже в 2015–2016 гг.

<http://itar-tass.com/>  
<http://www.robocv.ru/>

## Представлен новый метод, позволяющий создавать гибкие и прозрачные полупроводящие плёнки

Современная полупроводниковая технология основана на таких непрозрачных материалах, как кремний, арсенид галлия и т.д. Многообещающей альтернативой считаются прозрачные металлоксидные полупроводники. Однако создание полупроводниковых устройств на основе оксидов металлов всегда требовало экстремально

высоких температур, которые значительно превосходят температуры плавления полимерных подложек.

Новый метод производства металлоксидных полупроводниковых устройств при комнатной температуре с использованием облучения ультрафиолетом предложен учёными из Корейского института электронных технологий (Южная Корея). УФ-свет применён здесь для химической активации металлических частиц в растворе. Образующиеся при этом молекулы оксида металла конденсировались из раствора, образуя тонкие полупроводящие плёнки. Процесс доступен при температурах, значительно более низких, чем 350°C, привычные для производства металлоксидных полупроводников традиционными методами.

Прозрачная электроника очень важна для ряда медицинских, транспортных и научных приложений. Традиционные полупроводниковые материалы вообще нельзя использовать для создания гибкой электроники ввиду их излишней хрупкости. С другой стороны, органические полупроводники отличаются неустойчивостью электронных характеристик в стрессовых условиях (таких как сгибание); они также не настолько эффективно проводят заряд из-за низкой плотности носителей заряда. А вот металлоксидные полупроводники свободны от этих недостатков. Они обладают высокой плотностью носителей электрического заряда, являясь при этом скорее аморфными твёрдыми веществами, нежели высокоструктурированными кристаллами. Последнее обстоятельство делает металлоксидные плёнки чрезвычайно гибкими.

Предыдущие эксперименты использовали золь-гель-технологии, для которой металлы (обычно индий, галлий или цинк) растворялись в 2-метоксизтанол. Собственно металлоксидные плёнки формировались отжигом, т.е. нагреванием раствора (золя) до высоких температур, при котором происходило разложение органической части золя с образованием оксида металла. При охлаждении молекулы оксида выпадали из раствора, образуя тонкую прозрачную плёнку, которая могла наноситься на заранее протравленную подложку, формируя электронную схему. Используемая высокая температура (350°C) всегда была большой проблемой, т.к. намного превосходит температуры плавления большинства гибких прозрачных подложек, ради которых всё и затевается. Совершенно неважно, насколько тонкой и прозрачной получится плёнка полупроводникового ок-

сида, если её придётся наносить на толстую, непрозрачную и жёсткую подложку (лишь бы не расплавилась).

В нынешнем исследовании удалось обойти процесс отжига, применив вместо экстремального нагревания ультрафиолетовое облучение. У УФ-фотонов достаточно энергии, чтобы вызвать диссоциацию многих органических молекул. В данном случае в качестве растворителя использовалось вещество, способное разлагаться при комнатной температуре под действием ультрафиолета, окисляя при этом атомы так же, как это происходит при термическом разрушении золя на основе 2-метоксизтанола. Сравнивая свойства плёнок, полученных термическим и УФ-разложением золя, учёные пришли к выводу, что материалы, созданные по новой методике, обладают даже большей эффективностью.

Единственным недостатком УФ-метода авторы называют существенный разогрев мощной ртутной лампы, повышающей температуру золя и образующихся плёнок до 150°C. Подробное описание нового метода получения металлоксидных полупроводников можно найти в журнале Nature.

<http://arstechnica.com>

## Предложена технология изготовления прозрачной резистивной памяти

Исследователи из Университета штата Орегон (США) предложили новую технологию изготовления резистивной памяти (RRAM) на основе мемристоров.

Мемристоры, напомним, считаются четвёртым пассивным элементом микросхем после резистора, конденсатора и катушки индуктивности. Ток, проходящий через мемристор, приводит к изменению его атомной структуры, в результате сопротивление элемента меняется в тысячу и более раз. Это позволяет использовать элемент в качестве ячейки памяти.

Американские учёные подтвердили, что оксид цинка и олова может применяться для формирования прозрачных микросхем памяти на основе мемристоров. Такие изделия будут обладать высоким быстродействием и небольшим энергопотреблением. Данные могут храниться при отсутствии питания.

Предполагается, что прозрачные микросхемы памяти приведут к появлению новых электронных устройств, к примеру, информационных дисплеев, интегрированных в лобовое стекло автомобиля, интерактивных столов, рекламных стендов и пр.

<http://oregonstate.edu>



# Новая многофункциональная система сбора данных Chroma 51101

Алексей Карепанов (Москва)

В статье представлено описание многофункциональных регистраторов данных одного из ведущих мировых производителей – тайваньской компании Chroma ATE. Кратко изложены технические характеристики, назначение и применение.

Компания Chroma ATE (Тайвань) является одним из ведущих производителей тестового и измерительного оборудования. Новым направлением её деятельности является производство регистраторов данных. Одними из лучших в своём классе по функциональным и техническим характеристикам являются многофункциональные регистраторы данных серии 51101 (рис. 1).

В ходе исследований, разработки продукции и в задачах обеспечения качества наиболее часто требуется регистрация температур, напряжений, токов и множества других физических параметров. Число каналов регистрации может быть от одного до нескольких сотен. Многофункциональные регистраторы данных представляют собой превосходное решение для обеспечения таких измерений и мониторинга параметров.

Для осуществления такой широкомасштабной и значительно различающейся по времени регистрации данных на рынке имеется множество измерительных устройств. Некоторые являются дорогостоящими, другие ограничены по точности или разрешению, а третьи обладают малой устойчивостью к помехам. Многофункциональные регистраторы производства Chroma, безусловно, являются самым рентабельным решением, универсальным, точным, стабильным и помехоустойчивым в своей категории.

Многофункциональные регистраторы производства Chroma измеряют температуру, напряжения и токи с высокой точностью и разрешением. Например, они поддерживают измерения с 8 типами термопар в оговоренном в ITS-90 температурном диапазоне с погрешностью 0,3°C и раз-

решением 0,01°C\*, тогда как большинство регистраторов данных на рынке имеют погрешность 1°C и разрешение 0,1°C\*. Регистраторы производства Chroma имеют развязку каналов, рассчитанную на 1000 В по постоянному току на канал, что позволяет подсоединять термопары к объектам с высоким напряжением, таким как аккумуляторы, солнечные батареи, рабочие печатные платы и т.д., и при этом получать корректные данные. Множество аналогичных регистраторов других производителей в подобных случаях отказывают или даже выходят из строя. Выборка данных в регистраторах производства Chroma осуществляется по параллельной архитектуре, тогда как большинство конкурентных изделий использует метод последовательного мультиплексирования. Это означает, что скорость передачи данных на канал в регистраторах производства Chroma большая и постоянная, а у всех остальных замедляется с ростом числа каналов.

Благодаря многофункциональным регистраторам производства Chroma пользователь получает достоверные данные измерений и высокое соотношение между техническими характеристиками и стоимостью. Подробные технические характеристики приведены в таблице.

Основные характеристики многофункциональных регистраторов Chroma:

- существуют модели с 1, 8 и 64 каналами оперативной регистрации данных. Возможна привязка нескольких комплектов к ПК для получения сотен каналов;
- поддержка термопар типов В, Е, J, K, N, R, S и Т в оговоренном в ITS-90 температурном диапазоне;

- индивидуальная для каждого канала компенсация холодного спая с ошибкой менее  $\pm 0,3^\circ\text{C}$ ;
- разрешение по температуре до 0,01°C со сниженной погрешностью (0,01% от показания  $+0,3^\circ\text{C}$ );
- полный диапазон напряжений 480 В с разрешением 1 мВ;
- развязка каналов рассчитана на 1000 В, предусмотрена полная защита от контрольных точек под напряжением, точность замеров гарантируется;
- определение обрыва в цепи термопар;
- управление с ПК посредством мощного программного обеспечения для регистрации и анализа данных;
- модели с 1 и 8 каналами имеют USB-питание. Батареи или внешний блок питания не требуются.

## Развязка каналов рассчитана на 1000 В

При разработке или квалификационных испытаниях электронных устройств требуется регистрация данных отслеживания температур, напряжений и токов. Во многих случаях может иметь место большая разность напряжений между двумя контрольными точками. Импульсные блоки питания, например, требуют измерения напряжений/токов на первичной стороне, напряжений/токов на вторичной стороне и температур ключевых компонентов. К сожалению, многие регистраторы данных, в том числе известных марок, не способны работать с такой большой разностью напряжений между обеими сторонами. Разница в несколько сотен вольт может полностью исказить измерение и даже повредить регистратор.

Многофункциональные регистраторы производства Chroma прекрасно подходят для измерений в случаях с зарядом и большой разностью напряжений. Разделение каналов, рассчитанное на 1000 В по постоянному току, делает их защищенными от разности напряжений между любыми двумя каналами. Просто подключите термопа-

\* Термопары не учитываются



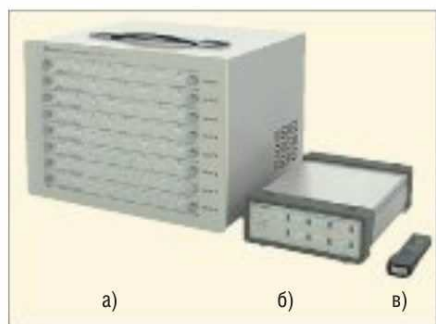


Рис. 1. Регистраторы данных Chroma 51101

а) 64 канала; б) 8 каналов; в) 1 канал

ры или провода к устройству или токоведущим частям и получаете точные данные.

Другим случаем является испытание аккумуляторных систем (рис. 2). Требуется знать напряжение и температуру каждого элемента. Другие регистраторы зачастую не могут точно измерять напряжения в последовательной конфигурации. Подключение термодатчиков является другой проблемой, требующей специального решения. Все эти проблемы легко решаются с помощью многофункциональных регистраторов Chroma благодаря высокому сопротивлению изоляции между каналами.

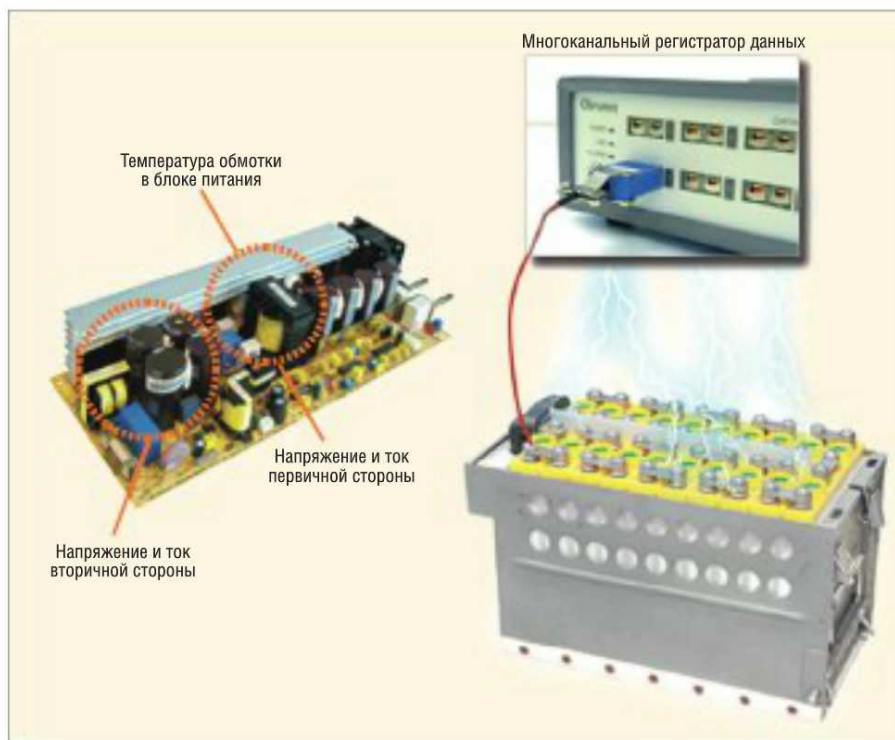


Рис. 2. Испытание аккумуляторных систем

**Погрешность 0,3°C  
и разрешение 0,01°C**

За такую же или даже меньшую цену многофункциональный регистратор

Chroma предоставляет более высокую точность и лучшее разрешение, чем у конкурентов. Тогда как большинство регистраторов имеют погрешность 1°C



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

ОФИЦИАЛЬНЫЙ  
ДИСТРИБЬЮТОР

**ПОСТАВЩИК ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ И КОНТРОЛЯ**



**ЭЛЕКТРОННЫЕ  
НАГРУЗКИ**

ПОСТОЯННОГО  
И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ  
СИСТЕМЫ**



для испытаний  
силового  
оборудования



**ПРОГРАММИРУЕМЫЕ  
ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ**

ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА  
БОЛЬШОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ



**ТЕСТПРИБОР**

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

Реклама



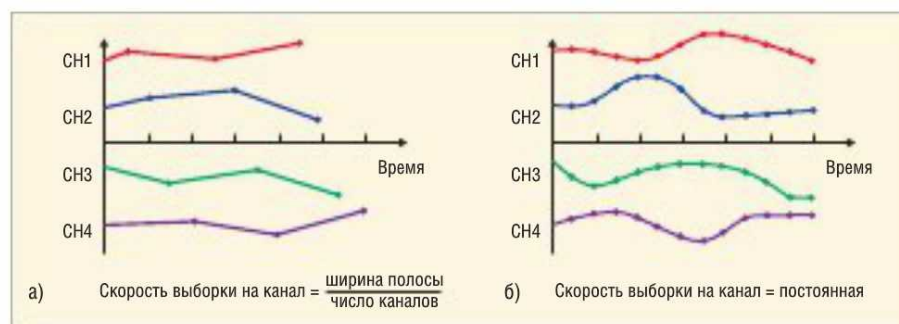


Рис. 3. Скорость выборки на канал

а) Регистраторы сторонних изготовителей; б) регистраторы Chroma

и разрешение  $0,1^{\circ}\text{C}$ , регистраторы Chroma на порядок лучше. А ведь прописной истиной является то, что чем больше точность и чем больше видно подробностей, тем лучше для измерений.

Чтобы добиться такой высокой точности и разрешения, Chroma ввела индивидуальную компенсацию холодного спая для каждого канала. АЦП с высокой разрядностью и совершенной схемой шумоподавления в значительной мере улучшают характеристики этих регистраторов. Что лучше всего, покупатели могут получить более высокие характеристики без дополнительных затрат.

Точные температуры могут быть критичны при измерениях теплопроводности, в химических процессах и в биологических экспериментах. Испытание тепловых трубок, например, зачастую требует определения разницы температур менее  $1^{\circ}\text{C}$  между зонами испарения и конденсации. Некоторые жидкие кристаллы при критических температурах могут радикально менять свои характеристики при очень малых колебаниях температуры.

### Постоянная скорость передачи данных на канал

Большинство из имеющихся на рынке регистраторов используют

мультиплексорную схему. Все каналы делят между собой полосу пропускания, а это значит, что чем больше активных каналов, тем меньше будет скорость передачи данных на канал. Регистраторы Chroma используют параллельную схему выборки данных (рис. 3). Независимо от числа активных каналов, скорость передачи данных останется равной 5 выб./с на канал.

Преимущество постоянной скорости передачи данных можно ощутить при регистрации с большим числом каналов. Для десяти каналов полная полоса пропускания регистратора данных производства Chroma может быть в несколько раз шире, чем у других регистраторов. Некоторые регистраторы других изготовителей могут слишком замедлиться и потерять подробности измерения. Они могут пропустить случаи критических изменений, происходящих за малый интервал времени. Регистраторы производства Chroma существенно снижают такую вероятность.

### Мощное средство регистрации и анализа данных на ПК

Персональные компьютеры и ноутбуки являются мощным инструментом благодаря возможности быстрых вычислений и обработки данных, дружественному графическому интерфейсу пользователя и большому объёму жёсткого диска. Тогда как работа со многими регистраторами ограничена их небольшим дисплеем и памятью, регистраторы производства Chroma связаны с ПК или ноутбуком для непосредственного отображения, анализа и хранения данных.

С помощью программного обеспечения на ПК можно в подробностях увидеть все графики, изменить время прорисовки и масштабирование, создать маркеры, увеличить отдельные участки и проводить различные вычисления всего за несколько простых шагов. ОЗУ ПК используется как буфер для хранения любых данных, пока работает регистратор, что делает возможным обратное прослеживание без открытия файла регистрации. Объём регистрируемых данных определяется свободным пространством жёсткого диска, которое почти неограниченно.

#### Технические характеристики регистраторов Chroma 51101

| Модель                                          | 51101-1                                                | 51101-8 | 51101-64                                                 |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------|
| Измерение температуры                           |                                                        |         |                                                          |
| Число входов                                    | 1                                                      | 8       | 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56, 64 канала                     |
| Тип датчика температуры                         | Термопара типа В, Е, J, K, N, R, S, T                  |         |                                                          |
| Шкала температур                                | ITS-90                                                 |         |                                                          |
| Разрешение по температуре                       | ±0,01°C                                                |         |                                                          |
| Погрешность по температуре <sup>1, 2</sup>      | ±(0,01% от показаний + 0,3)°C                          |         |                                                          |
| Ошибка компенсации холодного спая               | ±0,3°C                                                 |         |                                                          |
| Максимальная скорость выборки                   | 5 выборок/с                                            |         |                                                          |
| Прочность изоляции между каналами               | 1000 В                                                 |         |                                                          |
| Входное сопротивление                           | 5 МОм                                                  |         |                                                          |
| Ток определения обрыва термопары                | 100 нА                                                 |         |                                                          |
| Измерение напряжения <sup>3</sup>               |                                                        |         |                                                          |
| Тип входа по напряжению                         | Переходник VA480                                       |         |                                                          |
| Разрешение по напряжению                        | 1 мВ                                                   |         |                                                          |
| Диапазон входных напряжений по постоянному току | ±480 В                                                 |         |                                                          |
| Погрешность входа по напряжению                 | ±[0,1% от показания + 1 мВ] <sup>3</sup>               |         |                                                          |
| Входное сопротивление                           | 1 МОм                                                  |         |                                                          |
| Дискретный ввод/вывод                           |                                                        |         |                                                          |
| Число дискретных входов/выходов                 | —                                                      | —       | 4 дифференциальных дискретных входа и выхода             |
| Назначение дискретных входов                    | —                                                      | —       | 1 вход сигнала запуска (DIO) и 3 входа общего назначения |
| Передача данных                                 |                                                        |         |                                                          |
| RS-232                                          | —                                                      | —       | Полудуплекс соединитель DB-9                             |
| USB                                             | USB2.0 (полноскоростное устройство), соединитель USB А |         |                                                          |
| LAN (опционально)                               | —                                                      | —       | Ethernet (10BASE-T/100BASE-TX); соединитель RJ-45        |

<sup>1</sup> Погрешность определена для диапазона рабочих температур от 20 до  $30^{\circ}\text{C}$ , без учёта неопределённости термопар

<sup>2</sup> При выходе за пределы диапазона рабочих температур от 20 до  $30^{\circ}\text{C}$  следует учитывать дополнительную погрешность  $(0,01\% \text{ от показаний} + 0,03^{\circ}\text{C})/^{\circ}\text{C}$

<sup>3</sup> В режиме фильтрации MV\_8



# Новости мира News of the World Новости мира

## Создана гибкая TFT-матрица на углеродных нанотрубках

Исследователи из Университета Нагои и компании Bando Chemical Industries (Япония) представили TFT-матрицу на основе углеродных нанотрубок для дальнейшего использования в производстве гибких дисплеев. При изготовлении новинки применялся метод флексографии (печать с эластичных форм), а мобильность носителей заряда достигла  $112 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ .

О результатах своей работы учёные сообщили 13 сентября на 73-й конференции Японского общества прикладной физики.

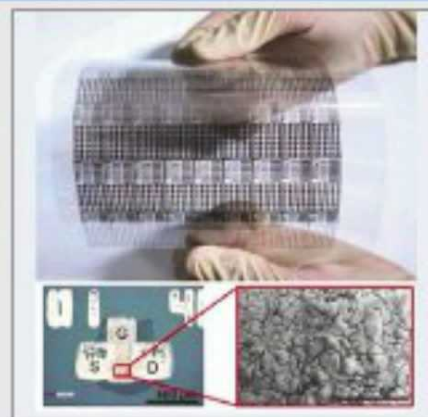
Флексографическая печать — это способ высокой печати с использованием гибких резиновых форм и быстросохнущих жидких красок. Но прежде всего, это гибкая фотополимерная форма (полученная методом быстрой УФ-полимеризации), краска с которой под низким давлением переносится непосредственно на материал. Точность флексографической печати несколько ниже, чем у классической глубокой печати (имеющей тот же функциональный принцип), зато пропускная способность

намного выше, чем, например, у печати струйной.

Японцы выбрали флексографию из-за её высоких скоростных характеристик, низкой стоимости расходных материалов и обслуживания, а также благодаря совместимости с непрерывными производственными процессами типа «рулонной технологии».

Все процессы, участвовавшие в получении TFT-матриц на основе углеродных нанотрубок (CNT-TFT), проводились при нормальных давлении и температуре. Для создания электродов затвора и стока/истока применялись серебряные наночастицы, а в формировании запирающих диэлектрических плёнок использовался полиамид-имидный полимер. Наконец, собственно CNT применялись для создания проводящих каналов TFT.

А теперь попробуем «разоблачить» японскую магию. Дело в том, что углеродные нанотрубки были получены методом газофазной фильтрации, а наносились с помощью сухого трансфера, созданного авторами работы. В качестве субстрата использовалась плёнка полиэтиленнафта-



лата, на поверхность которой методом флексографии со скоростью  $6,6 \text{ см/с}$  наносился резист, послуживший основой для пробитой кислородной плазмой CNT-маски.

В результате была получена TFT-матрица со следующими рабочими характеристиками: длина канала —  $115 \text{ мкм}$ , мобильность носителей заряда —  $112 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ , соотношение on/off — 104. Полученной мобильности зарядов, как сообщается, достаточно для использования TFT-матрицы в производстве гибких дисплеев.

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

## САПР печатных плат

**EREMEX DELTA DESIGN —**  
сквозной цикл проектирования  
печатных плат

Менеджер  
ссылки

• Схемотехническое моделирование

• Топологический  
трассировщик

• Схемный редактор

24-26 октября 2012 года

**Radel**

Место: ДЗ  
Санкт-Петербург  
Петербургский СКК  
Пр. Гатарины д.8

**EREMEX**  
DELTA DESIGN

Тел.: +7 (495) 232-18-64 • Тел. +7 (812) 448-0444  
Факс: +7 (495) 234-05-40 • E-mail: info@eremex.ru • Web: www.eremex.ru



Реклама





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

#### Контакты

Россия, 117437, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 108  
Тел.: (495) 234-0639, факс: (495) 232-1654  
Web: [www.dolomant.ru](http://www.dolomant.ru), E-mail: [info@dolomant.ru](mailto:info@dolomant.ru)  
E-mail: [cd@dolomant.ru](mailto:cd@dolomant.ru)

#### Заказные разработки

#### 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





## В принуждении студентов к работе на Foxconn участвует правительство?

На этой неделе разразился скандал в связи с сообщением The New York Times о принуждении китайских студентов к работе на сборочных линиях компании Foxconn, которая, как известно, является крупнейшим контрактным партнёром Apple. Foxconn в ответ не стала отрицать работу студентов на сборке iPhone, но заявила о том, что никакого принуждения нет, стажёры лишь проходят здесь производственную практику и в любой момент могут покинуть работу.

Ресурс ZDNet опубликовал несколько интервью студентов, свидетельствующих о том, что в вербовке молодежи на работу в Foxconn участвуют государственные органы.

Студент профессионального колледжа Чжан был одним из тех, кто получил извещение о прохождении производственной практики. «В школе нам сказали о стажировке сразу после каникул, — сообщил Чжан в интервью Китайскому национальному радио. — Стажировка считается делом добровольным и обычно предлагается несколько вариантов прохождения практики, но в этом году всё было иначе. Нас попросили подписать соглашение о стажировке и отправили работать».

Тянь учится на механическом факультете. Он отказался проходить производственную практику на Foxconn. Его родители обратились в колледж с протестом, но там продолжали настаивать на обязательной стажировке.

«Речь идёт о 45-дневной стажировке на сборочной линии, — рассказал преподаватель колледжа. — Учащиеся получают такую же зарплату, как и остальные рабочие Foxconn. Foxconn, видимо, испытывает нехватку рабочей силы из-за увеличения заказов и поэтому обратилась к правительству с просьбой побуждать школы к отправке студентов для работы на заводе».

В соседней провинции Шаньси власти Женьчэня организовали вербовочные пункты для привлечения рабочих на Foxconn. Агентов по вербовке достаточно много и по периметру производственного комплекса компании. Некоторые расположились в самодельных картонных палатках, другие просто сидят на корточках вдоль бордюров.

«Мне заплатят 300 юаней (\$47) за привлечение вас к работе на Foxconn, — рассказал один из агентов. — 150 юаней выдают сразу после появления человека на работе и ещё 150 — если он проработает более трёх месяцев».

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

## Micron заинтересовалась партнёрством с TSMC

Компания Micron Technology желает наладить масштабное стратегическое сотрудничество с тайваньскими контрактными производителями микросхем. Такую позицию предприятия огласил генеральный директор Марк Дюркан (Mark Durcan). Среди потенциальных кандидатов на партнёрство называется крупнейшая компания Taiwan Semiconductor Manufacturing Company, выпускающая чипы для таких гигантов, как AMD, Intel, NVIDIA, Apple, Qualcomm и многих других.

Micron надеется на помощь TSMC в разработке и выпуске объёмных интегральных схем (3D IC) и продуктов на их основе. Также компания не собирается отказываться от сотрудничества со своими текущими партнёрами, такими как IM Flash, Inotera Memories, Aptina Imaging. Новые союзники нужны ей для расширения своего ассортимента. Micron планирует представить новые решения для SSD, контроллеров памяти, различных программно-аппаратных устройств.

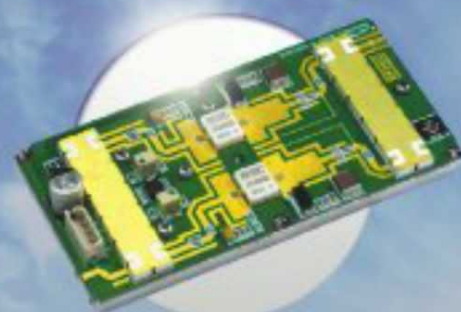
Также Дюркан отметил, что в ближайшем будущем не стоит ожидать больших колебаний цен на рынке DRAM.

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



www.rfhic.com

### СВЧ ПРИЁМОПЕРЕДАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА



**Усилители для РЛС:**

- Широкий частотный диапазон: от 135 МГц до 3,5 ГГц
- Высокий уровень мощности
- Высокая эффективность
- Использование GaN-технологии
- Соответствие стандарту RoHS



**Усилители для систем связи и широкополосные усилители:**

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





**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ RFHIC В РОССИИ**

**АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА**

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





# Оптимизация КПД при проектировании векторного управления асинхронными двигателями на транзисторных инверторах

Виктор Зайцев, Игорь Никифоров, Александр Жилин  
(Челябинская обл.)

В статье рассмотрены варианты формирователя ШИМ, а также описана реализация алгоритмов векторного управления АСД на современной элементной базе.

Асинхронные двигатели (АСД) мощностью до 400 кВт сегодня широко используются в промышленности и на транспорте благодаря надёжности и хорошим массогабаритным характеристикам. В зависимости от мощности применяемого электродвигателя, изменяются требования к энергетическим характеристикам привода. Например, при мощности привода более 10 кВт на первый план выходят показатели энергосбережения, зависящие от принципа регулирования и алгоритма управления АСД, которые напрямую связаны с потерями в системе «инвертор – двигатель».

## ВЫБОР АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ АСД

На сегодняшний день наиболее распространённым способом формирования ШИМ-сигналов для преобразователей схем управления АСД является

ся алгоритм с векторным типом коммутации. Рассмотрим его преимущества и недостатки.

Векторный алгоритм переключения транзисторов позволяет реализовать форму фазного напряжения каждой обмотки двигателя, максимально приближённую к синусоидальной, с регулировкой амплитуды. При использовании такой коммутации каждый транзистор открыт ровно настолько, чтобы обеспечить амплитуду и частоту синусоиды, необходимые для максимально возможного КПД по мощности. Однако из-за инерционности транзисторов и диодов, в такой схеме могут возникать большие сквозные токи в момент переключения. Для их устранения осуществляется программная задержка управляющих сигналов и используются диоды с нормированным временем восстановления обратного сопротивления.

Рассмотрим простую схему векторного управления трёхфазным асинхронным двигателем с инвертором на базе IGBT-модулей (см. рис. 1), испытанную на стендовом оборудовании в лабораторных условиях. Данная схема состоит из блока питания 1, трёхфазного асинхронного двигателя 2, датчиков тока 3 в каждой фазе АСД, вольтметра 4, IGBT-модулей 5 и их драйверов 6, инвертирующих усилителей 7 с коэффициентом усиления 1 В/В каждый, задатчика 8 постоянной частоты 60 Гц, генератора частоты дискретизации (500/1500 Гц) 9 и двухчастотного суммирующего усилителя 10.

На блок питания 1 подаётся 380 В переменного тока, после трёхфазного выпрямления на выходе получается 550 В постоянного тока. Инвертор состоит из шести IGBT-модулей 5, содержащих три верхних и три нижних ключа. Генератор частоты дискретизации 9 формирует базовую частоту 500 Гц, которая сравнивается с постоянной частотой 60 Гц, установленной задатчиком 8, и через двухчастотный суммирующий усилитель 10 подаётся на блок драйверов 6.

В процессе испытаний были получены осциллограммы, приведённые на рисунке 2. На верхней осциллограмме (1) показана синусоида фазного тока обмотки двигателя при частоте дискретизации 500 Гц, где хорошо заметны высшие гармоники, приводящие к снижению КПД асинхронного двигателя, ощутимым потерям мощности и нагреву АСД.

Осциллограмма 2 на рисунке 2 отображает напряжение на конденсаторе блока питания. Наличие высокочастотных пульсаций напряжения на конденсаторе приводит к его нагреву и, как следствие, деградации ёмкости, сокращению срока службы и даже к выходу из строя блока IGBT-модулей. Острота проблемы снимается увеличением ёмкости конденсатора и его паспортного напряжения.

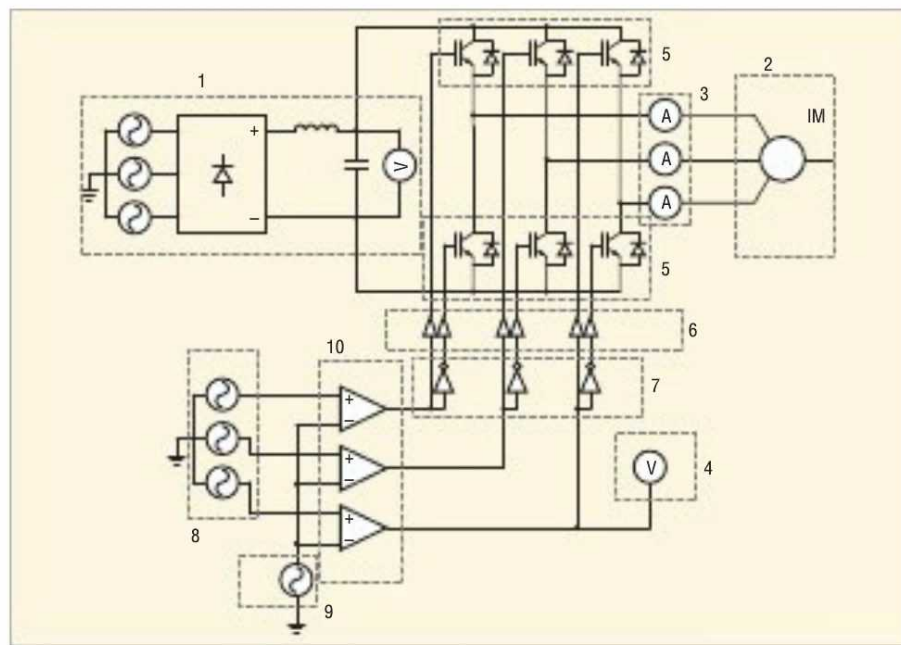


Рис. 1. Электрическая схема векторного управления трёхфазным асинхронным двигателем с инвертором на базе IGBT-модулей



На рисунке 3 представлены те же осциллограммы при входной частоте дискретизации 1500 Гц. На верхней осциллограмме (1) видна практически идеальная синусоида тока, с минимальным уровнем высших гармоник. Напряжение пульсаций на осциллограмме 2 сглажено, что позитивно сказывается на КПД и тепловыделении асинхронного двигателя.

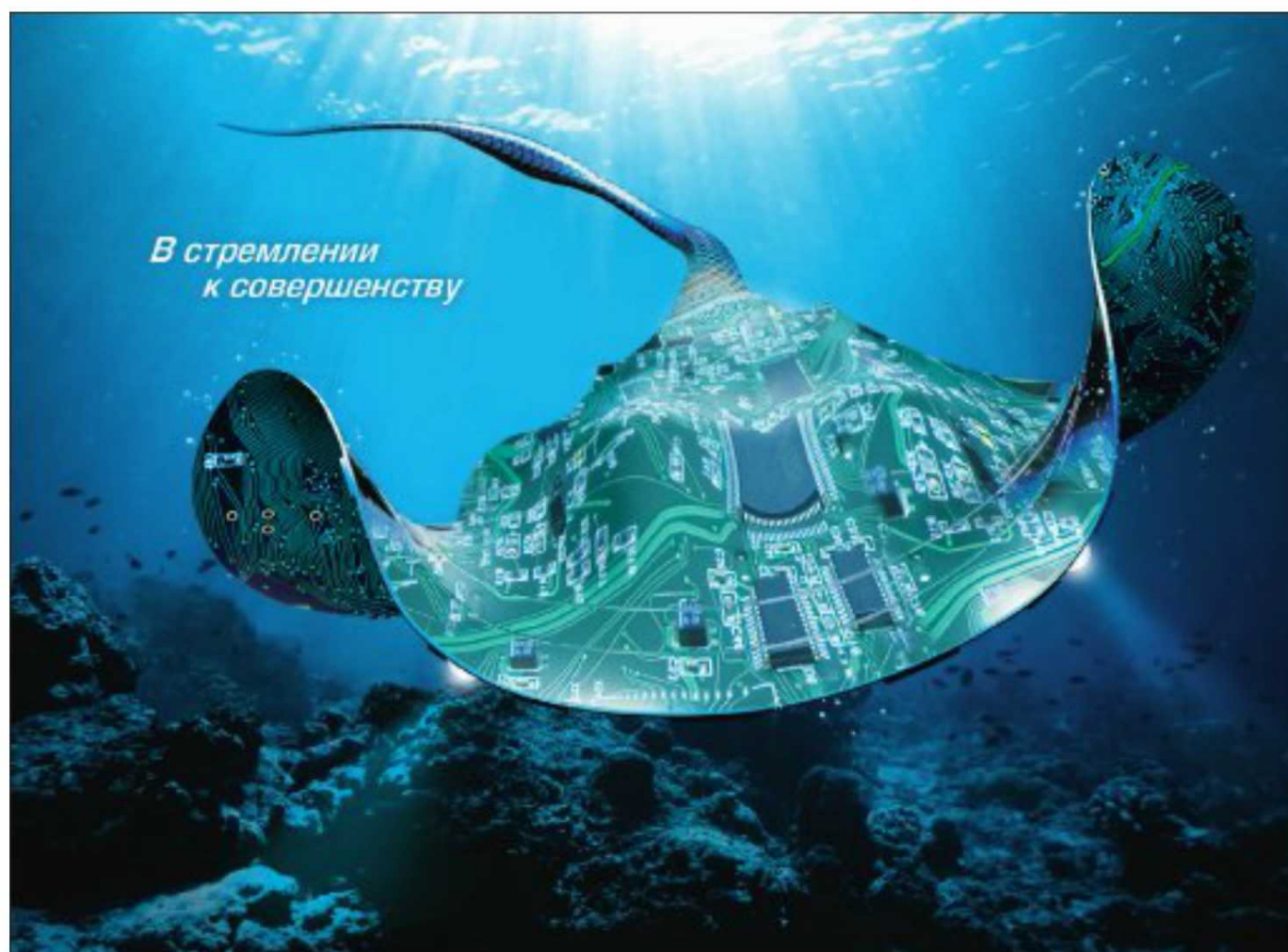
Однако сравнительный анализ соответствующих осциллограмм (3) на рисунках 2 и 3 показывает, что динамические потери в IGBT-модуле при входной частоте дискретизации 1500 Гц в три раза выше по сравнению с динамическими потерями при частоте 500 Гц, что приводит к увеличению тепловыделения на подошве IGBT-модуля

на 30...40%. Для обеспечения надёжного функционирования инвертора в данном случае требуется увеличить площадь охлаждающей поверхности теплоотвода, а при использовании двигателей высокой мощности – переходить на водяные системы охлаждения.

Верхний предел частоты ШИМ ограничивается тепловыми потерями в транзисторах и не может превышать максимально допустимого значения частоты переключения используемых силовых приборов. Нижняя граница частоты ШИМ определяется ростом потерь от пульсаций тока через обмотку двигателя. Таким образом, потери в двигателе определяются несинусоидальностью и несимметрией полувольт

синусоид напряжения, подводимого к обмоткам, а также пульсациями тока в обмотках. Увеличивая число уровней напряжения, возможно приблизить форму напряжения, подаваемого на обмотки двигателя, к синусоидальной, уменьшив тем самым число и уровень нечётных гармоник.

Форма напряжения, подводимого к обмоткам двигателя, оказывает большое влияние на КПД системы АСД, особенно для двигателей мощностью свыше 10 кВт. Например, для двигателя мощностью 20 кВт потери составляют не более 1 кВт. Приближение формы подаваемого на двигатель напряжения к синусоидальной влияет на рост КПД, однако приводит к увеличению массогабаритных показателей самого ин-



а FEK company

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

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

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

Представительство ЗАО «Фаворит – ЭК»  
в Санкт-Петербурге: ООО «Нижняя Электронная Компания»  
Тел.: +7 (812) 449-82-40  
[www.spbnek.ru](http://www.spbnek.ru) • [nek@spbnek.ru](mailto:nek@spbnek.ru)

Представительство ЗАО «Фаворит – ЭК»  
в Нижнем Новгороде  
Тел.: +7 (810) 886-80-60  
[alexandr@favorit-ec.ru](mailto:alexandr@favorit-ec.ru)



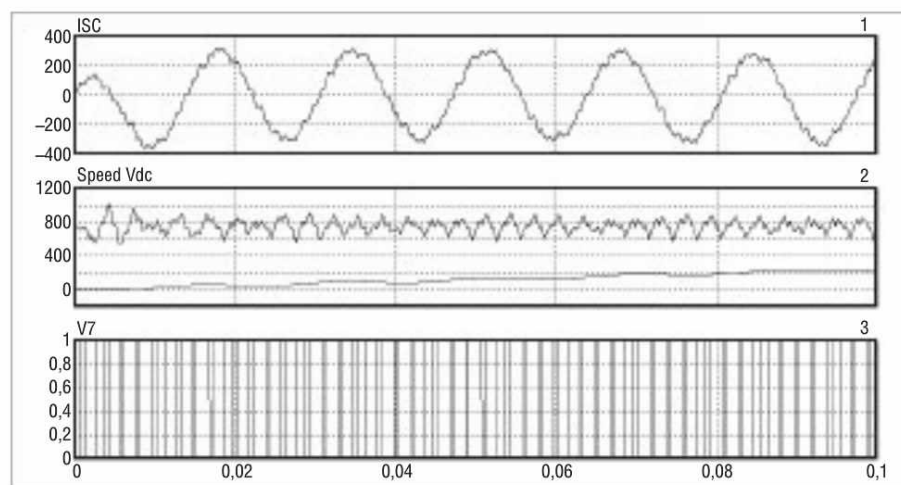


Рис. 2. Осциллограммы фазного тока обмотки двигателя при входной частоте дискретизации 500 Гц (1), напряжения на конденсаторе блока питания (2) и коммутации модуля ШИМ (3)

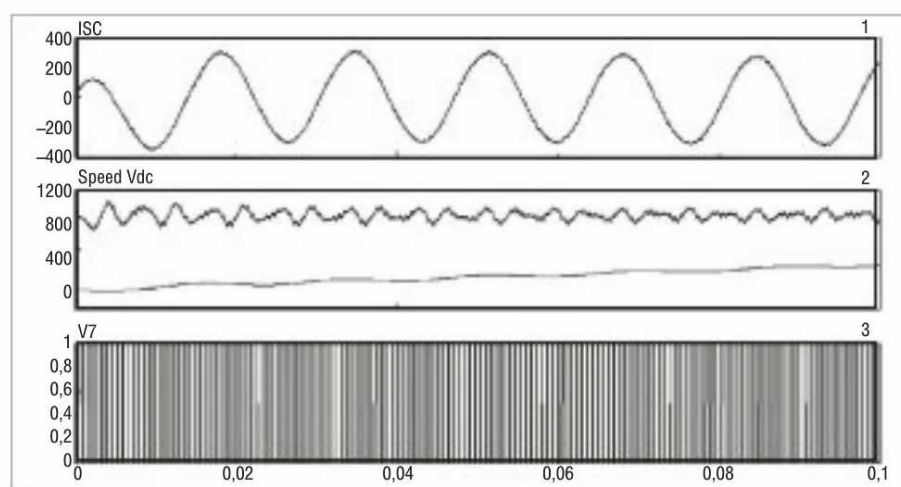


Рис. 3. Осциллограммы фазного тока обмотки двигателя при входной частоте дискретизации 1500 Гц (1), напряжения на конденсаторе блока питания (2) и коммутации модуля ШИМ (3)

вертора. При разработке системы АСД – инвертор необходимо сбалансировать КПД двигателя и тепловыделение на подошве IGBT-модулей.

Так или иначе, наиболее эффективно с задачей управления АСД справляется коммутация ШИМ с формированием синусоидального напряжения на обмотках двигателя. Как показывает опыт эксплуатации, такой алгоритм снимает проблему сквозных токов, поскольку транзисторы, находящиеся в противоположных плечах, переключаются с запаздыванием относительно друг друга на нормированные, регулируемые интервалы времени.

Форма фазных напряжений имеет ограничение только по разрядности применяемого процессора. Поэтому векторная схема коммутации системы управления АСД является наиболее энергоэффективной и надёжной при использовании современной элементной базы контроллеров и силовых полупроводниковых приборов.

### ВЫБОР ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНВЕРТОРА УПРАВЛЕНИЯ АСД

Потери в системе управления АСД помогают уменьшить современные силовые IGBT-модули, объединяющие в себе положительные качества как биполярных, так и МОП-транзисторов.

Приборы типа HVIGBT могут работать на частотах до 4 кГц. При рабочих напряжениях 1200...1700 В модули на их основе обладают низким падением напряжения (2,0...2,2 В), обеспечивают рабочий ток до 1200 А при напряжении 3300 В, устойчивость к короткому замыканию и возможность внедрения в системы управления мощными приводами. На сегодняшний день максимальную надёжность демонстрируют IGBT-модули производства Euprec (Германия) и Semikron (Германия), которые адаптированы к системам управления тяговыми электродвигателями транспортных средств. Отметим, что для решения задач умягчения по току или напряжению можно исполь-

зовать несколько IGBT-модулей в параллельном или последовательном включении.

Длительность переключения силовых транзисторов зависит, во-первых, от инерционности самих транзисторов, во-вторых, от характеристик системы управления. Чтобы снизить потери при коммутации и правильно настроить параметры переключения, необходимо использовать специальные ИС с гальванической развязкой – драйверы управления IGBT-модулями. Выпуск таких драйверов осуществляют лидеры мировой электронной индустрии, такие как ST-ConceptTechnology, Matsushita (Япония) и др.

Кроме того, ряд компаний (Eupric, Semikron) производит готовые блоки управления АСД, состоящие из шести IGBT-модулей, смонтированных в одном корпусе. Применение таких блоков позволяет дополнительно снизить потери на переключение.

Помимо IGBT-модулей и драйверов, при проектировании инвертора управления АСД важное место занимает микропроцессор. Ведущими производителями специализированной микропроцессорной техники, используемой в системах управления электроприводами, являются компании Texas Instruments (США), Atmel (Финляндия), STMicroelectronics (Франция) и NXP (Нидерланды). Выбор конкретного микропроцессора или микроконтроллера определяется техническим заданием на электропривод.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Эштитейн И.И. Автоматизированный электропривод переменного тока. Энергоиздат, 1982.
2. Никел К., Хо П., Лавлейс Р., Салливан П. Изобретённое устройство управления затвором с защитой и обратной связью по состоянию сбоя. Chip News. 1998. № 3.
3. Amp Gate Drive Optocoupler with Integrated Desaturation Detection and Fault Status Feedback. Technical Data, Hewlett Packard, 1998.
4. Ерошкин Е., Горячев О. Амплитудно-частотное управление асинхронными трехфазными двигателями. Электроника. 1999. № 2. С. 10–13.
5. Field Orientated Control of 3-Phase AC-Motor. LN: BPA073, Texas Instruments, 1998.
6. AC Induction Motor Control Using Constant V/Hz Principle and Space Vector PWM Technique with TMS320C240. Application Report SPRA284A, Texas Instruments, 1998.
7. Motor Control Technology Seminar. Analog Devices, 1998.



# Новости мира News of the World Новости мира

## Утверждены первые профессиональные стандарты в сфере наноиндустрии

Комиссия по профессиональным стандартам Российского союза промышленников и предпринимателей (РСПП) утвердила два профессиональных стандарта – «Производство наноразмерных полупроводниковых приборов и интегральных схем с использованием нанотехнологий» и «Метрологическое обеспечение разработки, производства и испытаний нанотехнологической продукции». Эти документы, разработанные при участии специалистов Фонда инфраструктурных и образовательных программ и Метрологического центра РОСНАНО, стали первыми в России профессиональными стандартами в сфере наноиндустрии.

В разработке утверждённых документов приняли участие более 300 экспертов – представителей нанотехнологических компаний и вузов – из 10 регионов России. Кроме того, стандарты прошли экспертизу на 13 независимых предприятиях наноиндустрии.

«Мы рассчитываем, что профессиональные стандарты помогут нанотехнологическим компаниям в поиске квалифицированных сотрудников, – говорит директор образовательных проектов и программ Елена Соболева. – Однако важно отметить, что наиболее эффективно они начнут работать в связке с другими инструментами оценки компетентности кадров. Именно поэтому в ближайших планах фонда – открытие центров сертификации сотрудников предприятий наноиндустрии и разработка тестов и практических заданий для оценки квалификации сотрудников».

В настоящее время Фонд инфраструктурных и образовательных программ разрабатывает ещё десять профессиональных стандартов, в том числе связанных с материаловедением и наноэлектроникой.

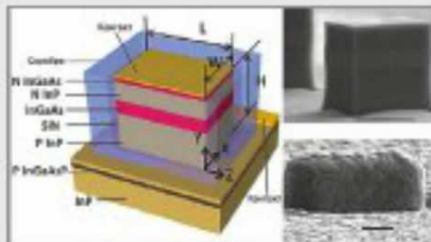
<http://www.rusnano.com>

## Создан полнофункциональный микроскопический полупроводниковый лазер

Инженеры из США и Нидерландов испытали микроскопический полупроводниковый лазер, способный работать при комнатной температуре.

Размеры оптического резонатора нового устройства составляют  $1,15 \times 1,39 \times 1,70$  мкм. Рекордно малыми эти значения назвать нельзя: существуют и более компактные образцы, использующие, к примеру, явление возбуждения поверхностных плаз-

монполяритонов – электромагнитных волн, которые возникают на границе раздела между диэлектриком и металлом и позволяют «разместить» колебания на оптической частоте в крошечном плазмонном резонаторе.



В идеале оптическую накачку, сохраняя непрерывный режим генерации, следовало бы заменить электрической инжекцией, а рабочую температуру – довести до комнатной. Реализовать пункты такой программы по отдельности несложно, но друг с другом они согласуются плохо (непрерывная работа при электрической инжекции, скажем, ведёт к сильному нагреву). Это, однако, не помешало авторам создать удовлетворяющий всем трём пунктам миниатюрный лазер с резонатором объёмом  $0,42\lambda^3$  ( $\lambda = 1,55$  мкм – длина волны излучения), описание которого было составлено ещё в середине 2011 г.

К недостаткам разработки годичной давности можно было отнести то, что ширина линии выдаваемого ею излучения достигала  $3...4$  нм. Этот изъян учёные и попытались устранить.

Новый вариант лазера имеет форму микроразмерного полупроводникового «столбика» сложной структуры, помещённого в серебряную оболочку. В ходе измерений при температуре в 294 К устройство обнаружало чёткий порог лазерной генерации и формировало излучение на длине волны в 1,591 мкм (легко рассчитать, что объём резонатора составлял  $0,67\lambda^3$ ) с шириной линии всего в 0,5 нм. По утверждению авторов, столь высокое отношение длины волны к ширине линии, равное 3182, не демонстрировал ни один из известных микроскопических лазеров непрерывного действия, работающих в комнатных условиях.

Сейчас физики пытаются увеличить ресурс лазера, который ограничивается наблюдаемым при большом токе инжекции и комнатной температуре быстрым ухудшением качества поверхности арсенида индия-галлия InGaAs. Кроме того, они хотят оптимизировать конструкцию – подобрать оптимальную толщину диэлектрического слоя SiN. Увеличение его толщины, как показывают эксперименты, приводит к сокращению срока службы устройства, а умень-

шение – к снижению упомянутого выше отношения длины волны к ширине линии.

<http://arxiv.org>

## Китайский репортёр поработал «под прикрытием» на сборке iPhone 5 на заводе Foxconn

Китайский репортёр ресурса Shanghai Evening Post, поработавший десять дней «под прикрытием» в качестве рабочего на линии по сборке iPhone 5 на заводе Foxconn в Тайюане, поделился своими впечатлениями об условиях труда и быта в китайской компании. Заметим, что первоначальной целью сотрудника газеты было рассказать об iPhone 5, но затем он решил дать более развёрнутую картину о жизни рабочих китайского предприятия.

«Первая ночь в общежитии была настоящим кошмаром, – пишет журналист. – Все помещения пропитаны тяжёлой смесью запаха мусора, который здесь лежит всюду не один день, пота и поролона. Картину дополняют тараканы, снующие в шкафах, а также грязные простыни, которые выдаются новым работникам».

«При поступлении на работу в Foxconn необходимо подписать контракт, состоящий из четырёх разделов, которые содержат техническую информацию, статистику о производстве, продажах и трудовых ресурсах, – продолжает описание репортёр. – В разделе с описанием возможных вредных факторов на данном производстве представитель администрации попросил указать отрицательный ответ по всем позициям, включая «наличие чрезмерного шума» и «токсическое загрязнение». Вся информация является строго конфиденциальной».

Следует отметить повышенные меры предосторожности, предпринимаемые компанией во избежание хищений и утечек при производстве iPhone 5. При переходе с этажа, где собирается новый смартфон, на другой этаж завода рабочие проходят досмотр усиленной службой охраны с использованием металлодетекторов. Любой, кого выделит металлодетектор, немедленно увольняется.

Для поддержания дисциплины на Foxconn по-прежнему практикуются различные наказания. Например, в случае несанкционированного перерыва рабочий в качестве наказания должен простоять 10 мин в углу. Ранее сообщалось о том, что нарушители правил Foxconn должны «покаяться» перед товарищами, повторив извинения много раз, или написать заметку со словами покаяния в стенгазету.

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



# Altium Designer: преимущества и недостатки организации библиотеки в виде базы данных

Алексей Сабунин (Москва)

При соответствующем подходе к организации библиотек компонентов в рамках крупных предприятий можно решить множество насущных проблем именно на стадии создания базы данных, если учесть все необходимые аспекты, о которых рассказывается в статье.

## ВВЕДЕНИЕ

В отличие от аналогичных систем проектирования, программа Altium Designer позволяет организовать библиотеки как минимум тремя различными способами. Поэтому первый вопрос, который задают специалисты на предприятиях при внедрении Altium Designer: как правильно организовать библиотеки? Безусловно, каждый из предлагаемых вариантов имеет преимущества и недостатки. В рамках крупных предприятий оптимальным решением является организация библиотек в виде базы данных (БД), но даже при таком подходе остаются открытыми некоторые вопросы реализации такой базы.

В данной статье мы не будем затрагивать создание библиотеки в виде БД, поскольку это описано в статье [3] и в оригинальной документации [4]. Во-первых, мы проведём сравнительный анализ различных способов организации библиотек в Altium Designer, чтобы ответить на вопрос: какой метод использовать на предприятии? Во-вторых, рассмотрим возможные проблемы при создании библиотеки в виде БД, на которые следует обратить первоочередное внимание на начальных этапах такой работы.

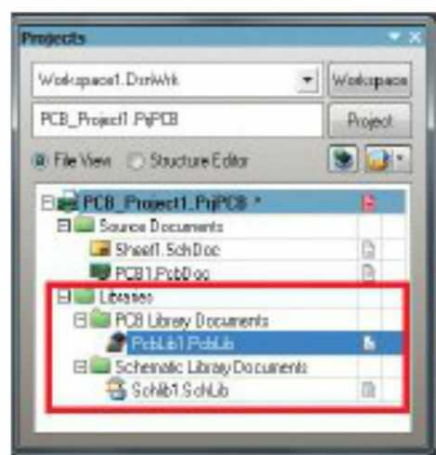


Рис. 1. Библиотеки проекта

## СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ БИБЛИОТЕК

Как было сказано ранее [1], библиотеки можно организовать в Altium Designer как минимум тремя способами, к которым сегодня можно добавить четвёртый способ – Vault.

Первый способ – *библиотеки проекта*. В данном случае условные графические обозначения (символы) хранятся в библиотеках \*.SchLib, а посадочные места (footprint) – в библиотеке \*.PcbLib (см. рис. 1). При этом схема строится из символов, к ним вручную привязывается посадочное место (это может быть сделано чуть раньше, в библиотеке символов), после чего схема передаётся в редактор плат. Поэтому библиотека создаётся индивидуально для каждого проекта и состоит из двух файлов. Всю ответственность несёт разработчик проекта, что практически неосуществимо на больших предприятиях. Такой подход можно использовать в том случае, если весь проект ведёт один разработчик или – как временное решение – когда существует централизованная база данных, но в ней отсутствует требуемый компонент.

Второй способ – *интегрированные библиотеки*. Для создания такой библиотеки необходим отдельный проект, т.н. проект библиотеки \*.LibPkg (см. рис. 2). Внутри этого проекта хранятся библиотеки с символами, посадочными местами и файлы других моделей (Spice, IBIS). Каждому компоненту (символу, т.к. каждый объект библиотеки символов есть компонент) можно сопоставить посадочное место, модель и добавить набор параметров, отражающих его характеристики. При использовании такого метода останется лишь расставить компоненты по схеме, соединить их, и можно передавать проект в редактор плат. Облегчается генерация BOM (перечня элементов),

спецификации и других сопутствующих документов. У интегрированной библиотеки есть определённые преимущества:

- компактность. В итоге у пользователя будет один файл (\*.IntLib), внутри которого будут храниться все используемые символы и посадочные места. При необходимости переноса такой библиотеки с одного компьютера на другой достаточно передать один файл;
- архивация. При создании файла интегрированной библиотеки происходит упаковка проекта библиотеки, и размер файла уменьшается в несколько раз по отношению к содержимому проекта;
- простота. Такой метод наиболее близок тем пользователям, которые работали с программой P-CAD, где всё содержимое библиотеки хранилось в едином файле (\*.lib).

Главный недостаток заключается в том, что символ и компонент в интегрированной библиотеке – это единая сущность, т.е. у каждого компонента свой символ и свой набор атрибутов. Исходя из этого, существенно увеличивается объём библиотеки и отсутствует необходимая гибкость в её использовании. Например, если в базе хранится 1000 резисторов, это означает хранение такого же количества одинаковых символов, и при необходимости внесения изменения в графику символа необходимо будет выполнить одинаковую процедуру с каждым компонентом.

Тем не менее, такой способ организации библиотек на данный момент является самым распространённым на предприятиях, которые внедряют Altium Designer.

Третий способ – *библиотека в виде базы данных*. При такой организации основную часть библиотеки представляет БД, в которой содержатся записи о компонентах, где для каждой записи указан применяемый символ, посадочное место и другие модели, а также набор атрибутов (см. рис. 3). Составные части компонента хранятся отдельно, при этом желательно разделить их на отдельные каталоги



(символы, посадочные места, модели и т.д.).

Библиотека в виде базы данных может быть в двух форматах – Database Library и SVN Database Library, которые отличаются только способом хранения символов и посадочных мест. В первом случае все символы хранятся в одной библиотеке, а все посадочные места – в другой. Во втором случае для каждого символа и посадочного места создаётся индивидуальная библиотека. Такой подход обеспечивает организацию контроля версий: изменился файл библиотеки, значит, изменился символ или посадочное место, которое хранится в данном файле. Контроль версий влечёт за собой хранение библиотек на сервере с сохранением записей о всех манипуляциях с компонентами.

Использование БД в качестве основы библиотеки Altium Designer даёт пользователю целый ряд преимуществ. Главное из них заключается в том, что в библиотеках \*.SchLib теперь хранятся именно символы, которые могут быть многократно использованы в различных компонентах. Компонент создаётся на стадии добавления записи в

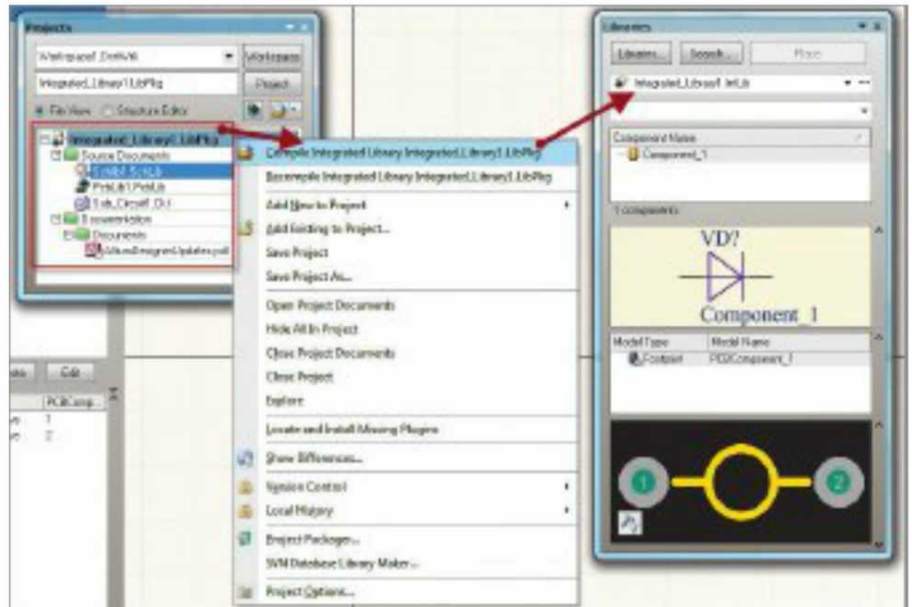


Рис. 2. Создание интегрированной библиотеки

таблицу БД, где путём копирования записей можно достаточно быстро увеличивать объём базы. Кроме того, появляется возможность интегрировать БД в систему складского и бухгалтерского учёта или с PDM-системами.

В качестве недостатка можно отметить увеличение трудоёмкости создания библиотеки. Для ведения БД необ-

ходимо выделять отдельного, «специально обученного» человека, который будет нести за неё ответственность. Ещё один недостаток БД – в ней нельзя заполнить таблицу соответствия выводов символа и посадочного места (как в P-CAD > Library Executive), такое соответствие определяется автоматически по ранее заданным позиционным



**Внедрение САПР - дело непростое.**  
 Хотите купить не просто диск, а сразу получить систему,  
 готовую к эффективному использованию?

# Altium Designer

от НПП «Родник»:  
**все включено!**



- Altium Designer
- Комплект библиотек
- Техническая поддержка
  - Обучение
  - Внедрение на предприятии





Тел.: +7 (499) 613-7001, [www.rodnik.ru](http://www.rodnik.ru)

Реклама



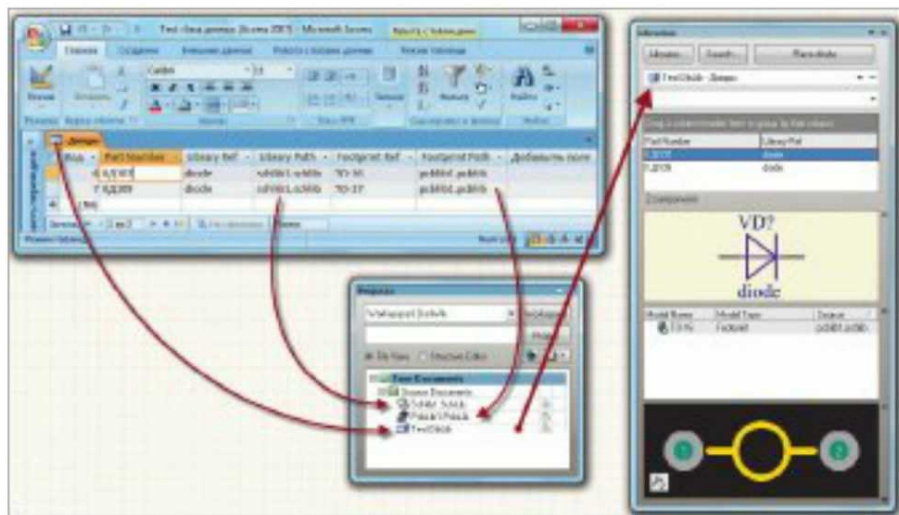


Рис. 3. Библиотека в виде базы данных

обозначениям (Designator) выводов. Это особенно непривычно для тех пользователей, которые работали в программе P-CAD, но такой подход фактически является стандартом во всех «серьёзных» САПР (Allegro, OrCAD, Expedition).

### СТРУКТУРА БД

Итак, мы пришли к выводу, что на больших предприятиях библиотеку электрорадиоизделий для Altium Designer лучше вести в виде базы данных, чтобы обеспечить максимальную применимость одинаковых объектов (символов и посадочных мест) и возможность синхронизации с другими БД (PDM, склад и др.). Преимущества такого подхода очевидны, но чтобы их максимально использовать, необходимо правильно организовать БД. Прежде чем это сделать, необходимо ответить на два вопроса: во-первых, сколько таблиц будет иметь база данных и, во-вторых, сколько атрибутов будет содержать каждая таблица базы данных? От того, насколько грамотно будут проработаны эти вопросы, в конечном итоге будет зависеть удобство использования и гибкость библиотеки. Перед этим предстоит выбрать СУБД, на основе которой всё это будет реализовано.

При создании файла \*.DBLib, который является интерфейсом между Altium Designer и внешней БД, предлагается использовать в качестве основы базу в формате MS Access или MS Excel. Эти системы хорошо известны большинству пользователей и удобны при освоении работы с библиотеками в виде БД в программе Altium Designer. Но обе эти программы имеют проблемы с многопользовательским доступом и

некоторые другие нюансы, которые не позволяют применять их в промышленных масштабах. Поэтому на предприятиях для реализации БД используют более мощные СУБД, а в Altium Designer при желании можно подключить практически любую БД через драйвер ODBC, например, MS SQL Server или даже текстовые файлы в формате CSV (см. рис. 4).

Сколько должно быть таблиц в БД и какие поля должна иметь каждая таблица? На самом деле эти вопросы во многом взаимосвязаны. Так, например, отвечая на вопрос о том, сколько таблиц должна содержать база данных, необходимо определить задачи деления БД на таблицы. Можно создать одну таблицу, «слить» в неё все разнородные компоненты и, используя запросы, извлекать нужные компоненты. Кстати, на многих предприятиях так и делают, несмотря на то что при этом существенно возрастает трудоёмкость работы с базой через СУБД.

Следует отметить, что такие предприятия чаще всего не используют инструменты СУБД для наполнения базы, а создают для этого пользовательские программы. Предполагается, что разделение на таблицы необходимо для того, чтобы компоненты, содержащие разный набор атрибутов, оказались в разных таблицах, что упростило бы работу с ними. Можно сделать одну таблицу и всем компонентам задать одинаковый список атрибутов (если ограничиться неким минимумом атрибутов), либо разделить компоненты по семействам с разными атрибутами и хранить их в различных таблицах.

Следствием разделения базы на таблицы по типам компонентов будет (точнее, может быть) разделение сим-

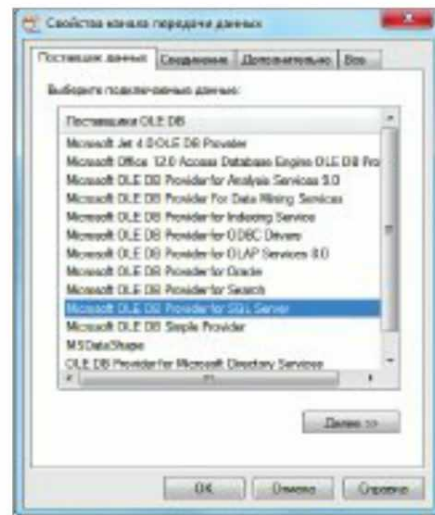


Рис. 4. Подключение к базе данных

волов, посадочных мест и моделей по разным библиотекам, что довольно удобно для работы. На практике компоненты обычно делят на таблицы по указанному ниже принципу.

По разделам:

- Resistors (резисторы);
- Capacitors (конденсаторы);
- Inductors (катушки индуктивности и трансформаторы);
- Integrated circuits (микросхемы);
- Semiconductors (полупроводниковые приборы);
- Connectors (разъёмы, соединители);
- Miscellaneous (прочее: реле, ключи и т.д.).

По производителю:

- отечественные;
- импортные (по фирме-производителю).

Очевидно, такое разделение не претендует на полноту и оригинальность, но является вполне рабочим и используется почти повсеместно. При таком подходе БД будет содержать отдельные таблицы для отечественных и импортных резисторов (резисторы всех импортных производителей в одной таблице, т.к. они привязаны к единым символам и посадочным местам). Отечественные микросхемы сводятся в единую таблицу, а импортные делятся по таблицам, в зависимости от производителя. Это связано с тем, что у разных производителей по-разному именуются посадочные места в документации (рекомендуется придерживаться этих наименований) и, к тому же, компоненты каждого производителя будут в большей степени содержать уникальный набор символов. Пример такой организации можно найти в документе «Комплект библиотек для Altium Designer» [5].



## ПАРАМЕТРЫ КОМПОНЕНТОВ БД

В каждой из таблиц БД будут содержаться параметры компонента, которые можно разделить на три группы: идентификатор, зарезервированные (системные) параметры и параметры общего назначения (пользовательские).

Идентификатор – это одно (простой идентификатор) или несколько полей (сложный идентификатор), по которым Altium находит и идентифицирует компонент. Идентификатор компонента определяется в файле DbLib (см. рис. 5), где:

- Single key lookup – простой идентификатор;
- Where – сложный идентификатор.

Следует отметить, что со сложными идентификаторами Altium работает неустойчиво, и поэтому использовать их не рекомендуется. Идентификатор компонента является обязательным, и он должен быть уникальным. Самое простое решение – автоинкрементируемое числовое поле (индекс), которое всегда является уникальным и не требует определения при добавлении нового компонента. Недостаток такого подхода заключается в том, что индексы не содержат в себе никакой информации о самом компоненте.

Более удачным решением является идентификация компонента по сочетанию двух параметров – «наименование производителя» и «наименование компонента» для импортных компонентов, и запись по ТУ для отечественных. По сути это формат записи компонента в спецификации. Можно сделать «автособираемый» атрибут из некоторого числа параметров компонента, но, как упоминалось выше, со сложными идентификаторами Altium работает некорректно. Проблема была решена вводом в таблицу уникального поля Part Number, которое хранит в себе запись для спецификации. Это поле заполняется пользователем и используется как идентификатор компонента в базе.

Зарезервированные параметры – это параметры, при нахождении которых Altium заполняет форму свойств компонента, например, символ, посадочное место, модель, тип и т.д. Эти параметры показаны на рисунке 6 (1, 2). Полный список зарезервированных параметров можно найти в оригинальной документации [4]. Обязательными среди них является только Library Ref – название символа УГО – и Library Path –



Рис. 5. Определение идентификатора компонента

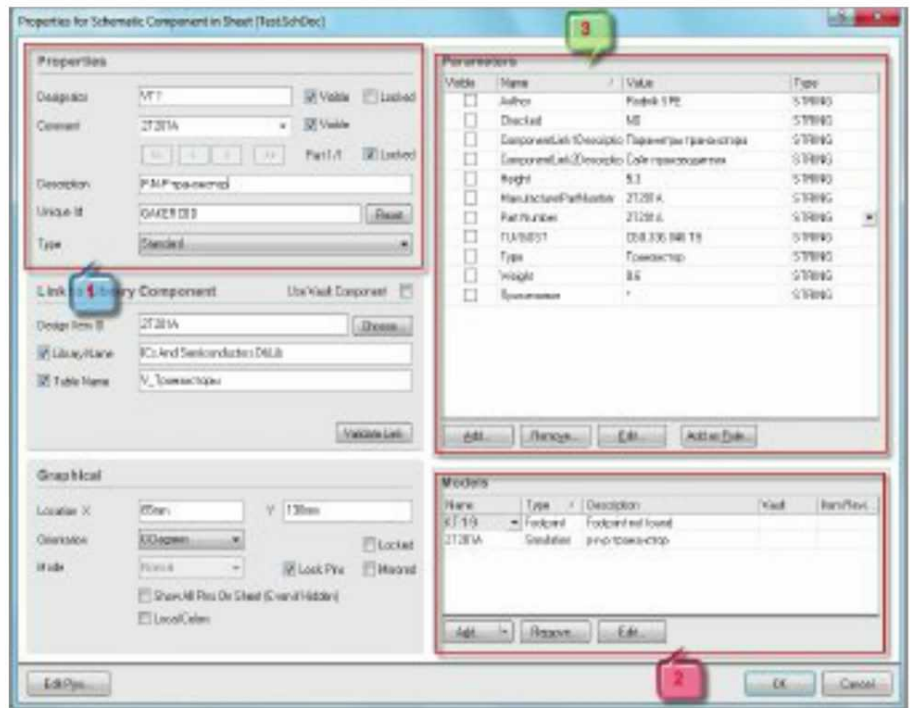


Рис. 6. Параметры компонента

местоположение символа. Остальные зарезервированные параметры добавляются по мере необходимости.

Перечень пользовательских параметров (3, см. рис. 6) определяется на каждом предприятии индивидуально, но в последнее время практически все приходят к одинаковому набору.

Этот набор параметров должен обеспечить решение двух задач: 1) формирование запроса на поиск компонента в базе данных и 2) оформление текстовой конструкторской документации (спецификации, перечня и др.). Рекомендуется брать за основу карточку компонентов ведущих мировых поставщиков, например, Digi-Key (<http://www.digikey.com>), у которого в БД хранится наиболее подробное описание компонентов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При правильном подходе к организации библиотек в рамках крупных предприятий можно решить множество насущных проблем именно на стадии создания базы данных, если учесть все необходимые аспекты, которые были рассмотрены выше. Маршрут разработки базы библиотек компонентов необходимо рассматривать как

самостоятельный процесс, и ему надо уделять большее внимание, чем процессу разработки схем или печатных плат. В Altium Designer библиотеки следует вести именно в формате базы данных, работу с которыми поддерживают и другие известные САПР (OrCAD, Allegro, Expedition). При необходимости использования этих систем, изменения затронут лишь символ и посадочное место, которые следует создать в формате данной САПР, а сама БД останется неизменной.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сабунин А.Е. Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных устройств. Солон-Пресс, 2009.
2. Сабунин А.Е. Altium Designer Summer 08 – разработка библиотек и моделей компонентов. Современная электроника. 2008. № 6.
3. Пранович В. Altium Designer 7. Создание библиотеки на основе базы данных. Технологии в электронной промышленности. 2008. № 5.
4. <http://www.altium.com/files/Altiumdesigner6/LearningGuides/AP0133.UsingComponentsDirectlyfromYourCompanyDatabase.pdf>.
5. <http://www.rodnik.ru/AltiumLibrary>.



# Расчёт параметров чувствительного элемента волоконно-оптического сигнализатора уровня жидкости

Инна Назарова, Дмитрий Серебряков, Кирилл Серебряков, Елена Бадеева, Татьяна Мурашкина (г. Пенза)

В статье описана методика расчёта конструктивных параметров оптического чувствительного элемента, оптимальные значения которых позволяют достичь более высоких метрологических характеристик волоконно-оптического сигнализатора уровня жидкости. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в форме гранта.

В работе [1] предложен волоконно-оптический сигнализатор уровня жидкости (ВОСУЖ), в состав которого входит оптический чувствительный элемент (ОЧЭ) в виде стержня с шаровым сегментом из оптически прозрачного материала, для которого выполняется

условие  $n_0 < n_{\text{ж}} < n_1$ , где  $n_0, n_{\text{ж}}, n_1$  – показатели преломления воздуха, жидкости и стержня соответственно, а отношение  $d_o/d_c = 1,5$ , где  $d_o$  – диаметр оболочки оптического волокна (ОВ),  $d_c$  – диаметр сердцевины ОВ. ВОСУЖ предназначен для контроля наличия в зоне установки сигнализатора прозрачной для инфракрасного излучения искро-, взрыво- и пожароопасных жидкостей с коэффициентом преломления  $n > 1,25$ . Модуляция оптического сигнала осуществляется в прозрачном стержне за счёт выполнения и нарушения условия полного внутреннего отражения.

Такие ВОСУЖ, работающие в релейном режиме, целесообразно применять при решении задач, не требующих измерения текущего уровня жидкости. Его выходной сигнал воспринимается последующей системой обработки измерительной информации как «0» или «1», в зависимости от того, погружен ли ОЧЭ в жидкость или находится над ней. Возможность чётко различать эти два состояния определяется, главным образом, отношением выходных сиг-

налов ОЧЭ в погружённом и не погружённом состояниях. Поэтому задача повышения чувствительности к управляющему сигналу является актуальной. Сигнализатор содержит последовательно установленные и оптически согласованные источник излучения 1, например светодиод, подводящее 2 (ПОВ) и отводящее 3 (ООВ) оптические волокна, ОЧЭ 4, закреплённые в корпусе 5, состоящем из двух частей 6 и 7, приёмник излучения 8, например фотодиод (см. рис. 1).

При изготовлении ОЧЭ необходимо выбрать оптимальные размеры его конструктивных параметров, обеспечивающие требуемые метрологические характеристики ВОСУЖ. Эти параметры должны обеспечивать максимальный перепад оптического сигнала и минимальные потери светового потока в зоне измерения, а также попадание лучей от подводящего волокна в отводящее волокно при отсутствии контакта стержня с жидкостью.

На рисунке 2 показан ход лучей в ОЧЭ. В работе [1] предложено длину стержня  $L$  определять с помощью выражения:

$$|Q| = \frac{-R \cos(90 - \alpha) \sqrt{\lg^2 \arcsin\left(\frac{\sin \Theta_{NA} R_0}{n_1}\right) - 1} + \frac{d_c}{2}}{\lg \arcsin\left(\frac{\sin \Theta_{NA} R_0}{n_1}\right)}, \quad (1)$$

где  $\Theta_{NA}$  – апертурный угол оптического волокна,  $R$  – радиус шарового сегмента ОЧЭ,  $d_o \leq R \leq 1,5d_o$ ,  $\alpha$  – угол отра-

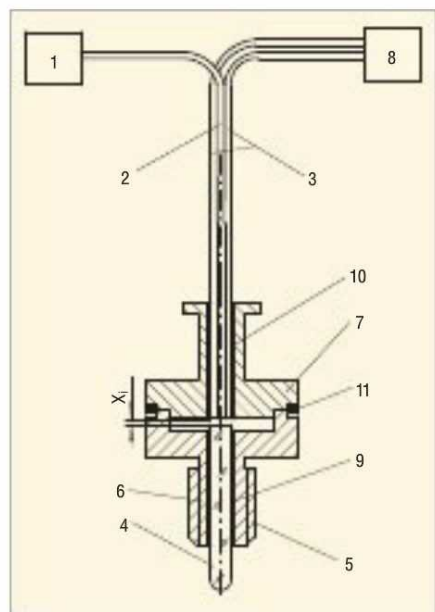


Рис. 1. Конструкция ВОСУЖ

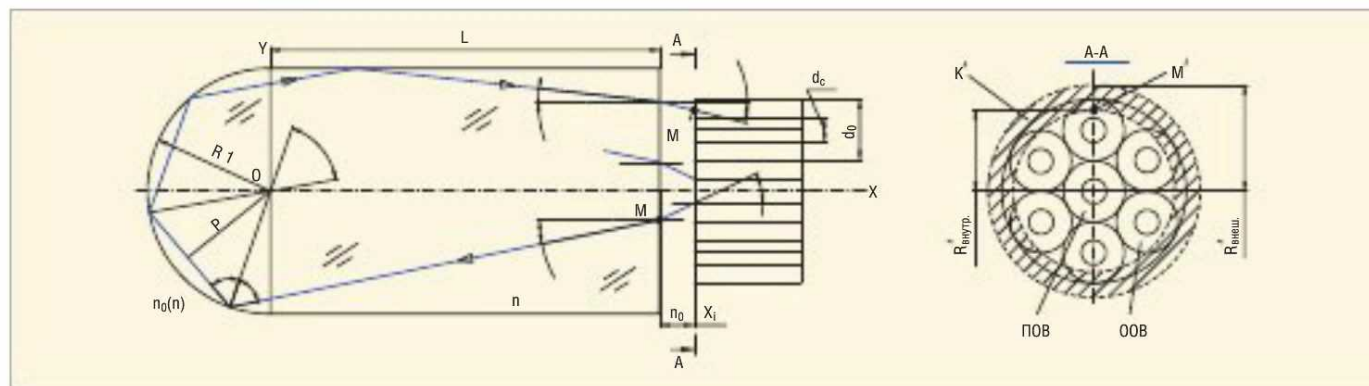


Рис. 2. Ход лучей в оптическом чувствительном элементе



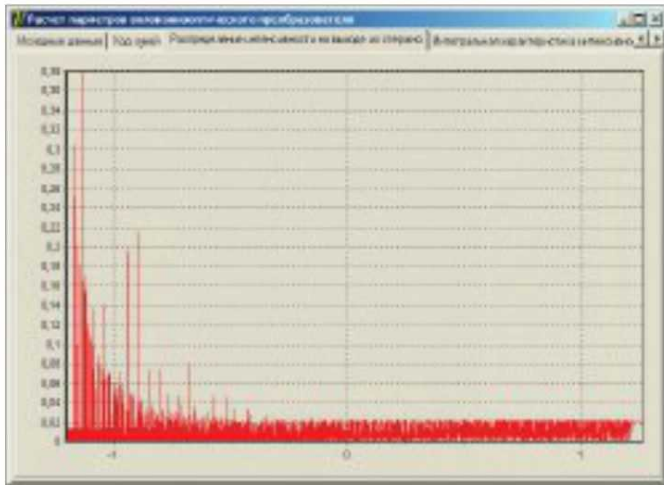


Рис. 3. Распределение интенсивности на выходе из стержня при контакте ОЧЭ с жидкостью

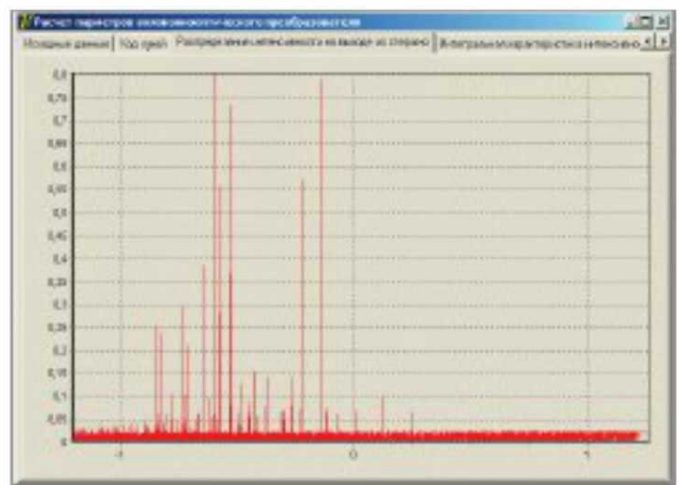


Рис. 4. Распределение интенсивности на выходе из ОЧЭ при контакте с воздухом

жения от шарового сегмента, определяемый выражением  $\arcsin n_0/n_{\text{ж}} < \alpha < \arcsin n_{\text{ж}}/n_1$ , а отношение  $L/R$  должно отвечать условию:

$$3,15 \leq L/R \leq 3,25 \vee 3,42 \leq L/R \leq 3,60 \vee 3,63 \leq L/R \leq 3,75 \vee 3,90 \leq L/R \leq 4,0. (2)$$

Для выбора оптимальных значений параметров  $L$  и  $R$  необходимо найти распределение интегральной интенсивности по длине ОЧЭ и по его радиусу в заданных пределах и определить участки, на которых искомые параметры будут максимальными. Математическое моделирование проводилось для двух случаев: контакта ОЧЭ с жидкостью (см. рис. 3) и с воздухом (см. рис. 4).

Проведённые расчёты показали, что максимальный перепад сигнала будет обеспечен, если световой поток преломляется от шарового сегмента под углом  $\alpha$ , равным:

$$45^\circ < \alpha < 46^\circ 23' \vee 49^\circ 5' < \alpha < 52^\circ 10' \vee 52^\circ 38' < \alpha < 54^\circ 45' \vee 57^\circ 15' < \alpha < 60^\circ. (3)$$

При отсутствии контакта шарового сегмента с жидкостью при падении луча под углом  $\alpha$  на шаровой сегмент происходит полное внутреннее отражение, и луч отражается от шарового сегмента под углом:

$$\sin \alpha_{\text{отр}} = \frac{\sin \alpha n_1}{n_0},$$

где  $\alpha_{\text{отр}}$  – угол отражения от шарового сегмента.

При контакте шарового сегмента с жидкостью происходит нарушение условия полного внутреннего отражения, и часть светового потока выходит из стержня под углом:

$$\sin \alpha_{\text{вых}} = \frac{\sin \alpha n_1}{n_{\text{в.ср}}},$$

где  $n_{\text{в.ср}} > 1,25$  – коэффициент преломления жидкости;  $\alpha_{\text{вых}}$  – угол преломления.

Определено, что максимум интегральной интенсивности по длине ОЧЭ достигается при  $L = 4$  мм, составляя 11% от входного сигнала; максимум интегральной интенсивности по радиусу ОЧЭ достигается при  $R_1$ , находящемся в диапазоне 0,9...0,95 мм.

Эти значения конструктивных параметров  $L$ ,  $R$  чувствительного элемента обеспечивают не только максимальный перепад сигнала, но и минимальные информативные потери в зоне измерения за счёт обеспечения одного и того же значения угла падения  $\alpha$  на шаровой сегмент чувствительного элемента для

всех лучей, распространяющихся в пределах угловой апертуры подводящего оптического волокна, и попадания этих лучей в отводящие оптические волокна.

В предлагаемой конструкции чувствительного элемента волоконно-оптического сигнализатора уровня жидкости исключены сложные технологические операции по получению поверхности чувствительного элемента. Конструкция обладает повышенной искровзрывобезопасностью и не требует сложных технологических и измерительных операций при изготовлении.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ № 2297602, Волоконно-оптический сигнализатор уровня жидкости. МПК6 G01 F 23/22, Д.И. Серебряков, Т.И. Мурашкина. Опубл. 20.04.2007, Бюл. № 11.

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

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

Реклама

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



# Agilent Genesys – недорогое и высокопроизводительное решение для моделирования ВЧ- и СВЧ-схем

Хау-Сянг Яп

Genesys представляет собой недорогую и высокопроизводительную систему автоматизированного проектирования компании Agilent Technologies, ориентированную на ВЧ- и СВЧ-устройства и системы, собранные на печатных платах. В отличие от других средств моделирования, которые просто анализируют схему, САПР Genesys уникальна тем, что автоматически синтезирует 11 категорий цепей, включая фильтры с сосредоточенными и распределёнными параметрами и согласующие цепи. Функции синтеза цепей сокращают время разработки с часов до минут, практически на порядок повышая производительность проектирования.

Кроме самого широкого в отрасли набора функций синтеза (рис. 1), Genesys предлагает разработчикам ВЧ- и СВЧ-устройств и систем тесно интегрированную, простую в обращении среду проектирования для ОС Windows. Эта среда позволяет импортировать/экспортировать схемы ВЧ- и СВЧ-устройств и систем для моделирования и документирования, редактировать топологию с интерактивным трёхмерным представлением и отображать результаты измерений и моделирования с интерактивными маркерами и возможностью настройки. Кроме того, САПР включает линейный симулятор в частотной области, работающий с S-параметрами и линейными цепями, нелинейный симулятор гармонического баланса в частотной области для нелинейных цепей в установленном режиме и нелинейный

симулятор во временной области для моделирования переходных процессов в нелинейных цепях. Другие возможности включают:

- симулятор ВЧ-систем и планировщик частот WhatIf;
- планарный 2,5D-электромагнитный симулятор (метод моментов) для анализа топологии и планарных антенн;
- прямую связь с программами Agilent EMPro, выполняющими 3D-электромагнитное моделирование с применением метода конечных элементов и метода конечных разностей во временной области;
- оптимизатор для обеспечения наилучших характеристик разрабатываемого устройства;
- статистический эмулятор параметров – анализ выхода годных, позволяющий прогнозировать влияние

разброса параметров компонентов на выход годной продукции;

- поддержку уравнений на языке Matlab при помощи средств Mathlang;
- интерфейс для связи более чем со 140 измерительными приборами, который можно использовать для импорта результатов измерений и экспорта результатов моделирования;
- составление отчётов для автоматического обновления проектной документации.

## Высокая производительность по низкой цене

Стоимость САПР Genesys на удивление невысока и составляет примерно 30% от стоимости ближайших аналогов, хотя Genesys предлагает при этом больше возможностей. САПР Genesys специально ориентирована на быструю разработку плат ВЧ- и СВЧ-устройств и предназначена для малых компаний и индивидуальных разработчиков, которые имеют ограниченный бюджет, но не могут жертвовать производительностью или точностью моделирования. Благодаря низкой цене и высокой производительности, САПР Genesys завоевала признание уже более 5000 пользователей во всём мире.

## Уникальные функции синтеза цепей, охватывающие широкий диапазон промышленных приложений

Синтез цепей представляет собой мощное средство, сокращающее долгие часы утомительной работы до нескольких минут. Даже у опытных разработчиков широкополосных согласующих цепей или специальных фильтров уходит на выполнение такой работы не менее, чем полдня. Функция синтеза цепей САПР Genesys позволяет просто ввести нужные характеристики согласующей цепи или фильтра (на что уходит всего несколько секунд), и нужная цепь автомати-

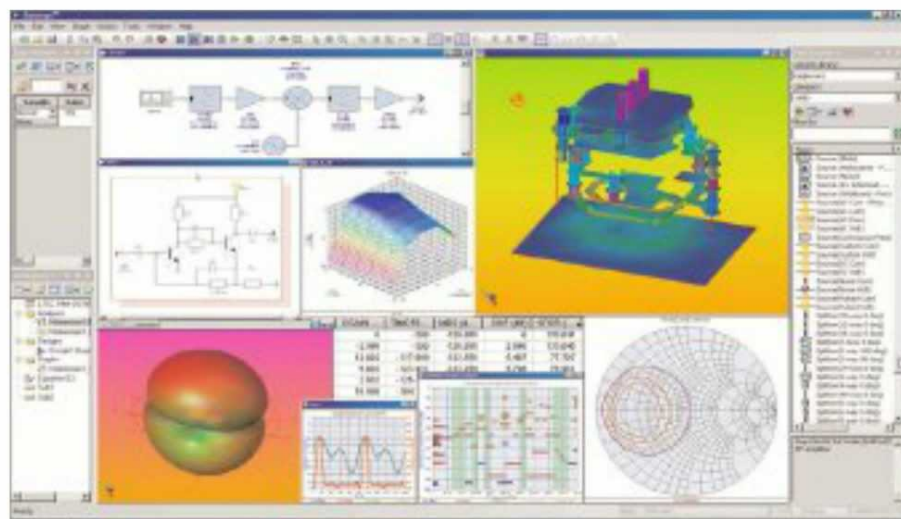


Рис. 1. САПР ВЧ- и СВЧ-схем Agilent Genesys



чески генерируется в электрической схеме и в топологии печатной платы (рис. 2). Такое сокращение времени работы с часов до секунд повышает производительность труда как минимум в 10 раз. Кроме того, можно дополнительно оптимизировать характеристики цепи или проанализировать её структуру с помощью встроенного электромагнитного симулятора Momentum. Применение этого инструмента позволяет гарантировать точность характеристик ещё до изготовления устройства.

САПР Genesys поставляется с одиннадцатью функциями синтеза, включая синтез классических фильтров с сосредоточенными параметрами (например, фильтров Чебышева, Баттерворта, Бесселя и эллиптических фильтров) и синтез узкополосных или широкополосных согласующих цепей с сосредоточенными и распределёнными параметрами для сложных частотно-зависимых нагрузок. Кроме того, Genesys предлагает функцию «М/фильтр» для синтеза СВЧ-фильтров с распределёнными параметрами (более 60 топологий) и функцию «S/фильтр». Функция синтеза «М/фильтр» автоматически создаёт топологию для последующего ЭМ-анализа в интегрированном симуляторе Momentum и включает возможность синтеза полосковых резонаторных фильтров. Функция синтеза «S/фильтр» использует расширенный прямой синтез и технологию трансформации цепи для создания специальных фильтров, таких как режекторные или симметричные фильтры, без заранее определённой схемы. Для упрощения аппаратной реализации эта функция предоставляет выбор из всех возможных альтернативных схем.

Кроме того, Genesys предлагает расширенные функции синтеза 13 типов линий передачи с преобразованием сосредоточенных/распределённых параметров и автоматической вставкой разрывов. Эти функции синтеза конвертируют идеальные линии передачи в реальные физические, такие как микрополосковые или полосковые линии, позволяя инженеру выбирать нужную подложку. Кроме того, САПР Genesys позволяет синтезировать активные фильтры, аналоговые эквалайзеры, генераторы, аналоговые системы ФАПЧ, схемы управления сигналами и смесители.

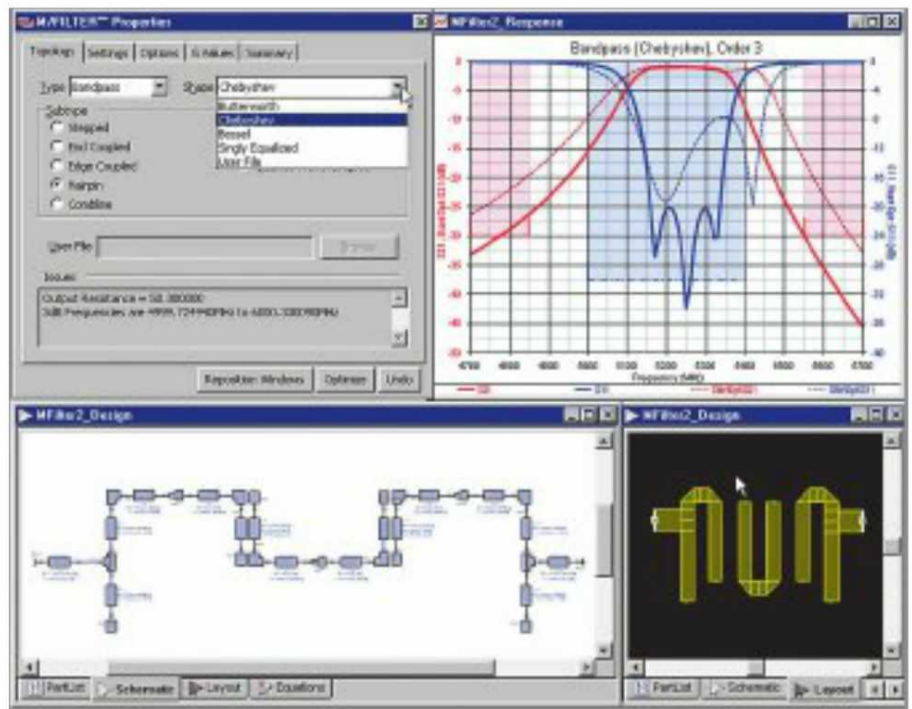


Рис. 2. Синтез СВЧ-фильтра в САПР Agilent Genesys

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЧ-/СВЧ-СХЕМ

САПР Genesys поставляется с тремя мощными схемотехническими симуляторами для специальных приложений. Линейный симулятор предназначен для быстрого линейного моделирования, ручной подстройки и оптимизации линейных цепей с использованием S-параметров. Его можно представить как находящийся внутри ПК удобный виртуальный анализатор цепей, который помогает инженерам быстро проектировать и анализировать линейные схемы.

Нелинейный симулятор установленного режима, использующий технологию гармонического баланса и работающий в частотной области, предназначен для анализа спектральных компонентов сигнала в каждом узле цепи. Его можно использовать для анализа и оптимизации кривых сжатия динамического диапазона усилителей, фазового шума задающих генераторов и коэффициентов преобразования смесителей. Его можно представить как виртуальный анализатор спектра, позволяющий отображать спектр фазы и амплитуды.

И, наконец, нелинейный симулятор переходных процессов, использующий метод свёртки во временной области и работающий с частотно-зависимыми моделями, например, на основе S-параметров, не поддерживаемыми традиционными системами SPICE. Его можно использовать

для анализа переходных процессов в схемах, например, поведения генератора в процессе запуска, анализа импульсных характеристик усилителей и смесителей и т.п. Его можно представить как виртуальный СВЧ-осциллограф.

## СОЗДАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ВЧ-СИСТЕМ И ПЛАНИРОВАНИЕ ЧАСТОТ, СВОБОДНЫХ ОТ ИНТЕРМОДУЛЯЦИОННЫХ ИСКАЖЕНИЙ

Как правило, разработка ВЧ-устройств начинается с анализа блок-диаграммы. Она помогает разработчикам определить характеристики, которые они хотят получить, одновременно позволяя системным инженерам визуализировать наиболее эффективную и недорогую реализацию. После этого системный инженер с помощью электронных таблиц выполняет примерную оценку запаса по усилению и шуму в условиях недостатка информации об интермодуляционных составляющих, которые могут генерировать нелинейные усилители, смесители и генераторы.

Симулятор архитектуры ВЧ-систем Genesys Spectrasys позволяет преодолеть эту неопределённость, которая может приводить к дорогостоящим аппаратным ошибкам (рис. 3). Это достигается путём моделирования блок-схемы устройства с учётом рас- согласования импедансов и паразитных нелинейных сигналов, которые



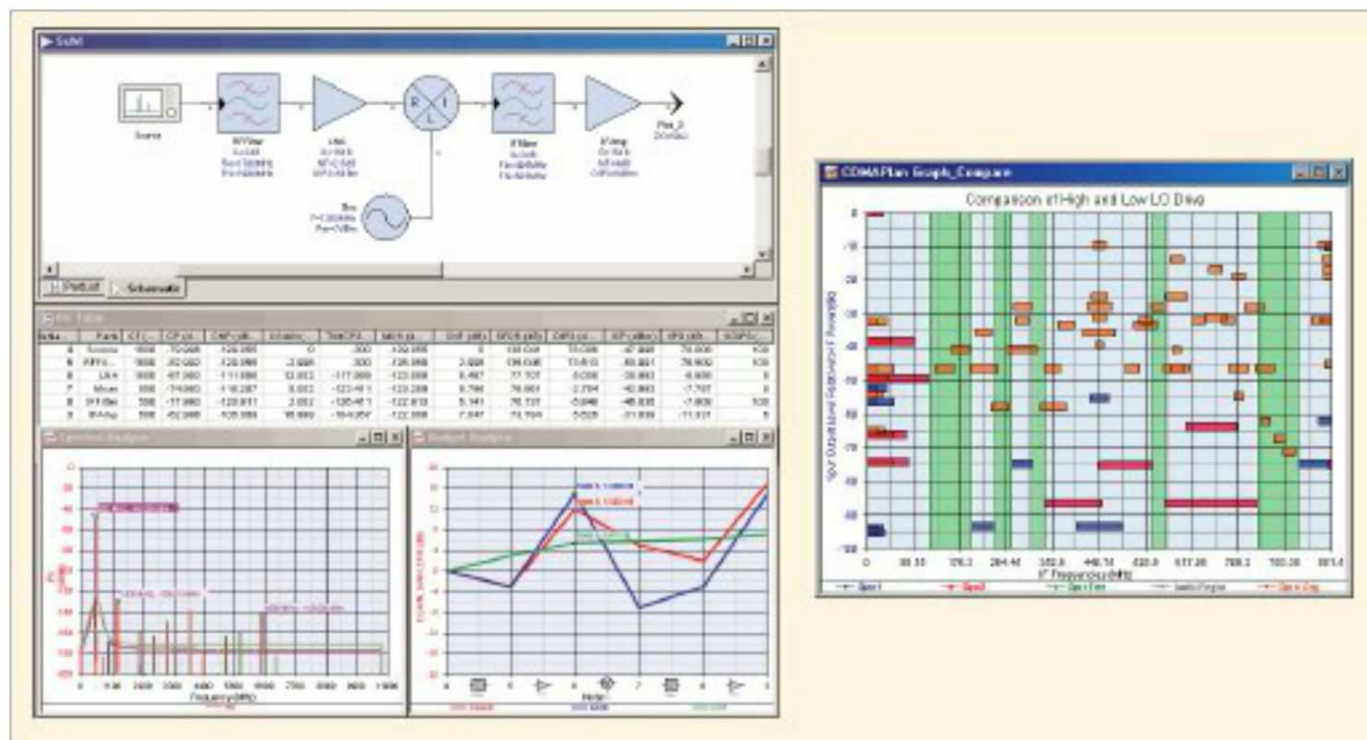


Рис. 3. Spectrasys моделирует и отображает блок-диаграмму системы и использует уникальные функции диагностики неисправностей, позволяющие инженеру быстро выявлять и устранять источники паразитных сигналов

могут распространяться в системе. Уникальные средства диагностики Spectrasys позволяют выявлять исходные причины возникновения паразитных сигналов в любом узле системы. Разработчик просто наводит курсор на мешающий паразитный сигнал на диаграмме спектра и может выявить источник помехи и устранить его.

Выбор оптимальных промежуточных частот для исключения паразитных сигналов в коммуникационной системе выполняется быстро и просто с помощью симулятора планирования частоты Genesys WhatIF. Он в графической форме представляет все интермодуляционные составляющие и их амплитуды на интуитивно понятной диаграмме спектра, отображая незанятые полосы частот зелёным цветом, что упрощает планирование системных частот. Это позволяет исключить утомительную ручную проверку таблиц интермодуляционного смещения.

### СОВМЕСТНОЕ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОЕ И СИСТЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

В системный симулятор Spectrasys можно вставлять блоки на уровне схем,

что упрощает проверку интеграции разрабатываемых устройств ещё до аппаратной реализации. Для совместного схемотехнического и системного моделирования с целью полной проверки системы до изготовления или поставки дорогостоящего оборудования, могут использоваться новейшие нелинейные модели на основе X-параметров\*, создаваемые с помощью нелинейного векторного анализатора цепей (NVNA) или в САПР ADS.

### СОВМЕСТНОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ И СХЕМОТЕХНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

В состав Genesys входит тесно интегрированный 3D-планарный симулятор Momentum GXF, который без труда выполняет совместное моделирование с симуляторами линейных и нелинейных цепей. Это позволяет выполнять интегральный анализ распределённых ВЧ-/СВЧ-топологий наряду со связанными компонентами с сосредоточенными параметрами, такими как бескорпусные конденсаторы, резисторы или транзисторы, без неудобств и ошибок, обусловленных ручным совмещением электромагнитной и схемотехнической моделей.

### ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Планарное электромагнитное моделирование полезно для учёта эффектов взаимовлияния ВЧ-/СВЧ-элементов топологии и для анализа излучения планарных антенн или фазированных антенных решёток. Входящее в состав Genesys приложение Momentum GXF представляет собой самый надёжный и гибкий 3D-планарный электромагнитный симулятор, вобравший в себя более 20 лет опыта разработки (рис. 4). Он предлагает уникальную прямоугольную сетку и технологию исправления импортированных структур, которые обеспечивают высокую производительность и надёжную сходимость для любой топологии. Кроме получения S-параметров любой планарной структуры, инженеры могут также просматривать анимированные представления поверхностных токов, что позволяет выявлять паразитные связи, отражения и резонансы. Кроме того, с помощью интерактивного средства объёмного просмотра можно рассматривать диаграммы направленности антенн в дальней зоне под любым углом.

Если вы имеете дело с произвольными непланарными 3D-электромагнит-

\*X-parameters является товарным знаком компании Agilent Technologies. Формат X-параметров и лежащие в их основе уравнения открыты и документированы. Более подробную информацию можно найти на странице [www.agilent.com/find/eesof-x-parameters-info](http://www.agilent.com/find/eesof-x-parameters-info)



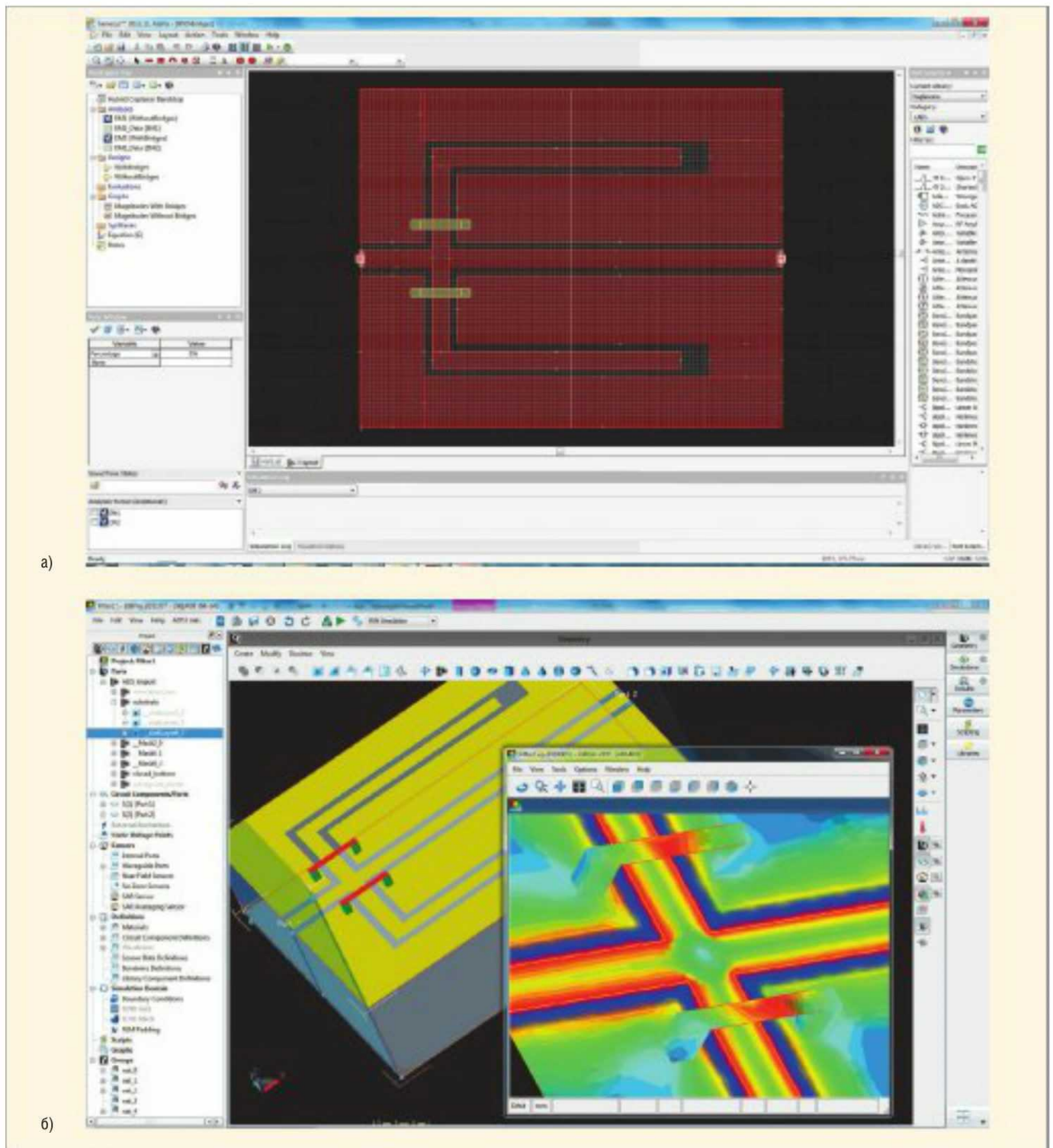


Рис. 4. Топологию Genesys (а) можно одним щелчком мыши экспортировать в Agilent EMPro (б) для полного 3D ЭМ-моделирования

ными эффектами для таких элементов, как экраны или интегрированные схемы с волноводами, то для полноты анализа вам понадобится полный 3D-электромагнитный симулятор, такой как Agilent EMPro. Одним щелчком мыши Genesys экспортирует свою планарную ВЧ-/СВЧ-топологию, вместе с портами и свойствами материала подложки, в EMPro для немедленного моделирования. Это позволяет обойтись без утомительного повторного ручно-

го ввода описания объёмных структур, размещения портов и свойств материалов.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Благодаря полному набору всех необходимых функций в простой среде Windows, Genesys является мощным и удобным инструментом в арсенале любого проектировщика. Он даже вдохновил авторов на написание книг по проектированию ВЧ- и СВЧ-устройств.

Постоянная работа компании Agilent по продвижению и поддержке САПР Genesys гарантирует, что ценные знания не потеряют актуальности в течение нескольких десятилетий. Кроме того, компания Agilent поддерживает эксклюзивную загрузку рабочей среды Genesys. Разработчики могут использовать эти рабочие среды в качестве отправной точки для собственных проектов или в качестве превосходных обучающих примеров.





# Автоматизация процесса проектирования антенн и устройств СВЧ в современных программных комплексах электродинамического моделирования

## Часть 5. Моделирование линзы Люнеберга в САПР Agilent EMPro

Андрей Пластиков (Москва)

На примере многослойной линзовой антенны центральной симметрии – линзы Люнеберга – рассмотрен процесс создания сценария автоматизированного построения модели антенны на языке Python в программной среде Agilent EMPro. В качестве примера смоделирована семислойная линзовая антенная система с облучателем в виде полуволнового вибратора. Для расчётов использован метод конечных разностей во временной области с конформной сеткой разбиения.

### ВВЕДЕНИЕ

Важным направлением антенной техники сегодня является разработка многолучевых и сканирующих антенн с относительно большими значениями коэффициента усиления. Построить такую антенную систему можно на основе антенной решётки или антенны оптического типа – линзовой или зеркальной. Среди диэлектрических линзовых антенн широкое распространение получили многослойные антенны центральной симметрии на основе так называемой линзы Люнеберга (ЛЛ). Для синтеза структуры таких линз часто используют приближённые методы расчёта, в то время как для осуществления точного моделирования желательно использовать точные численные методы.

В статье дано краткое описание ЛЛ и её модификаций. Основное внимание

уделено описанию процесса создания программы-сценария автоматизированного построения модели ЛЛ, облучателя и установки параметров разбиения на языке Python в САПР Agilent EMPro. В качестве примера рассмотрена семислойная аппроксимация тела линзы, взятая из литературы. Расчёт проведён методом конечных разностей во временной области с использованием конформной сетки разбиения.

### СФЕРИЧЕСКАЯ ЛИНЗА ЛЮНЕБЕРГА

Линза Люнеберга и её модификации [1, 2] принципиально позволяют осуществлять сканирование в полном телесном угле  $4\pi$  стерадиан. Такая линза представляет собой диэлектрическую сферу с переменным коэффициентом преломления, зависящим только от текущего локального радиуса:

$$n(r) = \sqrt{2 - (r/a)^2}, \quad (1)$$

где  $a$  – радиус сферы,  $r$  – расстояние от центра линзы.

Линза Люнеберга фокусирует падающий на неё параллельный пучок лучей (плоский фронт волны) в точку на поверхности. Несмотря на то что впервые ЛЛ была предложена около 70 лет назад [3], практический интерес к ней проявился только в последние два десятилетия, что связано, главным обра-

зом, с появлением новых материалов и развитием технологии производства линзовых антенн. При этом для упрощения технологии изготовления ЛЛ переходят от линзы с непрерывным изменением показателя преломления к ступенчатому. Таким образом, сферическое тело линзы формируется набором диэлектрических слоёв с различными значениями относительной диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  (см. рис. 1).

Повышенный интерес к ЛЛ среди разработчиков сканирующих и многолучевых антенных систем (АС) оптического типа привёл к развитию специализированных методов расчёта таких многослойных линзовых антенн центральной симметрии, в том числе и в отечественной литературе (см., например, [4–6]). Для осуществления окончательных расчётов структуры ЛЛ с учётом модели конкретных облучателей и конструкций крепления целесообразно использовать строгие численные методы вычислительной электродинамики.

### САПР AGILENT EMPro: ВСТРОЕННЫЙ ЯЗЫК НАПИСАНИЯ СЦЕНАРИЕВ

Программная среда трёхмерного электромагнитного моделирования EMPro [7, 8] расширяет возможности известной платформы разработки электронных устройств и блоков Agilent Advanced Design System (ADS), однако может рассматриваться и как самостоятельный программный продукт для моделирования антенн и устройств СВЧ. Среди особенностей САПР EMPro следует отметить объединение двух различных расчётных модулей – на основе методов конечных элементов в частотной области и конечных разностей во временной

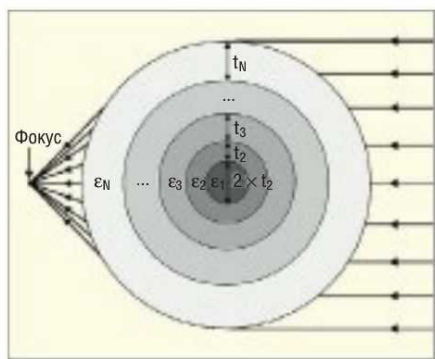


Рис. 1. Многослойная линза Люнеберга





**РАДИОКОМПЛЕКТ**

Основана в 2000 г.

## ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ РОССИЙСКИХ И ИНОСТРАННЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Аттестованы ОС СМК при ФГУ «22 ЦНИИ Минобороны России»  
в качестве второго поставщика с 2002 г.



- Комплексная поставка электронных компонентов импортного производства, стран СНГ и России
- Силовые полупроводниковые приборы
- Инверторы, конверторы, источники питания, зарядные устройства для всех типов аккумуляторов
- Постоянно в наличии весь ряд SMD-компонентов и электрических соединителей

**Diotec**  
Semiconductors

**SIFAM**  
Semi-conductors



**ИНТЕГРАЛ**



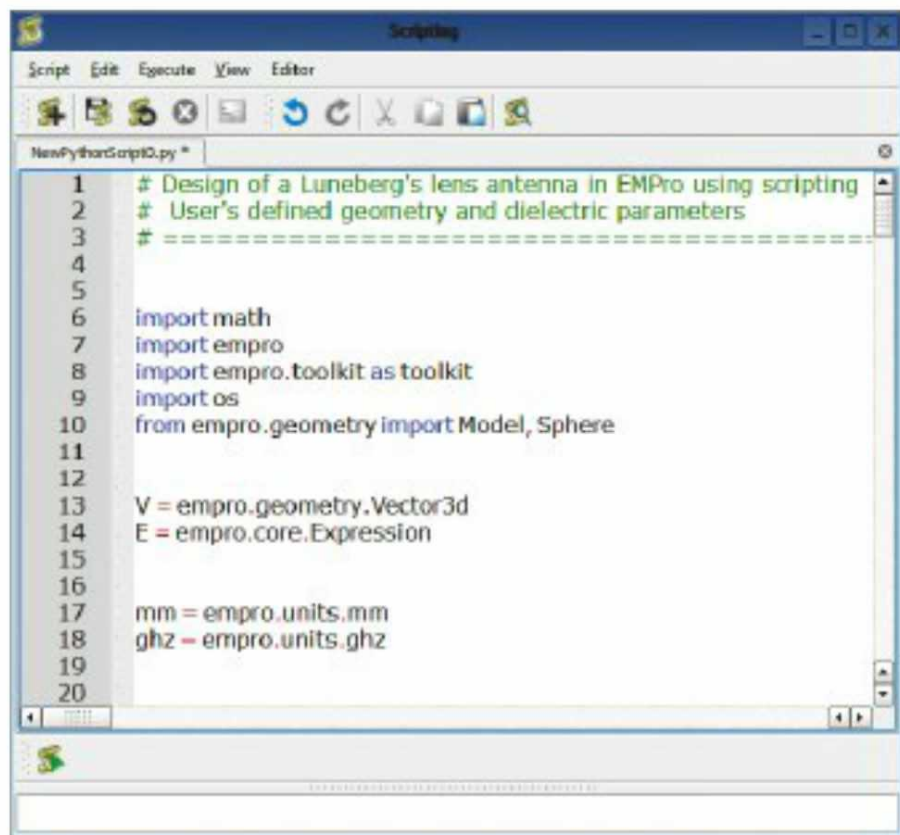


Рис. 2. Окно редактора сценариев

области – в одной программной оболочке. При проведении расчётов методом конечных разностей во временной области (Finite Difference Time Domain, FDTD) имеется возможность использовать конформную сетку разбиения.

Программа EMPro имеет встроенный редактор сценариев на языке Python. Имеющиеся средства программирования предоставляют доступ к набору команд, выполняемых в процессе обычного моделирования в CAD-интерфейсе: построению геометрических примитивов, заданию свойств материалов, установкам разбиения на ячейки, обработке результатов расчётов и др.

Как отмечается [9], «Python (<http://python.org>) является простым и в то же время мощным интерпретируемым объектно-ориентированным языком программирования. Он предоставляет структуры данных высокого уровня, имеет изящный синтаксис..., что делает его идеальным языком для быстрого написания различных приложений,

работающих на большинстве распространённых платформ». Язык Python имеет свободно распространяемый интерпретатор, что, несомненно, повлияло на его достаточно широкое распространение в веб-программировании. Последнее время язык Python начинает активно использоваться и в средах написания макросов/сценариев в программных продуктах различного назначения, в том числе и пакетах электродинамического моделирования.

### НАПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ-СЦЕНАРИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ МНОГОСЛОЙНОЙ ЛИНЗЫ ЛЮНЕБЕРГА

Опишем процесс создания сценария на языке Python в программе EMPro, который осуществляет автоматизированное построение модели ЛЛ с заданным числом и параметрами слоёв и облучателя, разбиение модели линзы на ячейки и расчёт радиотехнических характеристик полученной модели АС.

В качестве метода расчёта выберем FDTD [10].

Рассмотрим вариант построения ЛЛ, представленный в статье [11], в качестве примера. Соответствующая линзовая антенна имеет внешний диаметр 650 мм и состоит из  $N = 7$  диэлектрических слоёв. Параметры слоёв в соответствии с обозначениями, введёнными на рисунке 1, занесены в таблицу. Расстояние  $f$  от края линзы до точки фокуса составляет 118 мм. Зададимся тангенсом угла диэлектрических потерь  $\tan\delta$  всех слоёв, равным 0,001. Для возбуждения ЛЛ используем простейший облучатель в виде полуволнового диполя. Расчёт проведём на частоте 4 ГГц. Поскольку программа EMPro имеет встроенный редактор сценариев, команды вводятся в соответствующем окне (см. рис. 2) и не требуют для выполнения наличия внешнего интерпретатора.

Комментарии в языке Python начинаются с символа `#` и продолжаются до конца строки. Комментарий может находиться в начале строки или после кода, но не внутри строкового выражения. Заметим, что автору не удалось реализовать возможность написания русскоязычных комментариев (использовалась ОС Windows 7). Однако в строках кода, рассматриваемых далее, мы для удобства будем использовать комментарии, написанные кириллицей.

Написание программы-сценария начнём с объявления импорта модулей, необходимых для правильного функционирования команд. В нашем случае соответствующие строки кода будут выглядеть следующим образом:

```
import math
import empro
import empro.toolkit as toolkit
import os
from empro.geometry import Model, Sphere
```

Модуль `math` отвечает за использование дополнительных математических операций и функций. Например, для расчёта  $e^2$  следует выполнить команду `math.exp(2)`. В последней строке приведённого выше кода производится импорт классов `Model` и `Sphere` из модуля геометрии `empro.geometry`.

Далее введём обозначения, упрощающие используемые в дальнейшем операции объявления векторов в трёх-

Параметры слоёв линзы Люнеберга

| Параметры                                     | Номер слоя |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|
|                                               | 1          | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
| Толщина слоя $t$ , мм                         | 75         | 26   | 63   | 30   | 33   | 33   | 65   |
| Диэлектрическая проницаемость слоя $\epsilon$ | 1,76       | 1,70 | 1,66 | 1,60 | 1,53 | 1,46 | 1,39 |



мерном пространстве и задание размерностей вводимых параметров:

```
V = empro.geometry.Vector3d
E = empro.core.Expression
mm = empro.units.mm
ghz = empro.units.ghz
```

В результате мы можем определить, например, некую величину  $x$ , равную 1 мм, одним из следующих двух способов:  $x1=E("1\text{ mm}")$  или  $x2=1*\text{mm}$ . При этом мы получим, что данным величинам присвоены значения  $x1=1\text{mm}$  и  $x2=0.001$  соответственно. В этом можно убедиться, выполнив команду `print x`, осуществляющую вывод значения переменной в окно отладочной информации, находящееся внизу окна редактора сценариев (см. рис. 2). В коде сценария допустимо использовать оба варианта объявления размерности. Объявим переменные сценария, задающие параметры ЛЛ:

```
N=7 # Число слоев линзы
# Толщины слоев, мм
t=[75,26,63,30,33,33,65]
# Диэлектрическая проницаемость слоев
eps=[1.76,1.70,1.66,1.60,1.53,1.46,1.39]
tand=0.001 # tand слоев
# Расстояние от края линзы до фокуса, мм
f=118
```

Размерность величинам  $f$  и элементам массива  $t$  присвоим позднее при их непосредственном использовании. Заметим, что в языке Python нумерация элементов массивов (списков (lists) в общем случае) начинается с нуля.

Рассчитаем массив  $R$  внешних радиусов каждого слоя. Для этого сначала объявим  $R$  просто как переменную, равную радиусу первого слоя, выполнив команду  $R=[t[0]]$ . Затем добавим в  $R$  оставшиеся  $(N-1)$  элементов следующим образом:

```
for i in range(1,N):
    R.append(R[i-1]+t[i])
```

Заголовок строки объявления тела цикла `for...` завершается двоеточием. Все инструкции, образующие тело цикла, записываются с отступом, начиная со следующей после объявления функции строки. Для такого смещения

можно использовать символ табуляции (клавиша Tab). Эти две особенности синтаксиса языка Python характерны для других видов циклов и при объявлении функций.

Теперь зададим переменные, имеющие размерность частоты:

```
# Центральная частота
freq0= 4*ghz
# Максимальная частота диапазона
freq_max=4*ghz
# Задание расчетного диапазона частот проекта
empro.activeProject.parameters().setFormula("minFreq","4 GHz")
empro.activeProject.parameters().setFormula("maxFreq","4 GHz")
```

Две последние команды вводят в проект переменные, которые задают диапазон частот расчёта и находятся в окне Parameters. Рассчитаем соответствующие длины волн и зададим переменные, которые будут использоваться далее для установки параметров разбиения на ячейки:

```
# Скорость света
c0=3*10**8
# Расчет длин волн
lambda0= c0/freq0
lambda_min = c0/freq_max
# Параметры разбиения на ячейки
max_cell_size = lambda_min/12
min_cell_size=0.7
```

Далее объявим основную процедуру `main` проекта:

```
def main(autoQueue = True):
    # «Очистка» текущего проекта
    empro.activeProject.clear()
    # Активация оболочки FDTD
    empro.skinKeeper().skin = 'SkinFDTD'
    # Вызов пользовательских процедур
    setupMaterials()
    setupLensGeometry()
    setupDipoleGeometry()
    setupGrid()
    setupSources()
    setupSensors()
    setupSimulation()
```



## РОСТКОМПЛЕКТ

- Комплексные поставки радиоэлектронных компонентов
- Разработка и испытания систем электроснабжения
- Испытания электротехнического оборудования









Система менеджмента качества ООО «РОСТКОМПЛЕКТ» сертифицирована на соответствие требованиям ГОСТ Р ИСО 9001:2008, ГОСТ РВ 15.002:2003, стандартов Системы разработки и постановки на производство военной техники (СРПП ВТ) в СДС «Военный Регистр».

**Продукция:** микросхемы, транзисторы, диоды, конденсаторы, электрические соединители, коммутационные изделия, трансформаторы, оптоэлектронные приборы, источники электропитания, силовые модули, индикаторы и др.

ООО «РОСТКОМПЛЕКТ»  
125371, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 114, к. 1  
Тел./факс: (495) 979-88-55 (многоканальный), e-mail: pr@rostkomplekt.ru

Реклама



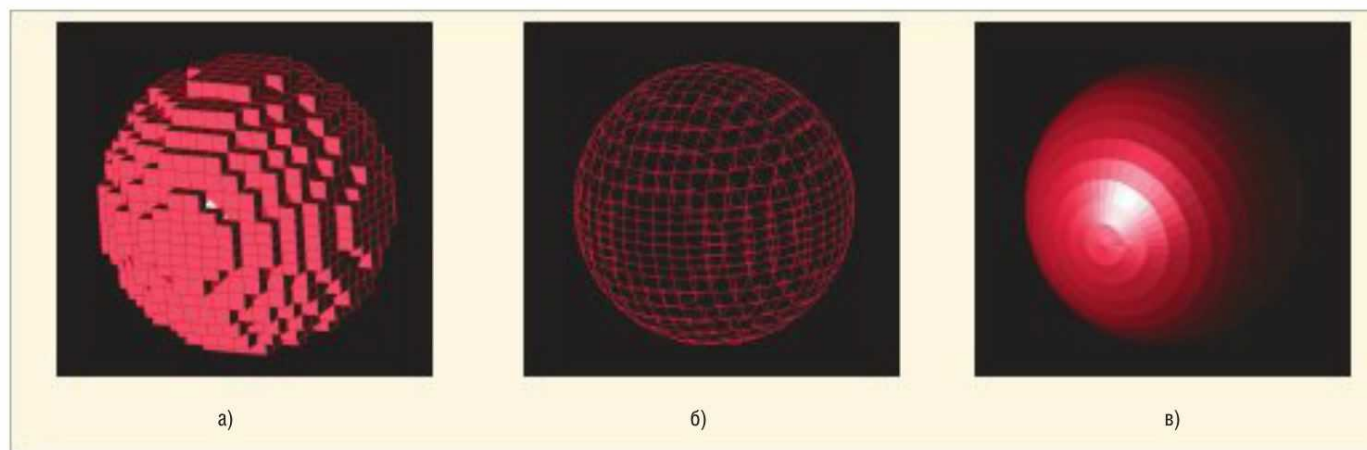


Рис. 3. Пример разбиения модели сферы на ячейки при использовании стандартной ортогональной сетки FDTD (а) и при введении конформной сетки; сетка разбиения (б) и модель сферы (в)

```
# Сохранение проекта
empro.activeProject.save-
ActiveProjectAs()

# Расчет проекта
return empro.activePro-
ject.addSimulationDataToProject(a
utoQueue)
```

Первая строка определения функции, которая называется обычно заголовком функции, обозначается в языке Python ключевым словом `def` (от англ. define, определять). После `def` должно следовать название функции

со списком формальных параметров в скобках. Заметим, что в языке Python, как и в языке Си, процедура – это функция, которая не возвращает никакого значения, т.е. не имеет списка выходных параметров. Ниже мы кратко рассмотрим содержание семи пользовательских процедур, вызываемых в теле `main`.

Процедура `setupMaterials` вводит в проект используемые материалы – идеальный проводник PEC для построения диполя и  $N$  диэлектрических материалов с названиями `diel_layer_i`, где

$i = 1, 2, \dots, N$ , соответствующими значениями  $\epsilon$  и  $\tan \delta$  и желаемым цветом отображения в окне геометрии проекта:

```
def setupMaterials():
    # PEC
    pec = toolkit.defaultMaterial("PEC")
    empro.activeProject.materials().append(pec)
    # Диэлектрики
    for i in range(1,N+1):
        dielectric =
empro.material.Material()
        dielectric.name =
"diel_layer_%d" % i
    ...
    empro.activePro-
ject.materials().append(dielec-
tric)
```

Процедура `setupLensGeometry` осуществляет построение геометрии многослойной ЛЛ. Центр линзы совместим с началом системы координат. Для получения элемента  $i$ -го слоя для  $i > 1$  из построенной сферы соответствующим радиусом  $R_i$  вычитаются элементы геометрии предыдущих  $(i - 1)$  слоёв, которые предварительно заносятся в список `models_for_subtract`. Каждому слою ставится в соответствие свой диэлектрический материал.

Процедура `setupDipoleGeometry` вводит в проект модель полуволнового вибратора в виде бесконечно тонкого идеального провода длиной  $\lambda/2$ , центр которого совместим с точкой фокуса, расположенной на оси  $OZ$  в области  $z > 0$ :

```
def setupDipoleGeometry():
    dipole_length=lambda0/2
    pec = empro.activePro-
ject.materials()["PEC"]
```

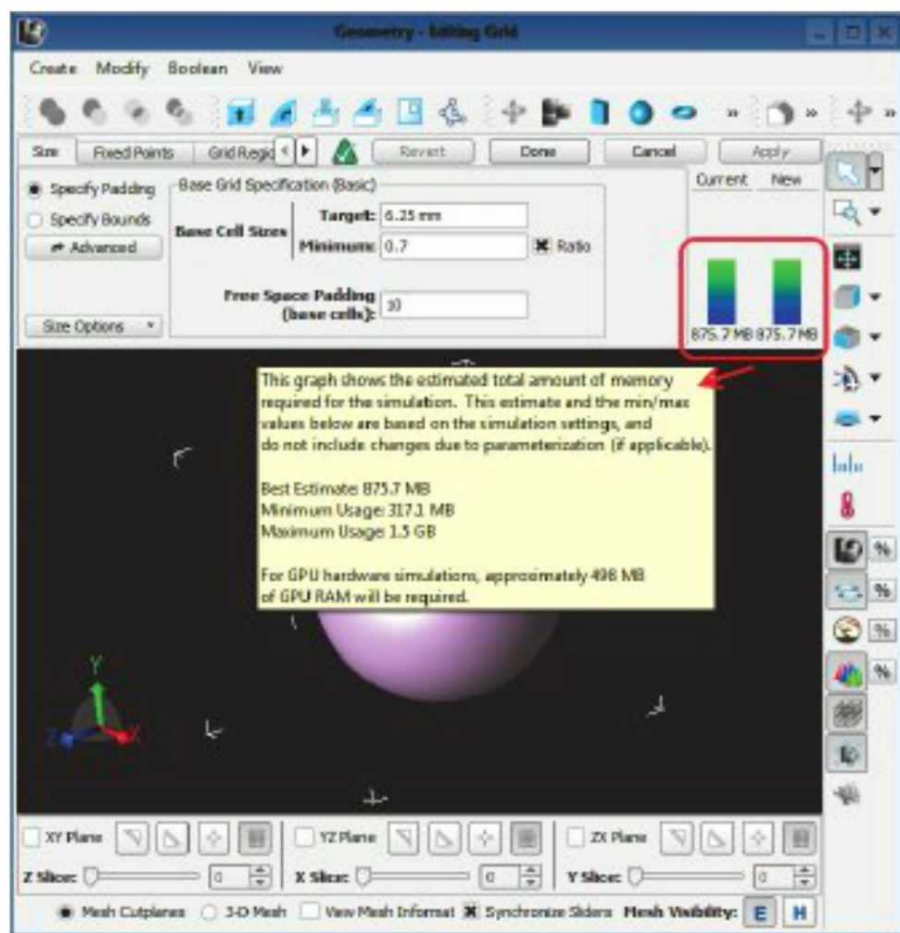


Рис. 4. Информация об ожидаемом объёме необходимой для расчёта памяти



```

tail = V(0, -
dipole_length/2, (f+R[N-1])*mm)
head = V(0,
dipole_length/2, (f+R[N-1])*mm)
wire =
toolkit.geometry.Wire(tail, head)
wire.name = "Dipole"

toolkit.applyMaterial(wire, pec)
empro.activeProject.geome-
try().append(wire)

```

Процедура `setupDipoleGeometry` устанавливает дискретный порт с импедансом 50 Ом в центре диполя:

```

def setupSources():
    port_length=lamba0/20
    component = empro.compo-
nents.CircuitComponent()
    ...
    component.tail = V(0, -
port_length/2, (f+R[N-1])*mm)
    component.head = V(0,
port_length/2, (f+R[N-1])*mm)
    ...

```

В вызываемой далее процедуре `setupGrid` мы задаём параметры разби-

ения на ячейки. Базовые параметры разбиения устанавливаются следующими командами:

```

grid = empro.activeProject.grid-
Generator()
grid.cellSizes.target =
V(max_cell_size,max_cell_size,max_
_cell_size)
grid.cellSizes.minimum =
V(min_cell_size,min_cell_size,min_
_cell_size)
grid.cellSizes.minimumType =
("RatioType","RatioType","Ratio-
Type")
grid.padding.lower = V(10,10,10)
grid.padding.upper = V(10,10,10)

```

Затем для каждого из диэлектрических слоёв зададим свои параметры разбиения, «улучшенные» в  $\sqrt{\epsilon}$  раз, и введём конформную (неортогональную) сетку командой вида `part.meshParameters.conformal=True`, где `part` – элемент текущего слоя. Использование конформной сетки разбиения позволяет более точно учесть геометрические особенности сферической поверхности слоёв по сравнению с класси-

ческой ортогональной сеткой при аналогичном числе ячеек разбиения (см. рис. 3). В теле этой же процедуры зададим границы окружающего пространства как PML (Perfectly Matched Layer) с помощью команды `empro.toolkit.defineAllBoundariesAsPMLs(5)`.

В процедуре `setupSensors` зададим требуемые мониторы ближнего и дальнего полей. Например, задать расчёт трёхмерной диаграммы направленности (ДН) можно командами:

```

sensors =
empro.activeProject.farZoneSen-
sors()
sensors.append(toolkit.sensor.mak-
eFarZoneThetaPhi())

```

Процедура `setupSimulation` устанавливает параметры решающего устройства. В простейшем случае она может состоять из одной команды вида `toolkit.simulation.setupSteadyStateSimulation([freq0], maxTime = "10000" timestep)`, в которой задаётся максимальное число временных шагов при расчёте переходного процесса во временной области. Здесь `timestep` явля-



**Представляем первые в мире гибкие токоизмерительные клещи Fluke 376 с iFlex.™**

**Инновационный гибкий датчик тока**  
iFlex обеспечивает более высокую гибкость в проведении измерений

**Наивысший из возможных классов безопасности**  
Испытаны с превышением уровней классов безопасности CAT IV для 600 В и CAT III для 1000 В.

**Надежность показаний**  
Встроенный фильтр нижних частот и современный уровень обработки сигнала.

**Специальная технология измерений INRUSH**  
Фильтрация помех, точное измерение пускового тока двигателя.

**Эргономичность конструкции**  
Большой и легко читаемый дисплей с подсветкой.

**Fluke 376 с iFlex:**  
Теперь не существует ничего, до чего нельзя было бы добраться.

© Fluke Corporation, 2011.  
Технические характеристики могут быть изменены без уведомления. Ad 3840056A

**Повышенные функциональные возможности при проведении измерений**

- Измеряемый ток — до 2500 А (переменный)/1000 А (постоянный).
- Измеряемое напряжение — до 1000 В переменного и постоянного тока с мВ-диапазоном для дополнительных принадлежностей.
- Сопротивление — до 60 кОм.

Детальные технические характеристики изделия и описание всего ассортимента инновационных токоизмерительных клещей Fluke см. на веб-сайте: [www.Fluke.ru](http://www.Fluke.ru)



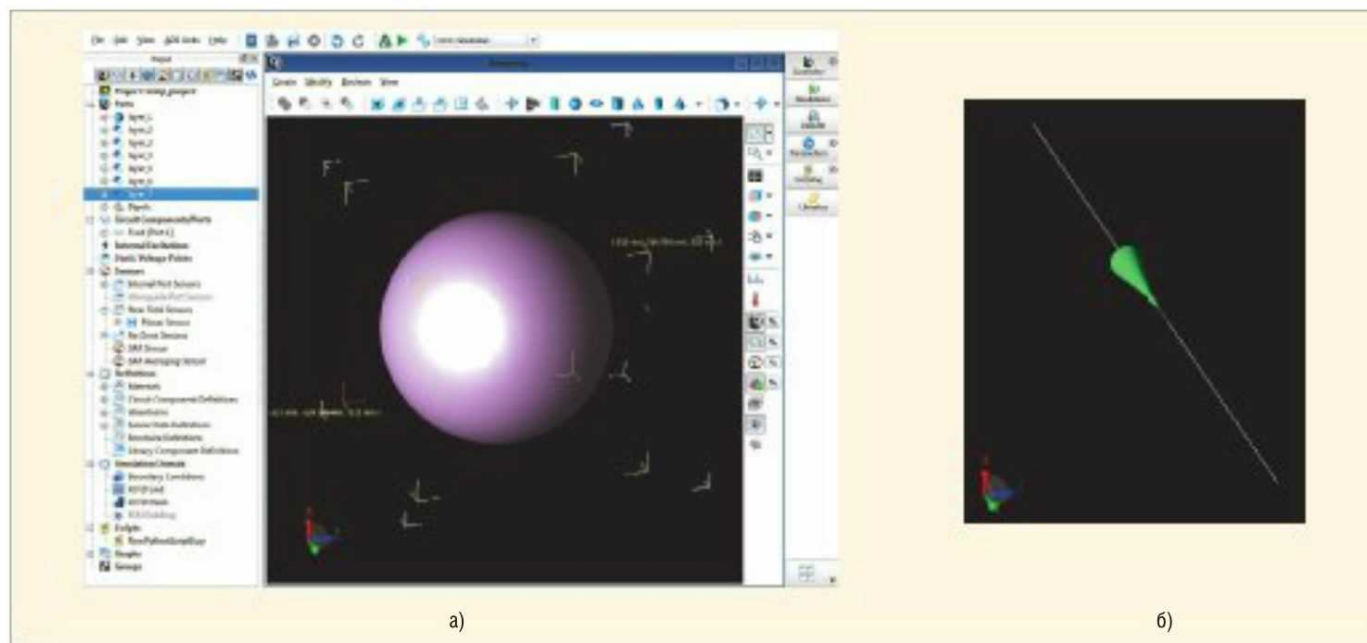


Рис. 5. Построенная модель антенны в интерфейсе программы EMPro (а) и модель вибратора (б)

ется переменной проекта, которая рассчитывается автоматически, исходя из используемой сетки разбиения и частотного диапазона расчёта с целью получения устойчивых вычислений. Расчёт переходного процесса заканчивается при достижении заданного уровня отражённого сигнала (по умолчанию –30 дБ) или через установлен-

ное максимальное число временных шагов.

### РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТА

Для запуска написанного сценария необходимо выбрать в меню редактора пункт *Execute* → *Execute Script* или нажать на кнопку . После выполнения действий, заданных в семи вве-

дённых пользовательских процедурах, появится диалоговое окно сохранения проекта в файл. После этого сценарий запустит решающее устройство на расчёт.

Отметим, что созданная сценарием модель содержит около 4,4 млн. ячеек. Программа EMPro выводит информацию об ожидаемом объёме необходимой для расчёта оперативной или видеопамяти ещё до начала расчёта. Соответствующие данные находятся в окне *Geometry – Editing Grid* (см. рис. 4). В нашем случае для расчёта потребуется около 876 Мб (максимум 1,5 Гб) оперативной памяти или около 317 Мб видеопамяти при использовании видеокарты, совместимой с инструкциями CUDA. Для смягчения требований к аппаратным ресурсам и ускорения расчётов в рассматриваемой задаче можно ввести две плоскости симметрии – электрическую и магнитную.

На рисунке 5а изображена построенная сценарием модель ЛЛ в интерфейсе программы EMPro. Увеличенная модель вибратора приведена на рисунке 5б. Дискретный порт возбуждения отображён зелёным конусом в центре облучателя. Сечение линзы и сетка разбиения в плоскости XY показаны на рисунке 6. На рисунках 7 и 8 изображены рассчитанные трёхмерная и двухмерная ДН АС. Коэффициент направленного действия (КНД) рассмотренной ЛЛ составляет около 24 дБ. Повысить КНД АС (при неизменных теле линзы и частоте расчёта) и снизить уровень бокового излучения можно при использовании более подходяще-

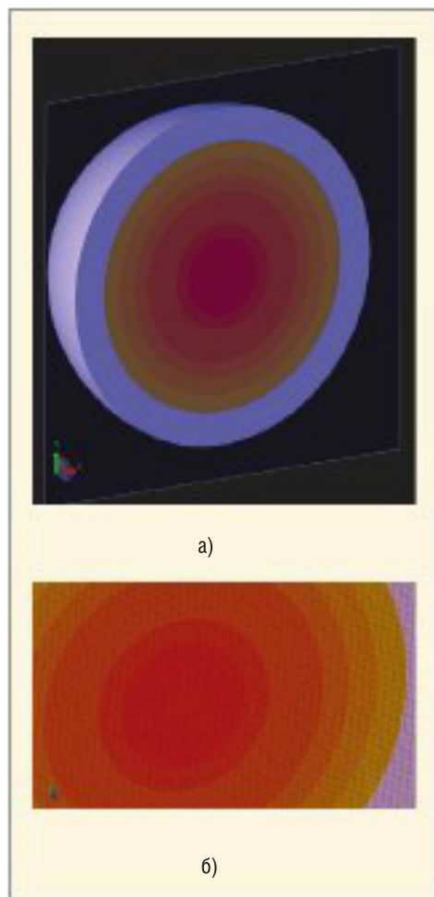


Рис. 6. Модель линзы в разрезе (а) и с отображённой сеткой разбиения (б)

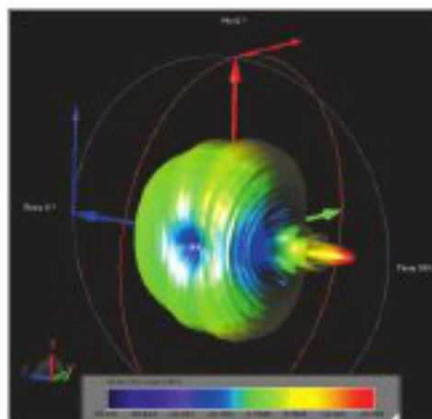


Рис. 7. Трёхмерная ДН АС

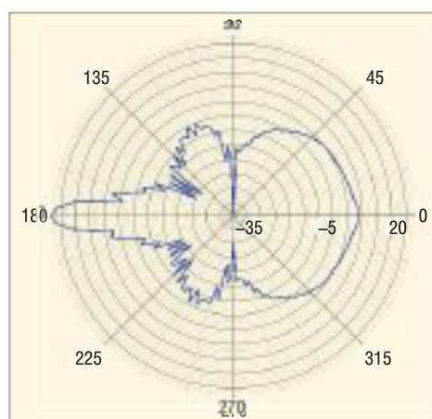


Рис. 8. ДН АС в плоскости YZ в полярной системе координат



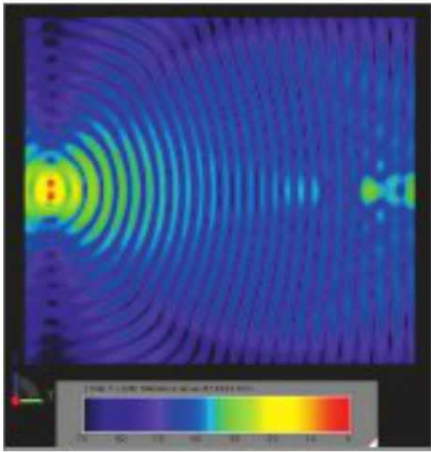


Рис. 9. Распределение ближнего поля в логарифмическом масштабе

го облучателя, например, рупорной антенны или диэлектрической антенны бегущей волны. На рисунке 9 приведено распределение ближнего поля в плоскости YZ.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на примере моделирования многослойной линзы Лунеберга показана возможность использования сценариев на языке Python в программе EMPro для построения мо-

дели антенны и задания параметров разбиения на ячейки. Расчёт проведён методом конечных разностей во временной области с использованием конформной сетки разбиения. В качестве облучателя использован полуволновый вибратор.

Такой подход к моделированию удобно использовать для проведения многократных исследований с различными вариантами аппроксимации тела линзы. При необходимости написанный сценарий можно дополнить, например, возможностью статистического анализа, показывающего влияние разброса диэлектрических параметров на характеристики антенны.

Автор выражает благодарность компании Agilent за предоставление пробной версии программы EMPro 2011.12.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Жук М.С., Малочков Ю.Б. Проектирование линзовых, сканирующих, широкодиапазонных антенн и фидерных устройств. Энергия, 1973.
2. Morgan S.P. General Solution of the Luneberg Lens Problem. J. of Applied Physics. 1958. V. 29. PP. 1358–1368.
3. Luneberg R.K. Mathematical Theory of Optics. Brown Univ., Providence, R.I., 1944.
4. Кузьмин С.В. Математическая модель многослойной линзы Лунеберга. Автореф. канд. дисс., СПб, 2004.
5. Панченко Б.А., Гизатуллин М.Г., Лебедева Е.В. Рассеяние электромагнитных волн многослойной линзой Лунеберга. Антенны. 2009. № 11. С. 30–33.
6. Панченко Б.А., Лебедева Е.В. Антенные характеристики линзы Лунеберга. Антенны. 2010. № 12. С. 5–9.
7. <http://www.home.agilent.com>.
8. Ян Х.-С., Ли Х.-С. Уникальные возможности трёхмерного электромагнитного моделирования в САПР Advanced Design System. Современная электроника. 2011. № 2. С. 66–69.
9. Россум Г., Дрейк Ф.Л.Дж., Откидач Д.С. Язык программирования Python. Под ред. Д.С. Откидач. 2001.
10. Yee K.S. Numerical solution of initial boundary value problems involving Maxwell's equations in isotropic media. IEEE Trans. on AP. 1996. V. 14. № 4. PP. 302–307.
11. Huang et al. Multiobjective Optimization and Design of a Luneberg Lens Antenna with Multiband Multi-Polarized Feed-System. PIERS. 2012. V. 129. PP. 251–269.





## НТЦ «Модуль» —

лидирующая российская hi-tech fabless компания,  
работающая в области проектирования микроэлектроники

► Микросхемы для спутниковой навигации и цифрового тв, линейка DSP процессоров, БИС и микросборки по ГОСТ Р-52070



ЗАО НТЦ «Модуль». Москва, 4-я улица 8-го Марта, дом 3  
[www.module.ru](http://www.module.ru) • [russales@module.ru](mailto:russales@module.ru) • Тел.: (495) 531-30-80

Реклама



## Samsung подала в суд на LG

Samsung подала иск против LG, обвинив её в постоянном и зломном воровстве своих технологий OLED-экранов. Как сообщает Electronista со ссылкой на Yonhap News, Samsung требует 800 514 долл. в порядке компенсации за каждый случай, в котором LG использовала технологии Samsung либо обнародовала конфиденциальную интеллектуальную собственность. На данный момент Samsung почти безраздельно контролирует мировой рынок OLED-дисплеев с долей в 99%.

Samsung подала в центральный окружной суд Сеула документы по 18 конфиденциальным технологиям, относящимся к OLED-дисплеям. Корейская компания утверждает, что LG активно рекрутировала бывших сотрудников Samsung, чтобы они рассказали, что им известно о производственном процессе OLED в Samsung и других бизнес-секретах. За последние десять лет Samsung инвестировала в НИОКР в связи с OLED около 886 млн. долл.

В июле этого года 11 человек, включая несколько старших инженеров, которые до этого работали в Samsung (а в некоторых случаях и продолжали работать), были об-

винены в передаче конфиденциальной информации от Samsung в LG. Samsung предложила LG официально извиниться и пообещать больше не переманивать её сотрудников.

LG всегда отвергала эти обвинения, а недавно заявила, что в ближайшем будущем сама подаст на Samsung в суд за клевету. LG утверждает, что ей не нужны технологии Samsung и её устройства работают «на совершенно другой дисплейной системе».

<http://www.astera.ru>

## Фохсонп пообещала провести расследование по поводу разоблачений китайского репортёра

Надо отдать должное китайской корпорации Фохсонп, без промедления отреагировавшей на разоблачительный репортаж журналиста издания Shanghai Evening Post, устроившегося на работу на завод Фохсонп в Тайюане. Репортёр первоначально собирался рассказать о сборке iPhone 5, но затем решил поделиться подробностями труда и быта работников китайской компании.

Он провёл десять дней на заводе, из которых семь было посвящено тренингу и три дня – работе на конвейере. В репортаже описаны «кошмарные» условия в общежитии, пропитанном запахом пота и неубранного мусора в комплекте с засильем тараканов. Условия на работе нельзя назвать хорошими. Мастера-супервайзеры используют систему различных наказаний, граничащих с издевательствами, для поддержания рабочих в постоянном напряжении и для принуждения к переработкам.

Общая картина получилась нерадостной. И это была вынуждена признать Фохсонп, заявившая о понимании своей ответственности перед работниками за создание надлежащей рабочей среды.

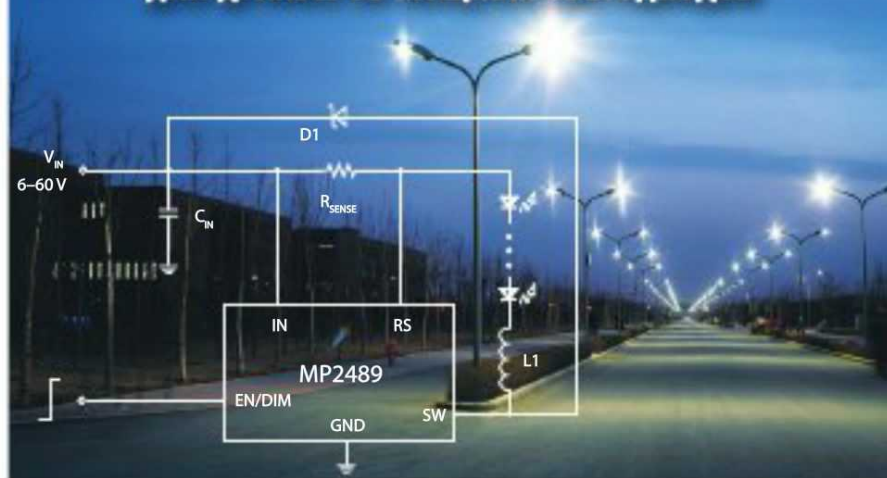
«Фохсонп не является совершенной, но прогресс в изменении условий, направленный на удовлетворение потребностей нового поколения работников в Китае, виден каждый день, – сообщается в заявлении Фохсонп. – Данный отчёт лишь свидетельствует о том, что высокие стандарты невозможно внедрить моментально». В дополнение компания пообещала провести расследование по данному репортажу и принять необходимые меры.

<http://thenextweb.com/>



- Высокая стабильность и повторяемость характеристик микросхем
- Защита от перегрузок по току, напряжению и температуре
- Рабочее напряжение до 80 В
- Высокая эффективность до 95%
- Температурный диапазон эксплуатации -40...+85°C
- Готовое изделие не требует регулировки

## ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ МИКРОСХЕМЫ КОМПАНИИ MPS ДЛЯ ДРАЙВЕРОВ МОЩНЫХ СВЕТОДИОДОВ



| Наименование | Входное напряжение, В | Ток, А | Частота преобразования, кГц | Тип преобразователя     | Корпус          |
|--------------|-----------------------|--------|-----------------------------|-------------------------|-----------------|
| MP4688       | 4,5–80                | 3,2    | 2000                        | Понижающий              | SOIC8E          |
| MP3412       | 0,8–5                 | 1,1    | 1200                        | Повышающий              | TSOT23-6        |
| MP2489       | 6–60                  | 0,6    | 300–600                     | Понижающий              | TSOT23-5 и QFN8 |
| MP2488       | 4,5–55                | 2,0    | 200                         | Понижающий              | QFN10 и SOIC8E  |
| MP2483       | 4,5–55                | 2,5    | 250–1300                    | Понижающий / повышающий | QFN10           |
| MP2481       | 4,5–36                | 1,2    | 1400                        | Понижающий / повышающий | MSOP8           |

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ MPS В РОССИИ



АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА  
Тел.: (495) 232-2522 • [info@prochip.ru](mailto:info@prochip.ru) • [www.prochip.ru](http://www.prochip.ru)



Реклама



Светодиоды CREE были успешно применены при создании архитектурного освещения олимпийского стадиона «Птичье гнездо» в Пекине

# Мощные светодиоды CREE

## ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕТОДИОДОВ

- Уличное освещение
- Промышленное освещение
- Общее освещение
- Освещение витрин, рекламных щитов
- Архитектурное и ландшафтное освещение
- Аварийное освещение
- Автономные системы освещения
- Мощные прожекторы и фонари
- Переносные осветительные приборы

## ОСОБЕННОСТИ СВЕТОДИОДОВ

- Высокие значения светового потока
- Высокая световая отдача
- Низкое тепловое сопротивление от p-n-перехода до точки пайки
- Высокая максимальная температура p-n-перехода
- Все оттенки белого цвета
- Широкий диапазон длин волн цветных светодиодов
- Электрически нейтральное теплопроводящее основание
- Бессвинцовая технология монтажа (соответствие RoHS)
- Тестирование по стандартам JEDEC
- Снижение среднего значения светового потока за 50 000 часов работы не более чем на 30%
- Стабильность цветовой температуры белых светодиодов

## СЕРИИ :

XR-E



XR-C



XP-E



XP-C



XP-G



XM-L



MX-B



MX-3



ML-E



ML-B



MC-E



MP-L



MT-G



CREE SOLUTION PROVIDER





# Чистые зоны: индивидуальное проектирование



**Павел Колин, менеджер ЗАО «Ламинарные системы»**

Подчиняясь требованию времени, современные высокотехнологичные предприятия всё более осознанно переходят на новые стандарты обеспечения чистоты. Поэтому комплексы оборудования для очистки воздушной среды производства ЗАО «Ламинарные системы» пользуются всё возрастающим спросом в различных отраслях промышленности.

Помимо соответствия выпускаемой продукции стандартам качества, специалисты компании «Ламинарные системы» предлагают клиентам индивидуальный подход при проектировании оборудования для создания чистой воздушной среды с учётом специфики работы каждого конкретного предприятия или учреждения.



**Рис. 1. Размеры каждой чистой зоны в сборе 1300 × 1300 × 1995 мм**



**Рис. 2. Размеры чистой зоны в сборе 2500 × 1600 × 2580 мм**

Например, по заказу Национального исследовательского Томского государственного университета (ТГУ) были спроектированы и изготовлены чистые зоны для проведения операций по фотолитографии. С учётом пожеланий заказчика, эти чистые зоны имеют небольшие размеры, что делает их мобильными и позволяет использовать для создания рабочих мест с защитой технологического процесса от загрязнений окружающей среды.

Ограждающие конструкции чистых зон выполнены из прозрачных крас-



**Рис. 3. Размеры рабочей зоны комплекса 5000 × 3000 × 2400 мм**



**Рис. 4. Аттестация чистой зоны после монтажа**

ных полосовых ПВХ-завесов, что позволяет исключить нежелательную интерференцию в процессе фотолитографии (рис. 1). Класс чистоты мобильных чистых зон 5 ИСО по ГОСТ ИСО 14644-1-2002.

Ещё три чистые зоны, обеспечивающие класс чистоты 5 ИСО по ГОСТ ИСО 14644-1-2002, были сданы в эксплуатацию на крупном российском приборном заводе. Особенность данных чистых зон заключается в том, что, по требованию заказчика, ограждающие конструкции были изготовлены из глухих металлических панелей со специальным полимерным покрытием чёрного цвета, стойким к лазерному излучению (рис. 2).

Использование чистых зон производства ЗАО «Ламинарные системы» позволит заказчику применять лазерное оборудование для производства качественной продукции в соответствии с мировыми стандартами.

Детальная проработка поставленных задач на этапе проектирования, высокое качество изготовления и монтажа, обязательная аттестация готового изделия в присутствии заказчика, квалифицированный персонал – всё это позволяет привлекать новых покупателей и, что более ценно, пополнять базу постоянных клиентов. К числу последних относится ФГУП «НИИ «Полус» им М.Ф. Стелмаха. Количество чистых зон, спроектированных и изготовленных по заказу этого крупнейшего в России научно-производственного центра в области квантовой электроники, приближается к десяти.

Очередной комплекс оборудования для очистки воздушной среды, обеспечивающий класс чистоты 5 ИСО по ГОСТ ИСО 14644-1-2002, был сдан в эксплуатацию в августе этого года (рис. 3).

*ЗАО «Ламинарные системы»  
Россия, 456300, Челябинская обл.,  
г. Миасс, Тургоякское шоссе, 2/4  
8(3513)544-744, [www.lamsys.ru](http://www.lamsys.ru)  
[cleanroom@lamsys.ru](mailto:cleanroom@lamsys.ru)*



# Новости мира News of the World Новости мира

## Переговоры Sharp и Foxconn зашли в тупик

Sharp сообщила о том, что переговоры о покупке пакета её акций компанией Hon Hai Precision Industry (Foxconn) зашли в тупик из-за чересчур жёсткой позиции тайваньской стороны.

Ранее сообщалось о намерении Hon Hai пересмотреть стоимость приобретаемого пакета акций Sharp после публикации прогноза японской компании о предполагаемых убытках. За 2012–2013 финансовый год Sharp изначально рассчитывала потерять 30 млрд. иен, но потом пересмотрела цифры: новый прогноз – убытки в размере 250 млрд. иен.

Следует заметить, что это решение Hon Hai было встречено с пониманием, так как пересмотр прогноза и объявление о планах Sharp сократить 5 тыс. рабочих мест привели к обвалу стоимости акций японской компании, и цену сделки, естественно, требовалось откорректировать.

Как ожидалось, подписание договора о покупке 9,9% акций Sharp должно было состояться в ходе августовского визита главы Hon Hai Терри Гоу (Terry Gou) в Японию. Однако Гоу покинул Японию, так и не

встретившись с руководством Sharp, и новые сроки встречи глав двух компаний до сих пор неизвестны.

Вернувшись на Тайвань, Гоу заявил, что купит пакет акций Sharp лишь в том случае, если ему предоставят возможность участия в выработке стратегических решений японской компании.

Sharp в настоящее время находится в сложном положении. Сумма краткосрочных кредитов японской компании составляет порядка 360 млрд. иен (\$4,6 млрд), в связи с чем пришлось заложить почти всю имеющуюся недвижимость и офисы, включая завод по производству дисплеев для Apple iPhone 5. Её основные кредиторы – Mizuho Financial Group и Mitsubishi UFJ Financial Group – пытаются организовать финансирование в пределах 300 млрд. иен. Поэтому помощь Hon Hai была бы сейчас весьма кстати. Видимо, поэтому японская компания дала понять, что готова к ведению переговоров с Hon Hai о дальнейшем сотрудничестве, включая совместное производство дисплеев для смартфонов, но прежде необходимо договориться об инвестировании.

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

## Samsung построит в Китае завод по выпуску чипов 10-нм класса

Южнокорейский гигант полупроводниковой отрасли, компания Samsung Electronics провела церемонию закладки первого камня в фундамент нового производственного комплекса в Сиане (Китай). Оборудование, которое установят на заводе, позволит выпускать микросхемы NAND-памяти по передовому техпроцессу 10-нм класса.

Важность и грандиозность проекта подтверждает присутствие на церемонии множества гостей высокого ранга. Среди приглашённых можно отметить посла Южной Кореи в Китае Кью Хьонг Ли (Kyu Hyung Lee), министра экономики и знаний Южной Кореи по промышленности и технологиям Сань-Жик Юна (Sang-Jick Yoon). Всего в торжестве приняли участие около 600 чиновников, а также поставщиков и партнёров Samsung.

Завершение постройки завода и введение его в эксплуатацию запланировано на 2014 г. Совокупные инвестиции в проект составят \$7 млрд. Это самое крупное денежное вложение Samsung в Китае.

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

## ВАКУУМНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ДИСПЛЕИ

Яркость 600 кд/м²

Угол обзора 150°  
(конусный)

Встроенные  
контроллеры  
с последовательным  
и параллельным  
интерфейсом

Символы высотой  
5 и 9 мм

Температурный  
диапазон -40...+85°C



IEE's Century Series  
Vacuum Fluorescent  
Dot Matrix Displays  
Are A Century Ahead!

для жёстких условий эксплуатации

**PROSOFT®**

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





# Приложение принципов адаптивного моделирования к задачам управления динамическими объектами типа «чёрный ящик»

**Наталья Гудкова (Ростовская обл.)**

В статье рассматривается способ управления динамическими объектами с неизвестными математическими моделями, основанный на принципах прямого и обратного адаптивного моделирования объекта. При этом адаптивные модели в системе управления реализуются в виде трансверсальных фильтров с весовыми коэффициентами, перестраиваемыми по алгоритму наименьших квадратов в режиме реального времени. Результаты имитационного моделирования системы свидетельствуют об эффективности использования предложенных алгоритмов для адаптивного управления объектами с параметрической и структурной неопределённостью.

## ВВЕДЕНИЕ

В современных системах управления технологическими процессами всё более широкое применение находят цифровые адаптивные фильтры (АФ). Одним из возможных приложений АФ в таких системах является их использование в качестве адаптивных моделей управляемых объектов со структурной и/или параметрической неопределённостью, другими словами, неизвестных объектов (НО) или объектов типа «чёрный ящик» [1–4]. Все эти определения относятся к динамическим объектам, математическое описание которых по каким-либо причинам отсутствует, что делает невозможным синтез управляющего устройства стан-

дартными методами теории автоматического управления.

Необходимым условием функционирования систем данного класса являются динамические, т.е. в режиме реального времени, идентификация и синтез управляющих воздействий на объект.

В статье рассматривается способ управления НО, основанный на прямом и обратном адаптивном моделировании объекта. При этом адаптивные модели в системе управления реализуются в виде адаптивных трансверсальных фильтров (АТФ) с весовыми коэффициентами, перестраиваемыми по методу наименьших квадратов (LMS).

## АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Структурная схема адаптивной системы показана на рисунке 1. Назначение системы – подавление колебаний в объекте и минимизация сигнала рассогласования (ошибки) между временными отсчётами задающего (входного) воздействия системы и выходного сигнала управляемого объекта  $x_k$  ( $k = 0, 1, 2, \dots$ ).

Для этой цели в системе формируются два одновременно протекающих адаптивных процесса: процесс адаптивной идентификации (прямого моделирования) НО и процесс обратного адаптивного моделирования НО.

*Подсистема адаптивной идентификации* (прямого моделирования) НО предназначена для получения адаптивной модели (АМ) с перестраиваемыми весовыми коэффициентами, минимизирующими ошибку идентификации объекта СКО1 =  $E \left[ \begin{pmatrix} \hat{y}_k \\ \hat{y}_k \end{pmatrix} \right]$ , где

$$\varepsilon_k = x_k - y_k, \quad (1)$$

$y_k$  – выходной сигнал АМ.

Уравнение адаптивной модели имеет вид:

$$y_k = \sum_{l=0}^L w_{lk} u_{k-l}, \quad (2)$$

где  $u_k$  – управляющее воздействие,  $L$  – длина АТФ,  $w_{lk}$  – временные отсчёты  $l$ -го весового коэффициента фильтра.

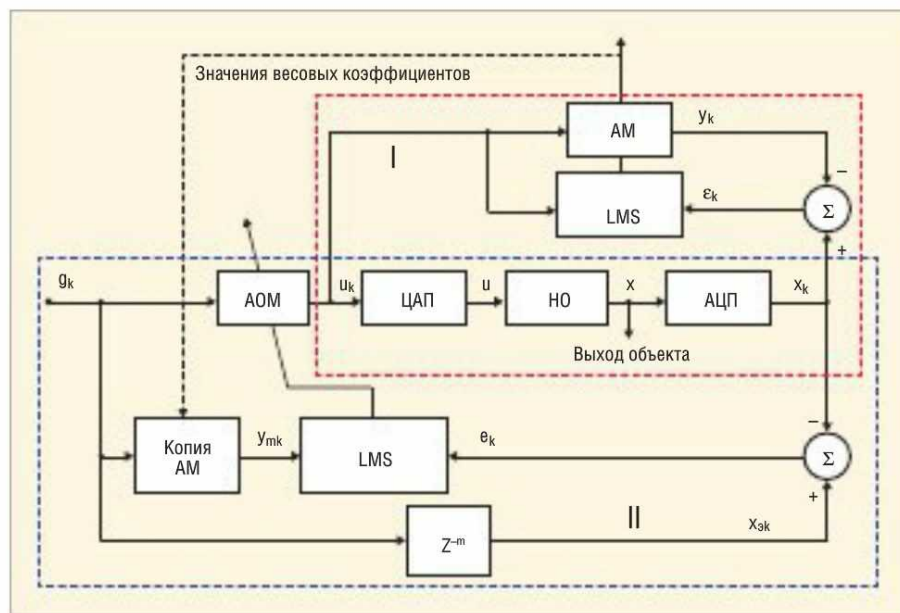
Алгоритм LMS, перестраивающий параметры АМ, представляет собой рекуррентное выражение:

$$w_{l(k+1)} = w_{lk} + 2\mu u_k - \epsilon_k, \quad (3)$$

где  $\mu$  – параметр (шаг) сходимости алгоритма идентификации.

Подсистема адаптивного обратного моделирования НО предназначена для формирования управляющего воздействия  $u_k$ , которое минимизирует ошибку управления  $СКО_2 = E \{ \varepsilon_k^2 \}$ , где

$$e_k = x_{3k} - x_k. \quad (4)$$



**Рис. 1. Структурная схема адаптивной системы управления НО**



Здесь сигнал  $x_{эk}$  эталонный для выходного сигнала управляемого объекта, представляет собой задержанный на  $m$  временных тактов сигнал  $g_k$ , т.е.  $x_{эk} = g_{k-m}$ .

Роль устройства, формирующего управляющее воздействие, играет адаптивная обратная модель неизвестного объекта (АОМ), уравнение которой имеет вид:

$$u_k = \sum_{i=0}^L w_{pi} g_{k-i}. \quad (5)$$

Весовые коэффициенты АОМ перестраиваются по аналогии с (3) по формуле:

$$w_{pi(k+1)} = w_{pi(k)} + 2\mu y_{mk} - \rho e_k. \quad (6)$$

Сигнал  $y_{mk}$ , входящий в выражение (6), является выходным сигналом копии АМ управляемого объекта и вычисляется по формуле:

$$y_{mk} = \sum_{i=0}^L w_{ik} g_{k-i}. \quad (7)$$

После завершения переходных процессов отклик системы на входное воздействие становится приблизительно

равным сигналу  $g_k$ , задержанному на  $m$  тактов.

### МЕТОДИКА ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ АДАПТИВНЫХ ФИЛЬТРОВ АМ и АОМ

Качество процессов в системе управления динамическим объектом принято оценивать по запасу устойчивости, быстродействию и точности отработки задающих воздействий. В этой связи, параметры настройки адаптивных моделей необходимо выбирать из условий обеспечения требуемых показателей качества.

Анализ показал, что в специальной литературе практически отсутствуют рекомендации по выбору параметров настройки адаптивных фильтров в системах управления, а приводимые примеры носят частный характер. Это обусловлено большим разнообразием задач, а также отсутствием во многих случаях строгого математического обоснования их решения.

В работах [2, 3] предложена методика синтеза программируемых АТФ, предназначенных для идентификации

и управления объектами типа «чёрный ящик» при минимальной априорной информации о входных сигналах и динамике управляемого объекта. Эта методика не даёт оптимальных решений, но для большого класса систем она обеспечивает приемлемое качество адаптивных процессов.

Исходными данными для расчёта являются:

- время установления  $t_{уст}$  и, по возможности, вид переходной характеристики неизвестного объекта;
- приблизительный частотный диапазон и предельная мощность входных сигналов адаптивных фильтров.

Поскольку процессы в управляющей системе имеют дискретный характер, в первую очередь необходимо выбрать интервал квантования сигналов по времени  $T$ . Для систем автоматического управления обычно он выбирается из соотношения:

$$T_{алг} \leq T \leq (0,01...0,001)t_{уст} \quad (8)$$

где  $T_{алг}$  – время обработки информации в управляющем компьютере и ЦАП/АЦП.

(812) 702-10-01  
sales@aviton.spb.ru  
www.aviton.spb.ru  
aviton-spb.pф

**ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ РАЗЛИЧНОГО ИСПОЛНЕНИЯ С ШИРОКИМ ДИАПАЗОНОМ МОЩНОСТЕЙ от 0,5 до 18 000 Вт**

Компания АВИТОН – официальный дистрибьютор Mean Well



ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ НА DIN-РЕЙКУ 10-960 Вт



ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ В КОРПУСЕ 15-3000 Вт



ЗАРЯДНЫЕ УСТРОЙСТВА 30-1000 Вт



ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ 5-300 Вт



ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ДЛЯ СВЕТОТЕХНИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ 16-320 Вт



ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ОТКРЫТОГО ИСПОЛНЕНИЯ 5-300 Вт



АДАПТЕРЫ 6-220 Вт



DC/DC КОНВЕРТЕРЫ 0,5-1000 Вт



DC/AC ИНВЕРТЕРЫ 100-3000 Вт



**АВИТОН**  
...ТОЧНОСТЬ РЕШАЕТ ВСЁ...

Реклама

WWW.AVITON.SPB.RU



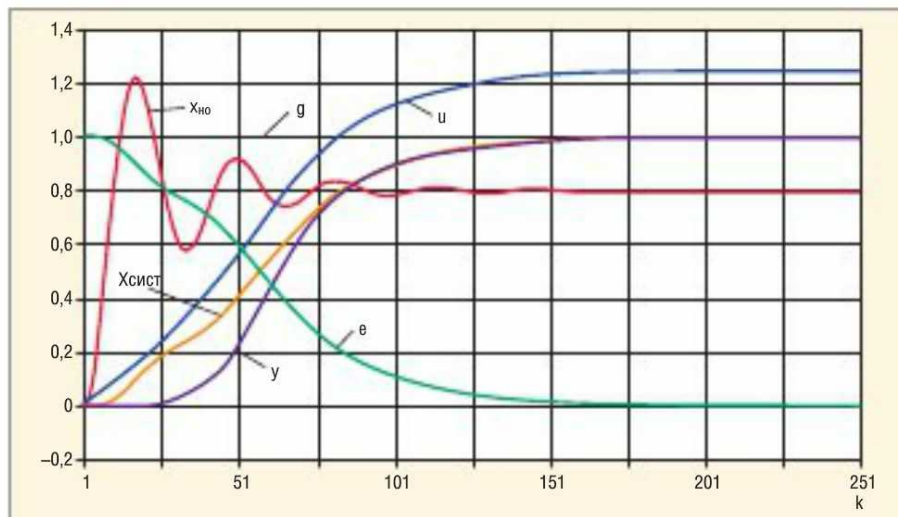


Рис. 2. Результаты компьютерного моделирования процессов управления НО

Из выражения (8) видно, что нижняя граница для интервала  $T$  определяется быстродействием используемой цифровой аппаратуры, а верхняя – быстродействием объекта управления. Поэтому выбор величины  $T$  носит компромиссный характер.

Параметрами настройки адаптивного фильтра являются его длина  $L$  и шаг сходимости алгоритма адаптации  $\mu$ . Для их выбора используются соотношения:

$$\mu(L+1) = \frac{M}{P} \quad (9)$$

и

$$L+1 \approx \lceil MT_{\text{СКО}} \rceil, \quad (10)$$

где  $P$  – средняя мощность сигнала на входе АТФ;  $M$  ( $0 < M < 1$ ) – допустимое относительное среднее значение СКО, от которого зависит устойчивость, точность и скорость адаптации фильтра;  $T_{\text{СКО}}$  – число итераций адаптивного процесса.

Анализ показал, что для получения хорошего качества управления в рассматриваемой структуре значение  $T_{\text{СКО}}$  АОМ должно подчиняться условию  $T_{\text{СКО}} \leq t_{\text{уст}}/T$ , а величина АМ должна быть примерно на порядок меньше  $T_{\text{СКО}}$  АОМ. При этом хорошее качество идентификации и управления во многих случаях достигается при значении  $M = 0,01 \dots 0,1$ .

Отметим, что мощность сигналов на входах адаптивных моделей часто неизвестна заранее. В таких случаях в качестве расчётной величины можно принять значение предельно допустимой мощности постоянного входного сигнала. Это приведёт к затягиванию процессов адаптации, но по-

высит запас устойчивости системы управления. В ходе эксплуатации системы параметры настройки могут уточняться.

Радикальным решением проблемы выбора оптимальных значений параметра  $\mu$  для каждого из адаптивных процессов является их расчёт в режиме реального времени, процедура которого предложена в [5]. Поясним эту процедуру на примере расчёта текущих значений параметра  $\mu$  для подсистемы идентификации неизвестного объекта.

1. Вычисляем текущее среднее значение мощности сигнала на входе АМ по формуле  $P_k = E[g_k^2]$ . Для усреднения используем цифровой адаптивный фильтр низких частот (ФНЧ), реализуемый в виде дискретного уравнения [6]:

$$P_k = (1-\lambda)(u_k^2 - u_{k-1}^2) + (1-2\lambda)P_{k-1}, \quad (11)$$

где  $0 < \lambda < 0,5$  – параметр, отвечающий за точность и скорость сходимости этого алгоритма.

2. Вычисляем текущее значение  $\mu_k$  по формуле (9), которая в данном случае преобразуется к виду:

$$\mu_k = \frac{M}{(L+1)P_k}.$$

Аналогичным образом рассчитывается параметр  $\mu_k$  для АОМ.

Следует подчеркнуть, что, в отличие от традиционной системы автоматического управления, в рассматриваемой схеме отсутствует физическая ООС между входом и выходом. Её роль играет функциональная (алгоритмическая) обратная связь, замыкающаяся через адаптивный процесс.

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА ПК

На рисунке 2 приведены результаты компьютерного моделирования процессов управления объектом, который представлен нормированной переходной характеристикой  $x_{\text{но}}(t)$  с временем установления  $t_{\text{уст}} \approx 20$  с.

Имитационная модель задающего воздействия  $g_k = 1$ . Число тактов задержки эталонного сигнала  $m = 0$ . Интервал квантования сигналов по времени  $T = 0,2$  с. Нормированные мощности входного и управляющего воздействий  $E[g_k^2] = E[u_k^2] = 1$ . Длина фильтров, реализующих АМ и АОМ,  $L = 3$ . Допустимые относительные средние значения среднеквадратических ошибок идентификации и управления  $M_1 = 0,1$  и  $M_2 = 0,02$  соответственно.

Из графиков (см. рис. 2) видно, что переходная характеристика неуправляемого НО имеет колебательный характер, а его статическая ошибка равна 0,2. При выбранных настройках адаптивной управляющей системы, колебания в объекте полностью подавляются, а статическая ошибка регулирования равна нулю. При этом время регулирования процесса в системе несколько больше времени установления объекта и приблизительно равно 25 с.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённые исследования подтверждают эффективность использования предложенных алгоритмов для адаптивного управления динамическими объектами с неизвестной математической моделью.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Уидроу Б., Стирнз С. Адаптивная обработка сигналов. Радио и связь, 1989.
2. Гудкова Н.В. Алгоритмы адаптивной идентификации технических объектов. Автоматизация и современные технологии. 2005. № 8.
3. Гудкова Н.В. Цифровое управление техническими объектами с применением адаптивного обратного моделирования. Автоматизация и современные технологии. 2006. № 4.
4. Widrow B., Walach E. Adaptive Inverse Control. A Signal Processing Approach. NJ: Wiley, Hoboken, 2008.
5. Гудкова Н.В. Адаптивные алгоритмы регулирования уровня дискретных сигналов. Цифровая обработка сигналов. 2005. № 2.
6. Гудкова Н.В. Адаптивные цифровые фильтры в системах промышленной электроники. Автоматизация и современные технологии. 2005. № 7.





# Магнитодиэлектрики MICROMETALS

**Применение сердечников Micrometals гарантирует:**

- снижение стоимости индуктивных компонентов
- снижение потерь на 30...50% по сравнению с ферритами
- повышение надёжности аппаратуры
- оптимизацию конструкции и уменьшение габаритов индуктивных компонентов





## РЕШЕНИЯ AGILENT TECHNOLOGIES ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

30 августа 2012 г. состоялась пресс-конференция Agilent Technologies, посвящённая решениям для анализа и тестирования беспроводных сетей последнего поколения LTE/LTE-Advanced. На мероприятие были приглашены представители ведущих изданий России в области телекоммуникаций, электроники и контрольно-измерительной техники.

Рэнди Беккер и Рено Дюверн, эксперты в области тестирования беспроводных сетей компании Agilent Technologies, рассказали об основных тенденциях развития сетей, а также анонсировали выход 14 новых моделей уникального комбинированного СВЧ-анализатора FieldFox.

Коммерческое развёртывание LTE набирает обороты, в мире уже десятки сетей введены в коммерческую эксплуатацию или находятся на этапе развёртывания. При этом стандарт LTE продолжает активно развиваться. В декабре 2010 г. в Release 10 спецификации 3GPP была представлена усовершенствованная версия технологии LTE – LTE-Advanced. В ней значительно улучшена производительность, в частности, пиковая скорость передачи данных увеличена до 1 Гбит/с, что соответствует требованиям стандарта Международного союза электросвязи (МСЭ) для техноло-

гий радиосвязи четвёртого поколения (4G) IMT-Advanced.

Основной задачей разработки спецификации LTE-Advanced является увеличение скорости передачи данных и улучшение спектральной эффективности. Для этого были добавлены три новые возможности: агрегация несущих, расширенный множественный доступ в восходящем канале, а также MIMO более высокого порядка (до 8 × 8). Обе технологии являются частью экосистемы 3GPP GSM/UMTS/HSPA и поэтому должны сосуществовать и взаимодействовать с уже существующими 2G/3G-системами. Проблемы разработки и тестирования носят комплексный характер и являются чрезвычайно сложными.

Компания Agilent Technologies предлагает полный спектр решений для LTE и LTE-Advanced, начиная с создания логической схемы устройства и его прототипа до проведения контроля базовых станций и абонентских устройств на соответствие стандартам 3GPP и измерений при развёртывании и эксплуатации. Участие Agilent Technologies в работе комитетов 3GPP и МСЭ позволяет не только иметь самую актуальную информацию о текущем состоянии проекта, но и давать экспертные оценки с точки зрения проведения измерений. Информацию о предлагаемых решениях и реализованных LTE проектах всегда мож-

но найти на сайте компании Agilent: [www.agilent.com/find/LTE](http://www.agilent.com/find/LTE).

На пресс-конференции была представлена новая линейка портативных анализаторов Agilent FieldFox. Эти анализаторы могут быть использованы как кабельно-антенный тестер, анализатор спектра, векторный анализатор цепей или все три прибора в одном. Новые FieldFox охватывают диапазон частот от 4 до 26,5 ГГц и обладают точностью, сопоставимой с настольными решениями. Небольшой вес анализатора (3 кг) и защищённый корпус делают его незаменимым помощником при проведении полевых измерений во всех отраслях ВЧ- и СВЧ-техники.

Решения, предлагаемые компанией Agilent для анализа различных беспроводных стандартов 2G/3G/4G, WLAN, Bluetooth и т.п., позволяют ей уверенно занимать лидирующие позиции в этом секторе рынка и предлагать комплексные решения для разработчиков и производителей оборудования, а также операторов мобильной и спутниковой связи. Активный интерес со стороны журналистов, участвовавших в пресс-конференции, подтвердил важность данной тематики для России и большие перспективы дальнейшего развития технологий LTE/LTE-Advanced.

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

Тел.: +7 (495) 797-3928

## МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ «SENSOR EXPO: ДАТЧИКИ И ИЗМЕРЕНИЯ» И «KIP EXPO – КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ»

**KIP|Expo**  
The Measurement Event



7 – 9 ноября 2012 г. в Москве, в КВЦ «Сокольники», павильон 4.1, одновременно пройдут три выставки: «Sensor Expo: Датчики и измерения», «KIP|Expo – Контрольно-измерительное оборудование» и «SIMEXPO: Научное приборостроение».

Международные профессиональные выставки организованы российской компанией ForExpo LTD совместно с E.J. Krause & Associates, Inc., США, при поддержке Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии и Российской академии наук.

Выставки контрольно-измерительного оборудования, сенсорных и тестовых технологий – специализирован-

ные мероприятия, аудиторией которых на 90% являются профессионалы. В течение трёх дней посетители и участники выставки смогут ознакомиться с продукцией, оборудованием и новейшими технологиями для всех областей науки, отраслей промышленности и повседневной жизни, приобрести новые знания и практические навыки.

Экспозиция выставки SIMEXPO представляет специалистам широкий спектр научных приборов, предназначенных для исследований во всех областях современной науки, компонентов и материалов для производства и эксплуатации научных приборов.

Российская компания ForExpo LTD, организатор KIP|Expo и «Sensor EXPO: Датчики и измерения», на протяжении многих лет входит в число лидеров российского рынка в сфере организаций и проведения выставок и конференций. Успешная и стабильная работа компании, известность на мировом уровне и уникальность организуемых мероприятий позволяет ForExpo LTD подняться на новую ступень и совместно с крупнейшей компанией США E.J. Krause & Associates, Inc., провести в Москве три крупнейших специализированных мероприятия.

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

[www.sensor-expo.ru](http://www.sensor-expo.ru)

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



# ProSOFT<sup>®</sup>

## COMPONENTS

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

BULGIN  
Greyhill

SHARP  
analogix

International  
TOR Rectifier  
Switchcraft

BEHIC  
www.bhic.com

CREE  
analogix

NEOS LUMILEDS  
AVO

MPS

Тел.: (495) 232-25-22 • [info@prochip.ru](mailto:info@prochip.ru)

## Электроника → Транспорт

# 2012

14-16 мая 2012 г.  
Москва, ВВЦ

## VI МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

### ТЕМАТИКА:

- Системы диспетчеризации и управления
- Комплексы навигации и связи
- Системы безопасности
- Информационные системы
- Автоматика, телемеханика
- Измерительные и диагностические приборы
- Вычислительные комплексы для транспорта
- Дисплеи и индикаторы
- Источники питания, вторичные преобразователи
- Электронные компоненты для транспортного приборостроения
- Разъемы, соединители, кабели
- Светотехническая продукция

### ИННОВАЦИИ:

"Системы мониторинга и управления как средство повышения эффективности и безопасности использования автотранспорта коммерческих и муниципальных предприятий"  
Организатор: "Профессиональные Конференции", тел. (495) 33-324-66



### ПОДДЕРЖКА:



### ПОДДЕРЖКА:

тел.: +7(495) 287-4412  
E-mail: [info@e-transport.ru](mailto:info@e-transport.ru)

<http://www.e-transport.ru>



## СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 2012: СИЛА ИНТЕЛЛЕКТА И ТЕХНОЛОГИЙ

С 27 по 29 ноября в Москве в МВЦ Крокус Экспо, в павильоне № 2 пройдет 9-я Международная специализированная выставка «Силовая электроника».

На сегодняшний день выставка стала ежегодным и ожидаемым событием, на котором демонстрируются инновационные технологии и современные решения в области силовой электроники. Ведущие российские и иностранные производители представят обновленные линейки продуктов и разработки в направлениях, связанных с мощными и сверхмощными применениями, высоковольтным оборудованием, электротехникой, энергетикой, автоматикой, технологией сварки, промышленной автоматизацией, рельсовым тяговым транспортом, солнечными батареями на фотоэлементах, медицинским оборудованием, микроэлектронным сборочным производством, автомобильной и промышленной электроникой, промышленным производством электронной техники, связанной и телекоммуникационной аппаратурой, охранными системами, авиацией, железнодорожным транспортом, управлением производственными процессами, автомобильными и тракторными генераторами, атомными электростанциями, энергосберегающими технологиями и т.п.

Впервые в выставке «Силовая электроника» примет участие компания Würth Elektronik (Германия), которая является одним из мировых лидеров по производству пассивных и электро-механических компонентов.

Дебютантом выставки является и компания «КАДФЕМ Си-Ай-Эс», представляющая решения в области проектирования компонентов и систем для силовой электроники, электротехники и электромеханики. Специалистам будут предложены совместные с корпорацией Ansys (США) разработки и технологии компьютерного моделирования.

Впервые принимает участие в выставке «Силовая электроника» компания ЛИГРА (Литые игольчатые радиаторы). На стенде ЛИГРЫ вниманию посетителей будет представлена информация о 32 видах охладителей воздушного охлаждения приборов штыревой и таблечной конструкции, о выпускаемых охладителях для силовых модулей.

ЛИГРА представит образцы 12 видов радиаторных профилей и 22 видов литых радиаторов собственного производства.

Компания ЦПМК «Рустэл» представит на своём стенде датчики тока от 6000 до 10 000 А и от 10 000 до 20 000 А, спектр силового коммутационного оборудования Hunt & Weber, коммутационное оборудование Lenoir Elec и ламинированные шины ELDRE, которые применяются в качестве альтернативы проводному соединению электрических приборов.

Компания ЭКО продемонстрирует DC/DC-преобразователи Mornsun нового поколения. Данная линейка обозначается добавлением суффикса R2 к стандартному названию преобразователя, например B0505XT-1WR2. У источников питания нового поколения (R2) мощностью 1 Вт вдвое уменьшены шумы, расширен температурный диапазон –40...+105°C, вырос КПД, защита от короткого замыкания стала долговременной, улучшена стабильность источников при малой нагрузке.

Компания «Ландата» (Landata), входящая в Группу компаний «Систематика», – ведущий дистрибьютор высококачественного сетевого, телекоммуникационного, компьютерного, периферийного и контрольно-измерительного оборудования. На предстоящей выставке «Силовая электроника 2012» компания представит оборудование Fluke Industrial: тепловизоры, токовые клещи, пирометры, мультиметры, анализаторы качества электропитания, осциллографы.

Компания АВВ (Швейцария), ведущий поставщик силового оборудования и технологий для электроэнергетики и автоматизации производства, представит силовые полупроводниковые приборы, а именно: полупроводниковые кристаллы, тиристорные модули с блоком управления, диоды, супрессоры, тиристоры различных типов, IGBT-модули.

Компания «Новые технологии» из Новосибирска на предстоящей выставке планирует большой акцент сделать на продукции CELEM (Израиль): специализированные конденсаторы и высокочастотные трансформаторы, применяемые в производстве оборудования для индукционного нагрева.

Компания «Авитон» выходит на выставку с новой линейкой AC/DC-источ-

ников питания Mean Well для промышленного применения в корпусе 1U и DC/DC-преобразователей Blitz-power мощностью 6 Вт с диапазоном входных напряжений 4 : 1.

Российский производитель, ОАО «Электровыпрямитель», на своём стенде представит новые высоковольтные тиристоры с рабочим напряжением 6...7 кВ, тиристоры с оптическим управлением (фототиристоры) и лазерные волоконно-оптические модули, супер-высоковольтные диоды с напряжением 8...10 кВ, высоковольтный выпрямительный диодный модуль СД-2-50.

Научно-тематический центр силовой электроники ОАО «НИИ Вычислительных комплексов им. М.А. Карцева» представит свои разработки и готовые решения.

Производителям микроэлектронных изделий, гибридных интегральных микросхем, микрополосковых плат микросборок, тонкоплёночных резисторов будет что обсудить на стенде компании «Изовак», специализирующейся на разработке и производстве вакуумного напылительного оборудования.

Впервые компания Infineon Technologies представит IGBT-модули средней мощности с нанесённым теплопроводящим материалом TIM. Современный теплопроводящий материал, эксклюзивно разработанный для модулей компании Infineon, превосходит доступные на рынке термопасты общего применения.

28 ноября состоится семинар «Источники питания для светодиодной техники. Экономические и технические вопросы», который будет проходить уже в третий раз. На семинаре будут рассмотрены вопросы стандартов, технических регламентов, оценки рынка и перспективы его развития. Своё участие в семинаре в качестве докладчиков подтвердили компании «Авитон» и «Конкур электрик».

28 ноября станет также и Днём высокой моды силовой электроники. Уже стало доброй традицией для участников представлять свои новые разработки в дни работы выставки. На свои авторские технические семинары приглашают компании: Semikron, АЙ-ДЖИ-БИ-ТИ Электроникс, ОАО «Протон».

*Ваш бесплатный  
пригласительный билет на сайте  
[www.powerelectronics.ru](http://www.powerelectronics.ru)*



# ЭНЕРГИЯ ВАШЕГО РАЗВИТИЯ

## 9-я Международная выставка и конференция СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

**POWER  
ELECTRONICS** 

Датчики и сенсоры • Интеллектуальный контроль двигателей • Источники питания • Магниты и материалы сердечников • Пассивные компоненты • Полупроводниковые компоненты • Преобразователи напряжения • Распределительные устройства • Сервомоторы и актуаторы • Тестирование и измерение • Технологии энергоэффективности и энергосбережения • Узлы и сборки • Управление тепловыделением • Электроэнергетика • Гибридные технологии

**27 - 29 ноября 2012**  
**Москва, Крокус-Экспо**

Организаторы:



primexpo



RTS GROUP INC.



ufi



Тел.: +7 (812) 380 6003/ 07  
Факс: +7 (812) 380 6001/ 00  
E-mail: power@primexpo.ru

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

Реклама



# Выставка «Новая электроника-2013»

Выставка «Новая электроника-2013» пройдет 26–28 марта 2013 г. в Экспоцентре на Красной Пресне (ст. метро «Выставочная»).

newElectronics<sup>®</sup> RUSSIA

Экспозиция выставки разместится на площади 8000 кв. м в залах 3 – 6 Павильона № 7. По состоянию на середину сентября зарезервировано более 70% площади. Работа по расширению числа участников выставки идёт полным ходом.

Представляем вашему вниманию компании, которые впервые выбрали выставку «Новая электроника» для презентации своей продукции, и компании, ставшие нашими постоянными партнёрами.

Дебютанты выставки «Новая электроника-2013»: компании «Имотэк», «Гамма СПб», «Прософт», ТТТ, Tesla, Online Электроникс.

В выставке принимают участие крупнейшие российские компании, поставляющие на российский рынок более 90% электронных компонентов и модулей. В их числе: «Алкон», «Гамма», «Группа компаний Симметрон», «Диал-Компонент», ИМОТЭК, «Компэл», КТЦ-МК, «Макро Групп», «Марафон», «Мегалит-Элком», «МикроЭМ», «Модуль», «МТ-Систем», «Неон-ЭК», «ПетроИнТрейд» (PT Electronics), «Платан», «Прибор-Системы», «Прист», «Промэлектроника», «Прософт», «Радикс-Элком», «Радиокомп», «Росспецпоставка», «Сканти-Рус», «Группа компаний ФЭК», ЭКЗИП, ЭЛИКС, ЭЛТЕХ, ЭФО и др.

Зарубежные партнёры: Altway Electronics Inc. (США), GK Electronics Co., Ltd (Гонконг), Avnet Silica (глобальный дистрибьютор), Tesla Electric (США), ТТТ (глобальный дистрибьютор), Axonim Devices Company (Беларусь).

На стенде Axonim Devices будут представлены новые сервисы компании (т.к. компания сервисная):

- разработка алгоритмов видеоанализа (построение 3D-мира с помощью стереоскопического зрения, восстановление траектории движения, применение видеоанализа для автоматизации производства);
- совместно с компаниями-партнёрами будут показаны процессорные модули на базе чипов от ведущих производителей Texas Instruments, Analog Devices и Xilinx.

Компания Inteltek GmbH, Германия, основана в 1987 г. и работает как дистрибьютор на рынке полупроводников,

индуктивных компонентов, дисплеев и кварцев. Ведущие линии – Atmel, Epson, Inside Secure, Redpine Signals, AMIC, Macronix, Fremont Micro Devices, Inova Semiconductors, TouchDesign. Компания оказывает квалифицированную техническую поддержку проектов. На выставке «Новая электроника 2013» компания представит новые 8- и 32-рядные микроконтроллеры Atmel на ядрах AVR/AVR32, Cortex-M4, Cortex-A5, микроконтроллеры Epson для управления LCD-дисплеями и дисплеями на электронной бумаге, MEMS-компоненты Epson, высокопроизводительные промышленные Wi-Fi-модули Redpine Signals и широкий спектр микросхем последовательной энергонезависимой памяти. Также будут представлены разнообразные сенсорные решения.

Немецкая компания ODU ([www.odu.de](http://www.odu.de), [www.odu.ru](http://www.odu.ru)) представляет инновационное семейство разъёмов для носимой аппаратуры ODU AMC (Advanced Military Connector) – облегчённые, с отличным экранированием, герметичные, работают в расширенном температурном диапазоне, есть версия с подпружиненными контактами, разнообразные вставки для скоростной передачи данных. Разъёмы прошли испытания и поставляются в войска в рамках проекта «Солдат будущего». На выставке Soldier Technology-2012 разъёмы ODU AMC для высокоскоростной передачи данных получили награду за лучшее инновационное решение.

На стенде компании Rohde & Scharz (Германия) планируются демонстрации следующие новинки:

- ESR – новый широкополосный измерительный приемник ЭМП, ускоряющий проведение измерений до 6000 раз по сравнению с другими системами. Имеющиеся комплексные диагностические инструменты: отображение спектрограмм, анализ спектра в реальном времени и анализ ПЧ помогают разработчикам выявлять и устранять ЭМП;
- SGS100A – это самый маленький векторный генератор сигналов из числа имеющихся на рынке. SGS100A вы-

пускается как источник несущей до частот 6 и 12,75 ГГц, а также как источник векторных сигналов с частотой до 6 и 12,75 ГГц. Это делает его идеальным в качестве местного гетеродина (LO), а также для задач исследования влияния помех вплоть до указанных частот;

- FSW – анализатор спектра и сигналов. Новые возможности анализатора: программное обеспечение FSW-K10 позволяет проводить анализ GSM, EDGE, EDGE Evolution и VAMOS сигналов; программное обеспечение FSW-K100/104 позволяет проводить анализ нисходящих сигналов EUTRA/LTE FDD/TDD; режим MSRA (мультистандартный радиоанализатор) поддерживается для векторного анализа сигналов FSW-K70.

На выставке формируется два национальных павильона: China Pavilion и Taiwan Pavilion.

Для создания на выставке коллективной экспозиции «Радиоэлектронный комплекс России» зарезервирован стенд площадью 150 кв. метров.

Деловая программа размещена на сайте мероприятия <http://www.new-electronics.info/programm>.

Председателем Оргкомитета выставки традиционно является Александр Сергеевич Якунин – директор департамента радиоэлектроники Министерства промышленности и торговли РФ. В состав Оргкомитета также входят представители федеральных, городских и коммерческих структур.

Выставка «Новая электроника-2013» станет самым значимым и представительным мероприятием отрасли.

В каталоге выставки наряду с текстовым описанием компании планируется размещать QR-код, который даст возможность сразу считать необходимую информацию в мобильные устройства на базе Android. Участники могут сами определить объём информации о них, который можно закодировать в QR-коде.

Оформить заявку на участие можно на сайте выставки:

<http://www.new-electronics.info/appform>

Подробная информация по тел.:

+7 (495) 221-50-15

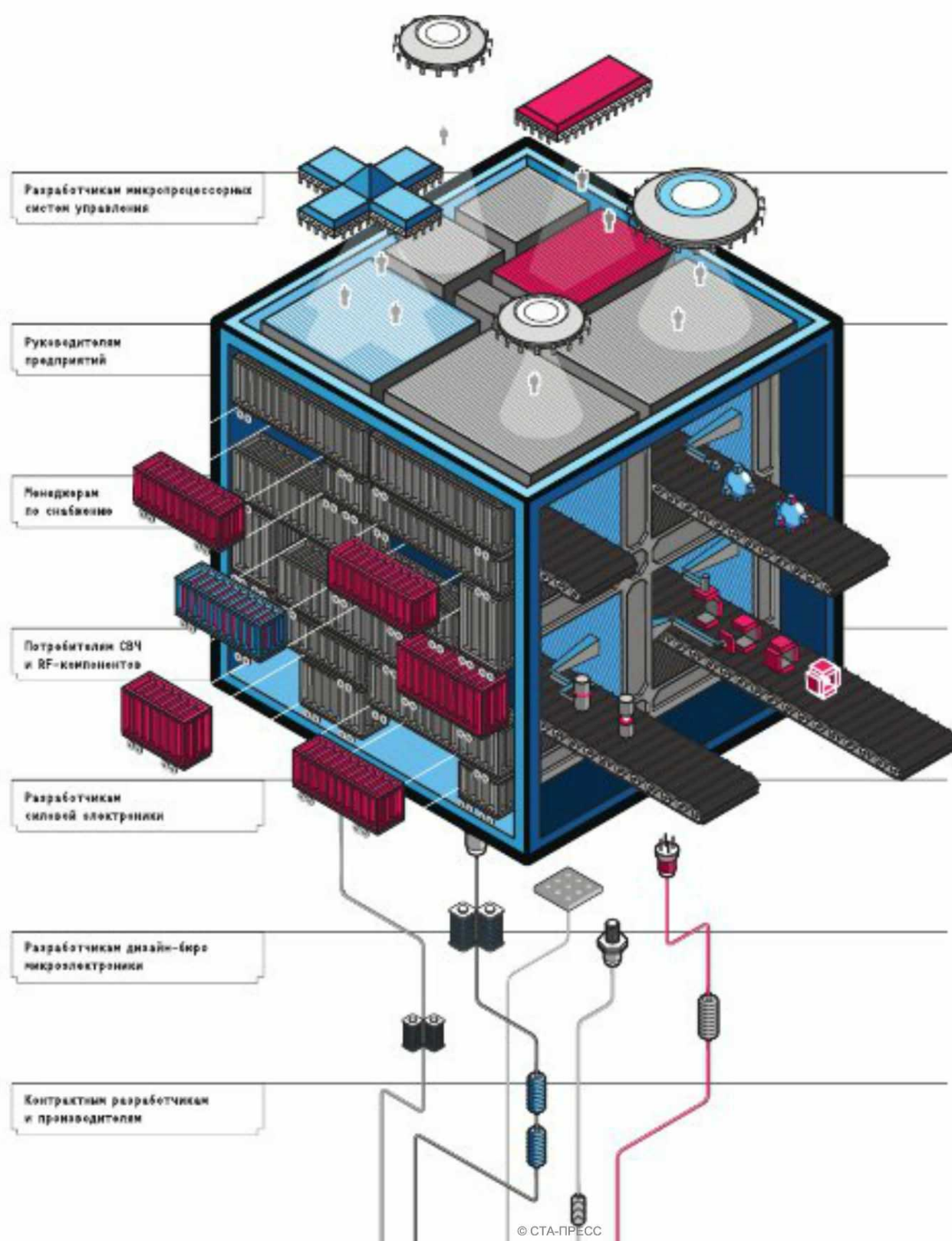


# НОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА / РОССИЯ

## 26–28 МАРТА 2013

МОСКВА  
ЭКСПОЦЕНТР  
НА КРАСНОЙ ПРЕСНЕ

главная российская выставка электронных компонентов и модулей





**ForExpo LTD (Россия), совместно с E.J. Krause & Associates, Inc. (США), представляют:**

**7–9 ноября 2012 года  
Россия, Москва  
КВЦ «Сокольники», пав. 4.1**

- Крупнейшее специализированное мероприятие Европы\*
- Лучшая выставочная площадка Москвы
- Самая масштабная рекламная кампания
- При поддержке Федерального Агентства по Техническому Регулированию и Метрологии и Российской Академии Наук
- Международные Профессиональные выставки «Контрольно-Измерительного Оборудования, Сенсорных и Тестовых Технологий» - единственные в России специализированные мероприятия, аудиторией которых на 90% являются профессионалы. В течение трех дней посетители и участники выставки смогут ознакомиться с продукцией, оборудованием и новейшими технологиями для всех областей науки, отраслей промышленности и повседневной жизни, приобрести новые знания и практические навыки. Выставки проводятся при поддержке Федерального Агентства по Техническому Регулированию и Метрологии (Ростехрегулирование)
- «SIMEXPO – Научное приборостроение» – выставка, предоставляющая специалистам возможность оценки всего спектра производимых научных приборов, предназначенных для исследований во всех областях современной науки, компонентов и материалов для производства и эксплуатации научных приборов, а также представительства и официальных дилеров ведущих зарубежных компаний

**+7 (495) 640-24-19  
E-mail: [kip@forexpo.ru](mailto:kip@forexpo.ru)**



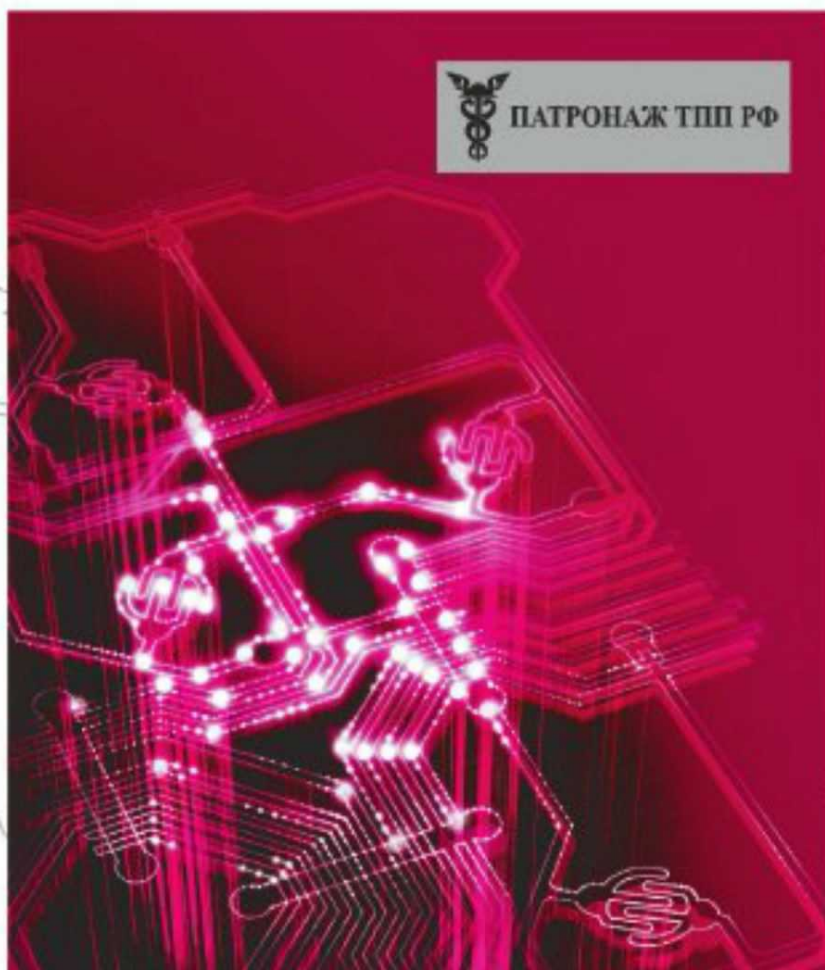


# РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

XII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА



ПАТРОНАЖ ТПП РФ



- Электронные компоненты
- Комплектующие
- Печатные платы
- Светотехника
- Материалы
- Конструктивы
- Технологии
- Промышленное оборудование и инструменты
- Контрольно-измерительные приборы и лабораторное оборудование

Организаторы выставки:



**FarEXPO**



radel2@orticon.com, [www.farexpo.ru/radel](http://www.farexpo.ru/radel)  
тел.: +7 (812) 777-04-07, 718-35-37

Место проведения: Санкт-Петербург, СКК, пр. Ю. Гагарина, 8, м. «Парк Победы»

## 24–26 октября 2012

Санкт-Петербург, СКК

Реклама



## Серия светодиодных кластеров XLD-LINE с питанием 12 или 24 В



Светодиодные кластеры серии XLD-Line-12/24V предназначены для подсветки витрин, карнизов, декоративного и дизайнерского освещения.

Широкий ассортимент, возможность деления, простота наращивания и подключения делают кластеры удобными для реализации проектов любого уровня сложности.

### Преимущества

- Питание от источника постоянного напряжения 12 или 24 В
- Простота подключения благодаря специальным разъемам
- Деление на отрезки
- Коммутация кластеров в линию произвольной длины
- Высокий световой поток
- Широкий диапазон рабочих температур от  $-40...+70^{\circ}\text{C}$
- Безопасное низковольтное оборудование
- Срок службы не менее 50 000 часов

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ XLIGHT

**ProSoft®**

Тел.: (495) 232-1652 • [info@xlight.ru](mailto:info@xlight.ru) • [www.xlight.ru](http://www.xlight.ru)





**10-12**  
**АПРЕЛЯ 2013**

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:

**КРОКУС ЭКСПО  
МОСКВА**

  
Approved  
Event

ВСЕ ЦВЕТ  
ЭЛЕКТРОНИКИ

**Е • Х • Р • О**   
**ELECTRONICA**

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

Организаторы:



primexpo



ITE GROUP PLC



При участии:



ЭЛИНТ СП  
Инновационный СБ

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

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



&gt;Syn Rec MOSFET

&gt;40V

&gt;60V

&gt;75V

&gt;100V



# $R_{DS(on)}$ ниже - КПД выше!

| Наименование                | $V_{ds}$ (В) | $I_d$ (А) | $R_{ds(on)}$ макс. @ 10В (мОм) | $Q_g$ (нКл) | Корпус         |
|-----------------------------|--------------|-----------|--------------------------------|-------------|----------------|
| IRFS3004-7PPBF              | 40           | 240       | 1,25                           | 160         | D2PAK-7        |
| IRFP4004PBF                 | 40           | 195       | 1,7                            | 220         | TO-247         |
| IRFS3004PBF/<br>IRFB3004PBF | 40           | 195       | 1,75                           | 160         | D2PAK / TO-220 |
| IRFH5004                    | 40           | 100       | 2,6                            | 73          | PQFN5x6        |
| IRFS3006-7PPBF              | 60           | 240       | 2,1                            | 200         | D2PAK-7        |
| IRFS3006PBF/<br>IRFB3006PBF | 60           | 195       | 2,5                            | 200         | D2PAK / TO-220 |
| IRFB3206PBF                 | 60           | 210       | 3,0                            | 120         | TO-220         |
| IRFS3206PBF/<br>IRFB3206PBF | 60           | 210       | 3,0                            | 120         | D2PAK / TO-247 |
| IRFH5006                    | 60           | 100       | 4,1                            | 67          | PQFN5x6        |
| IRFP4368PBF                 | 75           | 195       | 1,85                           | 380         | TO-247         |
| IRFS3107-7PPBF              | 75           | 240       | 2,6                            | 160         | D2PAK-7        |
| IRFS3107PBF                 | 75           | 195       | 3,0                            | 160         | D2PAK          |
| IRFB3077PBF                 | 75           | 210       | 3,3                            | 160         | TO-220         |
| IRFH5007                    | 75           | 100       | 5,9                            | 65          | PQFN5x6        |
| IRFP4468PBF                 | 100          | 195       | 2,6                            | 360         | TO-247         |
| IRFS4010-7PPBF              | 100          | 190       | 4,0                            | 150         | D2PAK-7        |
| IRFB4110PBF                 | 100          | 120       | 4,5                            | 150         | TO-220         |
| IRFS4010PBF                 | 100          | 180       | 4,7                            | 143         | TO-220         |
| IRFH5010                    | 100          | 100       | 9,0                            | 65          | PQFN5x6        |
| IRFP4568PBF                 | 150          | 171       | 5,9                            | 151         | TO-247         |
| IRFB4115PBF                 | 150          | 104       | 11,0                           | 77          | TO-220         |
| IRFS4115PBF                 | 150          | 99        | 12,1                           | 77          | D2PAK          |
| IRFH5015                    | 150          | 56        | 31,0                           | 33          | PQFN5x6        |
| IRFH5020                    | 200          | 43        | 55,0                           | 36          | PQFN5x6        |
| IRFH5025                    | 250          | 32        | 100,0                          | 37          | PQFN5x6        |

- Подходят для синхронного выпрямления
- Оптимизированы для быстрого переключения
- $R_{ds(on)}$  ниже на 20% \*
- Плотность мощности выше на 20% \*

\* По сравнению с предыдущими поколениями MOSFET

**ЛУЧШИЕ  
в отрасли**

**Компэл**  
www.compel.ru

Москва  
Тех. поддержка:  
Соломатин Максим  
Тел.: (495) 234-7764, доб. 2257  
E-mail: ir@compel.ru

Санкт-Петербург  
Тех. поддержка:  
Калинин Сергей  
Тел.: (812) 327-9404, доб. 4340  
E-mail: ir@compel.ru

International  
**IQR** Rectifier  
THE POWER MANAGEMENT LEADER