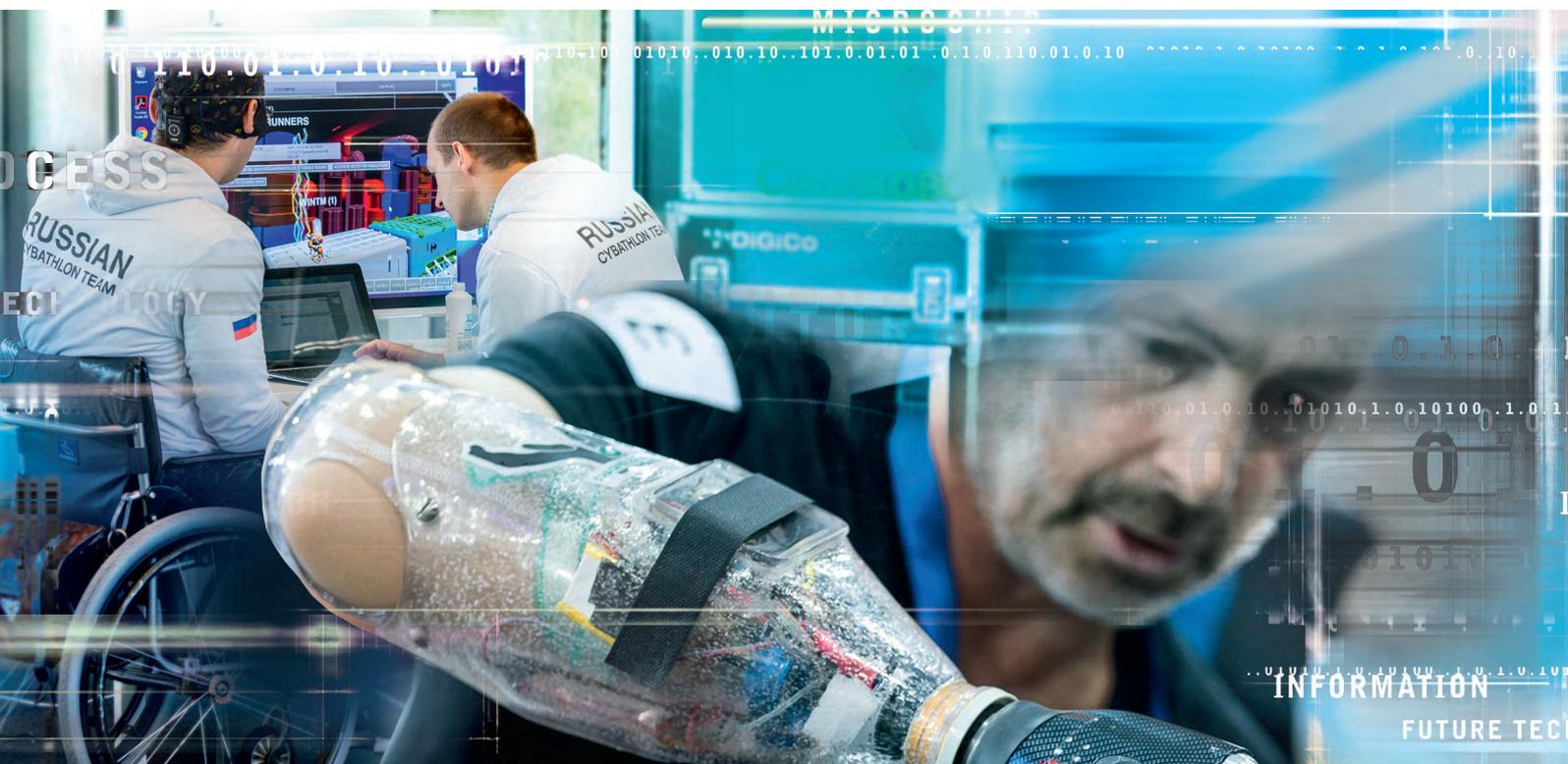


# СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 9 2016



## В НОМЕРЕ:

- Госсубсидии для российских производителей
- Зависимость российской электроники от госзаказа
- Новые технологии микроэлектроники в нейрокompьютерах
- Менеджер питания мобильных устройств на базе MPQ5480
- ЖК-панели компании AUO для спецприложений
- Быстрое внедрение технологий RAM-4
- Кибатлон – будущее с неограниченными возможностями
- «Фестиваль инноваций» форума «Микроэлектроника 2016»

и многое другое...



App Store



Google Play



# ЭКСПО КОНТРОЛЬ

Премиум выставка приборов и средств  
контроля, измерений, испытаний

## 28 Февраля – 2 Марта 2017 г. Москва, Экспоцентр

### 9-я специализированная выставка приборов и средств для контроля качества, измерений и испытаний

#### Разделы выставки:



Контроль  
и измерения



Датчики  
и сенсоры



Испытания  
и тестирование



Неразрушающий  
контроль



Бесконтактные  
измерения



Линейно-  
угловые  
измерения



Аналитика



Микроскоп



3D -  
измерения



Обработка  
изображений  
и машинное  
зрение

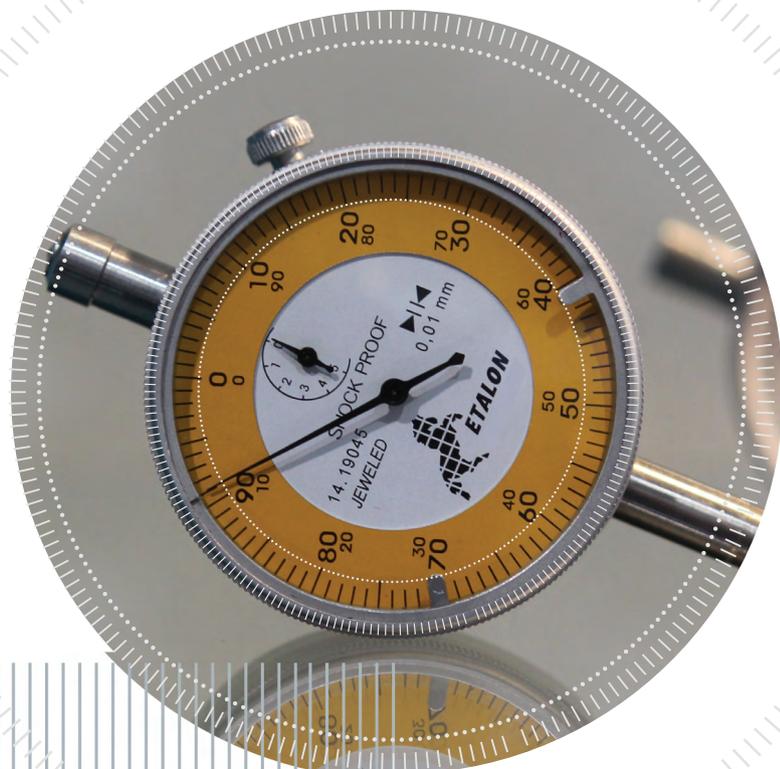
В рамках выставки:

#### Салон «Space & Defense Testing»

Дни испытательной техники  
и тестового оборудования  
для аэрокосмического  
и оборонного комплексов

#### Салон «Геометрический & 3D контроль»

Дни высокоточных  
промышленно-измерительных систем  
и метрологического оборудования



12+

Тел. : + 7 495 726 20 91  
[expo-control.com](http://expo-control.com)

[www.экспо-контроль.рф](http://www.экспо-контроль.рф)  
[www.rual-expo.ru](http://www.rual-expo.ru)

Реклама

# SMW200A:

## Широкая полоса — широкие возможности

**3** года  
гарантии

Расширяется до 5 лет

- Частотный диапазон от 100 кГц до 3/6/12,75/20/31,8/40ГГц
- Ширина полосы встроенного ARB генератора 2ГГц на несущей выше 2,5ГГц
- Неравномерность АЧХ в полосе модуляции 2ГГц менее 0,4 дБ
- Один или два независимых ВЧ канала с возможностью расширения до 8 каналов
- От одного до восьми встроенных генераторов модулирующих сигналов
- Возможность создания эхо откликов радара, имитация до 24 целей в реальном времени
- Идеальное решение для создания когерентных систем



Реклама

[www.rohde-schwarz.com](http://www.rohde-schwarz.com)

Примечание: не все перечисленные опции совместимы друг с другом

## Главный редактор

А.А. Смирнов

## Заместитель главного редактора

А.А. Хлынов

## Редакционная коллегия

А.Е. Балакирев, В.К. Жданкин,  
С.А. Сорокин, А.Н. Туркин,  
Р.Х. Хахимов

## Литературный редактор

О.И. Семёнова

## Вёрстка

М.В. Петрова

## Обложка

Д.В. Юсим

## Распространение

И.С. Лобанова  
(info@soel.ru)

## Реклама

И.Е. Савина  
(advert@soel.ru)

## Учредитель и издатель ООО «СТА-ПРЕСС»

Генеральный директор К.В. Седов  
Адрес учредителя, издателя  
и редакции: ул. Чертановская,  
д. 50, корп. 1, г. Москва, 117534  
Почтовый адрес:  
119313, Москва, а/я 26  
Телефон: (495) 232-0087  
Факс: (495) 232-1653  
Сайт: www.soel.ru  
E-mail: info@soel.ru



Производственно-практический журнал  
Выходит 9 раз в год  
Тираж 10 000 экземпляров

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе  
по надзору за соблюдением законодательства  
в сфере массовых коммуникаций  
и охране культурного наследия  
(свидетельство ПИ № ФС77-18792  
от 28 октября 2004 года)

Свидетельство № 00271-000  
о внесении в Реестр надёжных партнёров  
Торгово-промышленной палаты Российской Федерации

Подписные индексы по каталогу  
агентства «Роспечать»:  
на полугодие – 46459, на год – 36280.

Свободная цена

Отпечатано: ООО «МЕДИАКОЛОП»  
Адрес: 105187, г. Москва, ул. Вольная, д. 28, стр. 10  
Тел./факс: (495) 786-7714

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.  
Мнение редакции не обязательно совпадает  
с мнением авторов.  
Все упомянутые в публикациях журнала наименования  
продукции и товарные знаки являются собственностью  
соответствующих владельцев.

© СТА-ПРЕСС, 2016

# 9/2016 Contents

## MARKET

Russian Market News .....	4
Russian Electronics Manufacturers Will Get the State Subsidies .....	8
How Does Russian Electronics Industry Can Break the Dependency from Government Orders? ... <i>Vladimir Ten</i>	12

## MODERN TECHNOLOGIES

The Choice of Composition for Metallization Pastes and Develop of Technology Metallization for Ceramics of Aluminum Nitride .....	16
<i>Yuriy Nepochatov, Ivan Krasnyi Valeriy Gribanov, Svetlana Kumacheva, Anastasiya Denisova</i>	
The Introduction of New Microelectronics Technologies in Development of Neurocomputers .....	20
<i>Aleksandr Galushkin</i>	
Functional testing of RAM .....	23
<i>Aleksandr Lanovoy</i>	
Soon Cars will Truly Sense Their Environment .....	24
<i>Jan Provoost</i>	

## ELEMENTS AND COMPONENTS

Modern 32-bit ARM Microcontrollers Series STM32: Debugging Board Open746I-C Standard Based on STM32F746IGT6 .....	26
<i>Oleg Val'pa</i>	
Power Manager for Mobile Devices with Use MPQ5480 .....	30
<i>Aleksandr Sherba</i>	

## DEVICES AND SYSTEMS

Modern AUO's TFT-LCD Panels and Modules for Professional Application .....	34
<i>Yuriy Petropavlovskiy</i>	
Intel Skylake Processors: Diversity and Application. Part 2 .....	42
<i>Lyubov Babushkina</i>	

## ENGINEERING SOLUTIONS

Devices application practice on the MCU display modules by 4D Systems. Part 1 .....	46
<i>Pavel Red'kin</i>	

## DESIGN AND SIMULATION

Rapid Adoption of the PAM-4 Technology in a Variety of Applications .....	54
<i>Fangyi Rao, Heidi Barnes</i>	
Why We Should Go from P-CAD to Altium Designer? .....	58
<i>Egor Chirikov</i>	
Design and Simulation of PCB in CAD Allegro. Part 1 .....	66
<i>Aleksandr Panov</i>	
Implementation of Custom Floating Point Format Based on FPGA Xilinx .....	72
<i>Aleksandr Kapitanov</i>	

## PAGES OF HISTORY

The Soviet Power Electronics Inventor Confession .....	78
<i>Petr Novysh</i>	

## EVENTS

Cyathlon - Future with Unlimited Possibilities .....	80
Precise Measurements - the Basis of Quality and Safety .....	84
«Festival of innovations» by «Microelectronics 2016» forum .....	88

## MAGAZINE SUBJECT INDEX 2016

92

# Содержание 9/2016

## РЫНОК

- 4 **Новости российского рынка**
- 8 **Российские производители электроники получают государственные субсидии**
- 12 **Как преодолеть зависимость российской электроники от госзаказа?**  
*Владимир Тен*

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 16 **Выбор составов металлизационных паст и разработка технологии металлизации керамики из нитрида алюминия**  
*Юрий Непочатов, Иван Красный, Валерий Грибанов, Светлана Кумачёва, Анастасия Денисова*
- 20 **Внедрение новых технологий микроэлектроники в разработки нейрокомпьютеров**  
*Александр Галушкин*
- 23 **Функциональное тестирование микросхем ОЗУ**  
*Александр Лановой*
- 24 **Скоро автомобили научатся «видеть»**  
*Ян Провост*

## ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- 26 **Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: отладочная плата Open7461-C Standart на основе STM32F746IGT6**  
*Олег Вальпа*
- 30 **Менеджер питания мобильных устройств на базе микросхемы MPQ5480**  
*Александр Щерба*

## ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- 34 **Современные ЖК-панели и модули компании AUO для профессиональных приложений**  
*Юрий Петропавловский*
- 42 **Процессоры Intel Skylake: многообразие и применение. Часть 2**  
*Любовь Бабушкина*

## ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

- 46 **Практика применения в устройствах на микроконтроллерах дисплейных модулей от 4D Systems. Часть 1**  
*Павел Редькин*

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 54 **Быстрое внедрение технологий PAM-4 в различных приложениях**  
*Фанги Рао, Хейди Барнс*
- 58 **Зачем переходить с P-CAD на Altium Designer?**  
*Егор Чириков*
- 66 **Проектирование и моделирование печатных плат в САПР Allegro. Часть 1**  
*Александр Панов*
- 72 **Реализация формата данных с плавающей запятой для ЦОС на базе ПЛИС Xilinx**  
*Александр Капитанов*

## СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

- 78 **Исповедь советского изобретателя в области силовой электроники**  
*Пётр Новыш*

## СОБЫТИЯ

- 80 **Кибатлон – будущее с неограниченными возможностями**
- 84 **Точные измерения – основа качества и безопасности**
- 88 **«Фестиваль инноваций» форума «Микроэлектроника 2016»**
- 92 **СВОДНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛА ЗА 2016 ГОД**

## ПОДПИСКА

2017

Концепция распространения журнала – бесплатная подписка для специалистов.



Предусмотрена подписка на печатную версию журнала или его электронный вариант.

Условие сохранения такой подписки – своевременное её продление на каждый последующий год.

Редакция напоминает о необходимости продления подписки на 2017 год.

## Электронная версия для мобильных устройств

Скачивайте бесплатное приложение «Современная электроника» в **Google Play** для пользователей устройств на платформе Android (в разделе «Приложения/Бизнес») и **App Store** для пользователей iOS (в разделе «Бизнес»). С помощью этого приложения можно бесплатно читать с экрана номера наших журналов. К новым номерам журнала доступ в приложении платный.

## ПЛАТНАЯ ПОДПИСКА

### Преимущества:

- журнал будет гарантированно доставлен, тогда как при бесплатной подписке редакция гарантирует только отправку, но не доставку журнала;
- подписаться может любой желающий;
- 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.

### «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

### РЫНОК

#### ICAPE подводит итоги года

В 2016 г. европейский лидер по производству печатных плат и заказных технических деталей компания ICAPE расширила спектр предоставляемых услуг, ввела в продажу новые линейки товаров, усилила контроль качества выпускаемой продукции и подготовила много интересных решений для своих клиентов.

Одним из самых важных моментов уходящего года стало открытие пяти новых филиалов по всему миру: представительства в Италии, Мексике, Германии, Сингапуре и Калифорнии (США).

Ярким событием стало и то, что российский офис ООО «АЙКЕЙП РУС» запустил новую услугу «ICAPE Quick Turn Service» (IQTS) для своих заказчиков. Сервис «Изготовление и поставка печатных плат в максимально короткий срок» идеально подходит для прототипного и мелкосерийного производства – для заказов менее 5 м<sup>2</sup>. Стан-

дартные сроки производства составляют от трёх (1L, 2L, 4L) до десяти (8L, 10L) рабочих дней. Для плат на алюминиевом основании с напряжением до 2 Вт/(м×К) и финишной толщиной 1,6 мм изготовление занимает пять рабочих дней. IQTS уже пользуется большой популярностью по всему миру: за текущий год было совершено более 630 заказов с общим доходом €470 тысяч.

Новую линейку своей продукции представила и компания CIPEM, входящая в состав холдинга ICAPE, специализирующаяся на производстве заказных технических деталей. Теперь заказчики по всему миру получили возможность изготовления заказных электродвигателей от CIPEM: электродвигатели PMDC (товары широкого потребления и бытовая техника), электродвигатели с экранированными полюсами (вентиляторы и пылесосы), конденсаторные электродвигатели с низкой скоростью вращения (стиральные машины и регуляторы воздуха).



Наиболее популярными продуктами на российском рынке в 2016 г. стали пластиковые корпуса и части, LCD/LED-дисплеи, источники питания, печатные платы с монтажом, разъёмы, кабели и зарядные устройства.

В начале 2017 г. компания ICAPE обещает порадовать своих заказчиков возможностью рассчитывать и оформлять заказ на официальном сайте компании в режиме online. В настоящий момент данная услуга успешно реализуется в Европе и Америке.

По всем интересующим вопросам обращайтесь в российский офис компании ICAPE.

[www.icape-group.com/ru](http://www.icape-group.com/ru)

Тел.: (495) 668-1133

#### Воспитание интереса к изучению радиоэлектроники

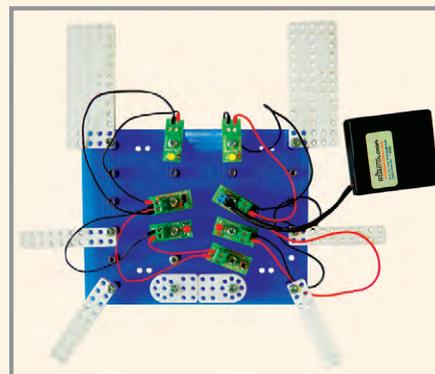
Потребность современного общества в воспитании нового поколения инженеров-разработчиков в области электроники и автоматики диктует необходимость появления на рынке новых инструментов, с помощью которых возвращается мода на детское техническое творчество.

На российском рынке появились развивающие наборы по изучению радиоэлектроники и схемотехники, доступные для детей с шестилетнего возраста. Что нужно сделать, чтобы ребёнок заинтересовался радиоэлектроникой в столь раннем возрасте? Прежде всего, необходим минимальный порог вхождения в эту область знаний. Здесь важную роль играет доступность

подачи материала и безопасность развивающего набора, а увлекательность экспериментов гарантирована всегда.

Радиоконструктор позволяет в доступной форме заниматься изучением схемотехники, знакомит детей с назначением основных радиоэлементов, читать принципиальные схемы и создавать собственные проекты.

В составе решения – учебная плата, на которую с помощью металлического крепежа M4 монтируются радиоэлементы в форме печатных плат с клеммниками и соединяются проводами согласно схеме. Дополняет радиоконструктор набор пластин из пластика, что позволяет ребёнку создавать



объёмные модели. Радиоконструктор также подходит для семейного технического творчества.

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

Тел.: (343) 344-5080

### СОБЫТИЯ

#### Вместе весело шагать

21–22 сентября 2016 г. в петербургском «Экспофоруме» состоялся второй этап конкурса профессионального мастерства среди обучающихся государственных профессиональных образовательных учреждений Северной столицы «Шаг в профессию 2016». В рамках данного мероприятия Санкт-Петербургский колледж электроники и приборостроения при поддержке компании «Диполь» организовал профессиональные испытания для своих подопечных – будущих радиомехаников и монтажников радиоэлектронной аппаратуры и приборов.

В ходе второго этапа учащимся, вышедшим в финал после регионального конкурса, предстояло провести сборку и монтаж печатной платы. В процессе испытаний будущие специалисты выполняли назначенные по плану этапы заданий.

Для проверки результатов все работы проходили контроль на специально оборудованном столе ОТК. Право оценки было предоставлено жюри, состоящему из действующих специалистов предприятий – мастеров, начальников участков и отделов.



Все операции проводились на рабочих местах и оборудовании, предоставленном компанией «Диполь». Лауреаты конкурса были отмечены призами компании.

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

Тел.: (812) 702-1266

## Новости российского рынка

### Cadence облегчит переход с Altium P-CAD на Cadence Allegro

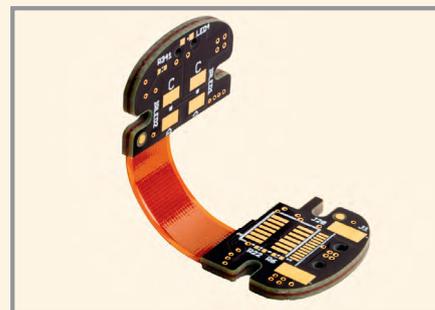
Компания Cadence объявила о начале действия специальных скидок на переход с P-CAD (торговая марка Altium Limited) на Cadence Allegro.

Пользователи САПР P-CAD теперь могут перейти на Cadence Allegro с оплатой только 50% стоимости (до 10 декабря 2016 г.). При переходе на недорогой Cadence OrCAD (Allegro inside) скидки могут быть выше.

Новый транслятор из P-CAD в Allegro, представленный компанией PCB SOFT, обеспечивает безошибочную конвертацию проектов, а также позволяет настроить функционал под конкретного заказчика. После импорта пользователь может использовать библиотеки компонентов, трассировать плату, менять ограничения, а после трассиров-

ки при желании экспортировать результаты назад в P-CAD.

«САПР Allegro становится всё более популярным в России, и мы рады, что можем сделать это решение, которым пользуются мировые лидеры электроники, ещё более доступным для российских пользователей, – говорит технический директор холдинга PCB technology Александр Акулин. – Новый релиз Cadence Allegro 17.2 содержит мощные усовершенствования для гибко-жестких и высокоскоростных плат, для совместной командной трассировки, для интеграции с 3D-САПР, а моделирование в Cadence PSPICE и Sigrity позволяют нашим заказчикам в разы сократить затраты на разработку. Надеюсь, что скидки дадут российским компаниям возмож-



ность выбрать оптимальную конфигурацию САПР и сделать процесс разработки ещё эффективнее. Например, в нашем дизайн-центре использование Allegro дало возможность вдвое ускорить разработку сложнейших плат, а новые сотрудники осваивают её после других САПР не более чем за месяц».

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

Тел.: (800) 333-9722

## ИНСТРУМЕНТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

### Индивидуальное проектирование чистых зон

Одним из ключевых направлений деятельности ЗАО «Ламинарные системы» является создание локальных пространственных конструкций, обеспечивающих заданные параметры чистоты – чистых зон.



С начала этого года было реализовано более 15 проектов по созданию чистых зон для промышленных предприятий. Положительной тенденцией является высокий процент повторных обращений. Очередным реализованным проектом для одного из постоянных клиентов предприятия стала чистая зона класса 5 ИСО по ГОСТ ИСО 14644-1-2002 для организации процесса напыления оптических деталей. С учётом требований заказчика, ограждающие конструкции чистой зоны выполнены из металлических панелей с антистатическим порошковым покрытием с соблюдением допуска по толщине окрасочного слоя (несоблюдение данного требования влечёт за собой утрату антистатических свойств покрытия).

Чистые зоны марки LAMSYSTEMS имеют широкий спектр применения в микроэлектронике, точном приборостроении, оптической промышленности, полупроводниковом производстве и т.д. – везде, где необходимо свести к минимуму поступление и выделение частиц внутри зоны. Назначение чистой зоны состоит в поддержании заданных параметров ламинарного воздушного потока, необходимого для защиты продукта от загрязнений окружающей среды.

Чистые зоны производства ЗАО «Ламинарные системы» обеспечивают класс чистоты 4–8 ИСО по ГОСТ ИСО 14644-1-2002. Многолетний опыт проектирования и запатентованные собственные конструкторские разработки позволяют специалистам предприятия создавать нестандартные чистые зоны различных конфигураций и габаритов в соответствии с требованиями заказчика.

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

Тел.: (3513) 255-255

### Паяльные материалы ЗАО «Изагри»

Компания Платан стала официальным дистрибьютором российского производителя паяльных материалов ЗАО «Изагри». Компания выпускает весь спектр паяльных материалов: пасты, припои, спецсплавы, флюсы, отмывочные жидкости, материалы для ручного и автоматизированного монтажа, в различных упаковках и тарах.

Ключевой продукцией являются флюсы. Здесь представлены все типы флюсов:

органические ФВ529 и ФР544, синтетические ФР544-2ФГ (аналог LF-4300) и канифольные гель-флюсы ФРК525. Все флюсы производятся без добавления галогенов (фтора, хлора и брома), которые, являясь легколетучими соединениями, попадают в лёгкие монтажников, приводя к раку лёгких. Флюсы отвечают самым строгим международным стандартам, при этом их стоимость значительно ниже зарубежных аналогов.



ЗАО «Изагри» выпускает как стандартные припои ПОС40, 60, 61 и 63, так и специализированные сплавы с индием и висмутом. Под индивидуальные заказы возможно производство преформ. Паяльные материалы ЗАО «Изагри» уже сегодня широко применяются на российском производстве и линиях контрактной сборки печатных плат.

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

Тел.: (495) 970-0099

## Новости российского рынка

### ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

#### SALUKI – новое имя в КИПиА

В мае 2016 г. ООО «Интермера» заключила эксклюзивное дистрибьюторское соглашение с Компанией SALUKI Technology Inc. (Тайвань) на поставку контрольно-измерительного оборудования SALUKI на территории России.



Линейка SALUKI включает в себя:

- генераторы ВЧ-сигнала от 250 кГц до 67 ГГц с возможностью расширения диапазона до 325 ГГц;
- анализаторы сигналов от 3 Гц до 50 ГГц и возможностью работы в диапазонах частот до 325 ГГц;
- анализаторы цепей от 10 МГц до 67 ГГц с возможностью работы в диапазонах частот до 325 ГГц и многое другое.

Полный перечень оборудования доступен на сайте [www.salukitec.ru](http://www.salukitec.ru), а также на сайте ООО «Интермера». Поставки оборудования SALUKI в Россию не имеют экспортных ограничений. Гарантийный срок – 3 года.

Компания SALUKI Technology Inc. была создана в 2015 г. в качестве глобального дистрибьютора Китайской Научно-технической Корпорации Электроники – ведущего государственного разработчика и производителя специальных контрольно-измерительных приборов и систем автоматического тестирования оптического и беспроводного коммуникационного оборудования. SALUKI – высококлассное измерительное оборудование по доступной цене.

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

#### Новая опция для генератора SMBV100A

Компания Роде и Шварц представила 21 сентября 2016 г. новую опцию SMBV-K80 для векторного генератора сигналов SMBV100A. Опция позволяет превратить стандартный генератор в измеритель битовых (BER) и блоковых (BLER) ошибок, и призвана заменить аналогичную опцию снятых с производства генераторов SMU200A и SMJ100A.

Суть измерений состоит в следующем: генератор формирует псевдослучайную двоичную последовательность данных (ПСП), модулирует её выбранным типом модуляции, переносит на желаемую радиочастоту. Тестируемое устройство принимает сигнал на радиочастоте, демодулирует данные и возвращает их

обратно в генератор вместе с сигналом тактовой частоты. Генератор сравнивает исходные данные с принятыми от тестируемого устройства и подсчитывает число ошибочных бит. Тактовая частота данных может достигать 100 МГц, диапазон длин ПСП включает значения 9, 11, 15, 16, 20, 21, 23. При тестировании числа блоковых ошибок пользователь настраивает структуру блока данных и положение контрольной суммы CRC16, генератор параллельно с тестируемым устройством ведёт подсчёт той же контрольной суммы и даёт число повреждённых блоков. Данная опция активируется программным ключом и может быть установлена на имеющийся генератор SMBV при наличии опций B10, B92, а также последней версии прошивки прибора.



Функционал опции SMBV-K80 может быть интересен разработчикам приёмных устройств, радиомодемов, систем и комплексов радиосвязи.

[www.rohde-schwarz.ru](http://www.rohde-schwarz.ru)

Тел.: (495) 981-3560

#### Универсальная система тестирования разъёмов DIMM на платах

Компания JTAG Technologies представляет новое семейство оборудования, используемое для тестирования широкого диапазона различных слотов DIMM и SO-DIMM на платах, проверяемых с помощью технологии периферийного сканирования.



Проблема тестирования связей от компонента с поддержкой периферийного сканирования до разъёмов DIMM на проверяемой плате всегда была актуальна, но вызывала некоторые затруднения. Если использовать для такого приложения модуль памяти, вставленный в разъём, то для автоматического создания тестов необходимо иметь его схему (нетлист), которая чаще всего недоступна конечному пользователю. Более того, даже при наличии всей информации и возможности тестирования платы с модулем памяти будет не понятно, где находятся обнаруженные дефекты: на плате или на модуле.

Для решения данной дилеммы в системах периферийного сканирования всегда применялись DIOS-модули (модули ввода/вывода), заменяющие модули памяти. Номенклатура данных модулей обширна – типов DIMM-разъёмов очень много, и под каждый тип выпускался свой DIOS.

Новая система FLEX DIMM от JTAG Technologies унифицирует один тип DIOS-модуля, позволяя его использовать с различными типами DIMM-разъёмов. При этом сохраняется преимущество: дефекты определяются с точностью до вывода (даже на контрольных цепях памяти). Система состоит из неизменной основной части, JT 2127/DMU и необходимых переходников под разные типы DIMM-разъёмов, которые обозначаются как JT 2127-Flex xxx, где xxx – тип DIMM (например, 204-3).

Система FLEX DIMM полностью поддерживается средой генерации приложений периферийного сканирования JTAG ProVision, для чего имеются все необходимые библиотеки.

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

Тел.: (812) 313-9159

#### Самый компактный 40-ваттный источник питания AC/DC

Компания XP Power начала производство одноканальных сверхкомпактных 40-ваттных источников питания AC/DC серии ECF40. Эти бескорпусные модули с конвекционным отводом тепла способны обеспечивать полную мощность 40 Вт при температурах до +50°C без применения внешнего воздушного потока для охлаждения. Специалисты XP Power считают, что в настоящее время модули питания серии ECF40 являются самыми компактными изделиями подобного исполнения на рынке источников питания – габаритные размеры модулей составляют 76,2 × 38,1 × 28 мм и могут эксплуатировать-

## Новости российского рынка

ся в диапазоне температур  $-40...+70^{\circ}\text{C}$ . В конечном оборудовании модули ECF40 занимают площадь на 44% меньше, чем конкурирующие изделия со стандартной площадью основания  $2 \times 4$ ", и на 25% меньше, чем самый маленький на сегодняшний день источник питания подобного исполнения.

Ряд содержит шесть моделей, которые обеспечивают выходные напряжения с распространёнными номинальными значениями  $+12...+48$  В. Выходное напряжение всех моделей может регулироваться ручным способом в диапазоне  $\pm 10\%$  от номинального значения посредством потенциометра, установленного на плате источника питания. В режиме холостого хода модули потребляют менее 0,15 Вт, что позволяет легко обеспечить соответствие конечного изделия требованиям современных стандартов к эффективности использования энергии.

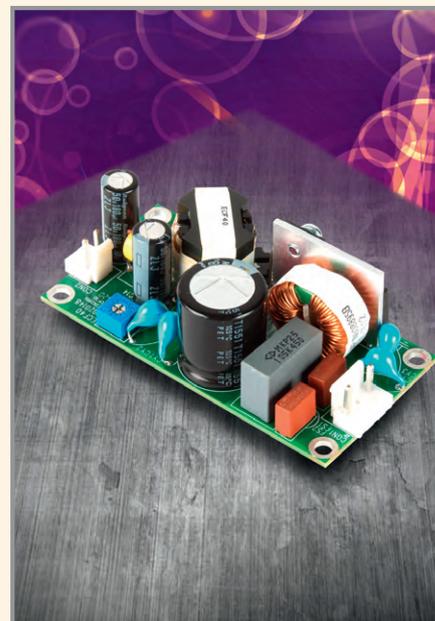
Кроме того, высокое значение КПД (90% и выше) и плоская зависимость КПД от нагрузки гарантируют, что модули ECF40 потребляют меньше мощности, чем дру-

гие доступные на рынке подобные изделия и уменьшают время работы вентилятора, что позволяет поддерживать высокую надёжность законченной системы.

Источники питания серии ECF40 сертифицированы в соответствии с требованиями стандартов безопасности к IT-оборудованию IEC/UL/EN 60950-1 и IEC/EN60601-1/ANSI/AMMI ES60601-1 – третье издание стандартов, устанавливающих требования к безопасности медицинского оборудования: гальваническая развязка вход–выход 4000 В (переменный ток), два предохранителя на входе, максимальное значение тока утечки 250 мкА и обеспечение двух средств защиты пациента от поражения электрическим током ( $2 \times \text{MOPP}$ ).

Модули обеспечивают полную мощность в нагрузке в диапазоне входного напряжения  $90...264$  В и способны работать с небольшим понижением мощности при входных напряжениях до 80 В.

Модули соответствуют требованиям стандарта EN55022 Class B к уровням помехоэмиссии и кондуктивных помех без применения дополнительных фильтрующих ком-



понентов, что экономит площадь печатной платы.

На источники питания серии ECF40 предоставляется трёхлетняя гарантия.

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



## Испытательная лаборатория ООО «РАДИОАВТОМАТИКА»

Лаборатория ООО «РАДИОАВТОМАТИКА» аттестована в системе «Военэлектронсерт» (РД В 319.006-97) и располагает полным спектром испытательного и измерительного оборудования, необходимого для проведения комплекса работ любой сложности по сертификационным и дополнительным испытаниям ЭКБ

### Испытательная лаборатория выполняет следующие виды работ:

- Анализ ЭКБ, сбор и разработка технической документации;
- Разработка программ и методик сертификационных испытаний, изготовление технологической оснастки;
- Входной контроль и идентификация продукции, диагностический неразрушающий контроль, отбраковочные испытания;
- Проведение механических и климатических испытаний

### Деятельность испытательной лаборатории ООО «РАДИОАВТОМАТИКА» отвечает всем установленным стандартам и гарантирует:

- Качество проведения испытаний;
- Выполнение работ;
- Конфиденциальность результатов

ООО «РАДИОАВТОМАТИКА» Московская область, г. Реутов, ул. Гагарина, д.35  
Тел. +7 (495) 528-13-50 • [sale@radioautomatic.ru](mailto:sale@radioautomatic.ru) • [WWW.RADIOAUTOMATIC.RU](http://WWW.RADIOAUTOMATIC.RU)



Реклама

# Российские производители электроники получают государственные субсидии

Министерство промышленности и торговли РФ обнародовало списки отечественных компаний, производящих электронику, которые получают субсидии на компенсацию затрат. Бюджетные средства, направленные на помощь отечественным производителям, будут выделены в рамках государственной программы «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 гг.».

Завершился конкурсный отбор на право получения из федерального бюджета российскими организациями субсидий на возмещение части затрат на создание научно-технического задела по разработке базовых технологий производства приоритетных электронных компонентов и радиоэлектронной аппаратуры в рамках подпрограммы «Развитие производства телекоммуникационного оборудования» государственной программы Российской Федера-

ции «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 гг.».

На заседании Конкурсной комиссии присутствовали: заместитель директора Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России (председатель Конкурсной комиссии) П.П. Куцько, начальник отдела научно-технического развития и техрегулирования Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России (заме-

ститель председателя Конкурсной комиссии) Г.И. Иванов, заместитель начальника отдела научно-технического развития и техрегулирования Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России (ответственный секретарь Конкурсной комиссии) В.П. Архипов, консультант отдела научно-технического развития и техрегулирования Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России Л.П. Сурманидзе, ведущий специалист-эксперт отдела развития ЭКБ Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России Д.В. Петров.

Конкурсная комиссия рассмотрела комплексные проекты, прошедшие научно-техническую экспертизу согласно протоколу экспертной оценки №ПЭО-ТКО-2/16 от 21 сентября 2016 г. (см. таблицу).

## Оценка и определение рейтинга заявок

№ п/п	№ заявки	Наименование организации	Наименование комплексного проекта	Объём предоставляемой субсидии в 2016 г., руб.
1	109-1/16/2-7	АО «НПФ «Микран»	Разработка и организация серийного производства радиорелейных станций с поддержкой коммутации данных на основе протокола IP/MPLS и/или SDN для перспективных телекоммуникационных сетей	93 000 000
2	109-1/16/2-19	АО «Концерн «Автоматика»	Защищённый телекоммуникационный кластер «Фотон-А»	88 000 000
3	109-1/16/2-26	ОАО «Инфотекс»	Разработка и производство комплекса средств защиты информации для промышленных сетей и промышленного Интернета	92 698 114
4	109-1/16/2-34	АО «НИИССУ»	Разработка программно-определяемых платформ модульных средств базовых станций в части маршрутизации, позволяющих строить самоорганизующиеся самовосстанавливающиеся сети с поддержкой архитектуры и протоколов программно-определяемых сетей (SDN)	72 000 000
5	109-1/16/2-45	ООО «Предприятие «Элтекс»	Разработка и организация серийного производства линейки маршрутизаторов AR, DR, PE магистрального сегмента сети связи	119 259 132
6	109-1/16/2-49	ООО «Т8 НТЦ»	Разработка комплекса оборудования DWDM для импортозамещения магистральных волоконно-оптических систем передачи данных со спектральным уплотнением каналов для использования в оптических транспортных сетях нового поколения	150 000 000
7	109-1/16/2-38	ООО «Хайтэк»	Разработка устройства, предназначенного для беспроводной радиосвязи, передачи информации и данных по радиоканалу (в том числе в ВЧ- и СВЧ-диапазонах) в средах с обычным и высоким коэффициентом затухания/рассеивания (воздух, вода), а также из одной среды в другую	139 999 962
8	109-1/16/2-33	АО «НИИССУ»	Разработка программно-аппаратных платформ модульных средств базовых станций в части коммутации, позволяющих функционировать мобильным переносным/возимым комплектам для развёртывания профессиональной радиосвязи стандарта LTE при чрезвычайных ситуациях	87 000 000
9	109-1/16/2-50	ООО «Т8 НТЦ»	Оптические компоненты блоков AWG, VMux, EDFA и других изделий для скоростных систем связи	200 000 000
10	109-1/16/2-46	АО «ЭЛВИС-НеоТек»	Разработка и организация серийного производства видеокамеры сферической для записи, трансляции и публикации видеоизображения в формате 4K с обзором в 360°	25 475 661
11	109-1/16/2-44	ООО «Предприятие «Элтекс»	Разработка и организация серийного производства линейки доверенных сетевых коммутаторов уровня доступа с использованием отечественной электронной компонентной базы и высокопроизводительных коммутаторов уровня агрегации с поддержкой перспективных сетевых технологий	111 981 176
12	109-1/16/2-52	ООО «Т8 НТЦ»	Разработка промышленной технологии создания импортозамещающих средств сетевых интерфейсных Ethernet-модулей, реализующих интерфейсы 10G, 25G, 50G, 100G	100 000 000
13	109-1/16/2-15	ООО «БУЛАТ»	Разработка высокопроизводительного резервируемого мультисервисного маршрутизатора со скоростью обработки 10 Гбит/с и выше для операторов связи, ФОИВ и корпоративных клиентов	139 538 450
14	109-1/16/2-37	ЗАО «НПП Техноимпорт»	Разработка и организация серийного производства переменных оптических аттенуаторов и их модулей на базе создаваемой базовой технологии производства низковольтных оптических МЭМС-зеркал	27 722 787

№ п/п	№ заявки	Наименование организации	Наименование комплексного проекта	Объем предоставляемой субсидии в 2016 г., руб.
15	109-1/16/2-36	ЗАО «НПП Техноимпорт»	Разработка и организация серийного производства систем беспроводной оптической передачи данных БИМКАСТЕР	25 841 316
16	109-1/16/2-48	ООО «Т8 НТЦ»	Разработка комплекса оборудования для импортозамещения многофункциональных OTN-коммутаторов-маршрутизаторов, используемых в оптических транспортных сетях и датацентрах нового поколения	150 000 000
17	109-1/16/2-53	ООО «Т8 НТЦ»	Разработка импортозамещающих магистральных модулей, реализующих интерфейсы 100G+	150 000 000
18	109-1/16/2-54	ООО «Т8»	Разработка промышленной технологии и комплекта устройств для импортозамещения оптоэлектронных высокоскоростных устройств	200 000 000
19	109-1/16/2-11	ЗАО «ИскраУралТЕЛ»	Разработка и серийное производство пограничного контроллера сессий	100 000 000
20	109-1/16/2-40	АО «НИИССУ»	Разработка программных платформ модульных средств базовых станций в части мультиплексирования, позволяющих функционировать средствам связи мобильного широкополосного радиодоступа двойного назначения на принципах SDR, адаптированных для работы в структуре мультисервисных сетей связи SDN	150 000 000
21	109-1/16/2-12	ОАО «Т-Платформы»	Разработка и производство линейки гибридных L2/L3-коммутаторов с поддержкой технологии SDN на базе отечественных процессоров семейства «Байкал»	23 000 000
22	109-1/16/2-14	АО «Оптим»	Отечественные базовые станции подвижной связи стандарта 2G, 3G, 4G	2 508 426
23	109-1/16/2-51	ООО «Т8 СЕНСОР»	Разработка импортозамещающей системы охраны и мониторинга телекоммуникационной инфраструктуры на основе телекоммуникационного оптического волокна	120 000 000
24	109-1/16/2-21	ОАО «ГИС»	Разработка и организация серийного производства программно-аппаратных платформ автономных мобильных переносных/возимых комплектов для развертывания профессиональной радиосвязи стандарта LTE при чрезвычайных ситуациях	7 537 112
25	109-1/16/2-20	АО «НИЦЭВТ»	Разработка и производство СБИС сетевого коммутатора с пропускной способностью канала передачи данных 200 Гбит/с для использования в телекоммуникационном оборудовании центров обработки данных и в высокопроизводительных вычислительных системах	50 200 000
26	109-1/16/2-43	ООО «СтройФинанс»	Разработка и организация серийного производства оборудования сетей беспроводной связи стандарта LTE	25 000 000
27	109-1/16/2-27	АО «Воентелеком»	Разработка и организация серийного производства: линейка универсального средства администрирования и предоставления управления (Out of Band Management) телекоммуникационным и информационным оборудованием «Кальмар»	9 923 799
28	109-1/16/2-29	АО «Воентелеком»	Разработка и организация серийного производства: линейка универсальных мобильных комплексов видеоконференцсвязи и видеотрансляции «Окунь»	10 152 034
29	109-1/16/2-9	ООО «Эмзиор»	Разработка и организация серийного производства многофункционального телекоммуникационного пользовательского устройства	12 367 793
30	109-1/16/2-30	АО «Воентелеком»	Разработка и организация серийного производства: оборудование системы беспроводного широкополосного доступа в диапазоне 4,9–6,4 ГГц «Оса»	10 127 863
31	109-1/16/2-3	АО «НИИ «Масштаб»	Разработка и организация серийного производства программно-аппаратной платформы унифицированных коммуникаций на базе серверов общего назначения для операторов связи, ФОИВ и корпоративных клиентов	96 000 000
32	109-1/16/2-2	АО «Концерн «Созвездие»	Разработка и организация серийного выпуска SDR радиосредств для персональной профессиональной цифровой радиосвязи	6 814 000
33	109-1/16/2-8	ООО «Эмзиор»	Разработка и организация серийного производства высокопроизводительного маршрутизатора границы сети передачи данных	8 011 004
34	109-1/16/2-25	ОАО «ГИС»	Разработка и организация серийного производства системы широкополосной беспроводной связи стандарта LTE-Advanced для малонаселенных и удаленных районов	13 189 946
35	109-1/16/2-16	ООО «БУЛАТ»	Разработка устройств virtual CPE в архитектуре SD-WAN для операторов связи, ФОИВ и корпоративных клиентов	59 295 800
36	109-1/16/2-5	АО «НИИ «Масштаб»	Разработка и организация серийного производства элементов NFV-решений на базе серверов общего назначения для операторов связи, ФОИВ и корпоративных клиентов	10 000 000
37	109-1/16/2-1	ООО «КМ211»	Создание и вывод на рынок семейства продуктов – средств криптографической защиты информации	57 020 350
38	109-1/16/2-18	ООО «КБЮТЭК»	Разработка экономически эффективного мультисервисного L2+ коммутатора доступа Gigabit Ethernet для операторов связи	24 140 265
39	109-1/16/2-17	ООО «БУЛАТ»	Разработка высокопроизводительного маршрутизирующего 10/40 Gigabit Ethernet коммутатора уровня агрегации и ядра для операторов связи, ФОИВ и корпоративных клиентов	48 510 350
40	109-1/16/2-10	ООО «Кодифон»	Разработка и организация серийного производства оборудования фиксированной радиосвязи для транспортных сетей в инфраструктуре беспроводной связи 4G/5G	10 000 000
41	109-1/16/2-22	ОАО «ГИС»	Разработка программно-определяемых платформ средств связи модульного типа на принципах SDR, позволяющих строить беспроводные сети связи с поддержкой архитектуры и протоколов программно-определяемых сетей (SDN)	35 801 282
42	109-1/16/2-24	ОАО «ГИС»	Разработка и организация серийного производства программно-определяемой платформы радиостанций мобильного широкополосного радиодоступа, адаптированных для работы в структуре мультисервисных сетей связи	26 379 892
43	109-1/16/2-4	АО «НИИ «Масштаб»	Разработка и организация серийного производства многоцелевой платформы приложений для SDN-контроллера на базе серверов общего назначения для операторов связи, ФОИВ и корпоративных клиентов	7 000 000
44	109-1/16/2-23	ОАО «ГИС»	Разработка программно-определяемых платформ радиостанций модульного типа, позволяющих строить самоорганизующиеся самовосстанавливающиеся радиосети с поддержкой архитектуры и протоколов программно-определяемых сетей (SDN)	26 379 892
45	109-1/16/2-6	АО «НИИ «Масштаб»	Разработка и организация серийного производства многоцелевых средств обеспечения сетевой и информационной безопасности нового поколения с поддержкой архитектуры NFV на базе серверов общего назначения для операторов связи, ФОИВ и корпоративных клиентов	8 500 000
46	109-1/16/2-31	ООО «НПП «Зелакс»	Модернизация серийных маршрутизаторов и коммутаторов Зелакс совместно с разработкой интеллектуальной системы управления сетевым оборудованием для построения высоконагруженных телекоммуникационных сетей операторов связи, ведомств и корпораций	4 083 711

Комиссия не оценивала и не определяла рейтинг по комплексным проектам, которые не соответствуют критериям научно-технической оценки комплексных проектов и признаны Экспертным советом непрошедшими научно-техническую экспертизу согласно Протоколу экспертной оценки:

- «Разработка и организация серийного производства базовой станции стандарта DMR», ОАО «Саратовский электроприборостроительный завод имени Серго Орджоникидзе» (заявка 109-1/16/2-13);
- «Комплекс многофункциональных программно-аппаратных радиосредств для обеспечения радиосвязи профессионального, промышленного и гражданского назначения», ОАО «Концерн «Созвездие» (заявка 109-1/16/2-32);
- «Разработка программных платформ модульных средств базовых станций в части мультиплексирования, позволяющих функционировать радиостанциям мобильного широкополос-

ного радиодоступа двойного назначения, адаптированных для работы в структуре мультисервисных сетей связи», АО «Научно-исследовательский институт систем связи и управления» (заявка 109-1/16/2-35);

- «Разработка и организация серийного производства телекоммуникационного оборудования для организации мобильной связи на основе малых сот (микро-, пико- и фемтосоты), включая базовые станции, сетевые контроллеры, системы управления», АО «Интеллект Телеком» (заявка 109-1/16/2-39);
- «Разработка программно-определяемых платформ модульных средств базовых станций в части маршрутизации, позволяющих строить беспроводные сети связи на принципах SDR с поддержкой архитектуры и протоколов программно-определяемых сетей (SDN)», АО «Научно-исследовательский институт систем связи и управления» (заявка 109-1/16/2-41);
- «Разработка программно-аппаратных платформ модульных средств

базовых станций в части коммутации, позволяющих функционировать мобильным/переносным/возимым комплектам на принципах SDR для развёртывания профессиональных средств связи при чрезвычайных ситуациях», АО «Научно-исследовательский институт систем связи и управления» (заявка 109-1/16/2-42).

Общая сумма компенсаций, которые будут выданы до 2025 г., составит 30 млрд руб. Получателями самых крупных субсидий стали компания Т8 – 4 млрд руб., Байкал электроникс – 2,3 млрд руб. и Т-платформа – 2,67 млрд руб. Одной из целей программы «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 гг.» является увеличение доли отечественной продукции в сегменте вычислительной техники. На сегодняшний день она составляет менее 1%.

*Материал подготовлен на основе открытых данных с сайта Минпромторга.*

## Новости мира News of the World Новости мира

### Законопроект, укрепляющий позиции российского ПО

Первый зампреда комитета Государственной думы шестого созыва по науке и наукоёмким технологиям Дмитрий Новиков внёс в нижнюю палату парламента законопроект, закрепляющий в законодательстве терминологию свободного (СПО) и проприетарного (ППО) программного обеспечения. «Проект федерального закона «Об особенностях закупок проприетарного (закрытого) и свободного программного обеспечения» направлен на восполнение некоторых пробелов законодательства в сфере интеллектуальной собственности, укрепление позиций российских компаний, работающих в сфере СПО и качественное расширение ИТ-рынка посредством регулирования ППО и СПО как в государственном, так и в частном секторе», – говорится в пояснительной записке к документу.

Предлагаются следующие определения:

- ППО – программное обеспечение, правообладателем которого является его разработчик или иной владелец авторского права, обладающий исключительным правом на использование, модификацию, копирование и распространение данного ПО;
- СПО – программное обеспечение, имеющее открытый исходный код и распро-

страняемое по открытым лицензиям, на основании которого пользователь получает неограниченное право на его установку, запуск, а также свободное использование, изучение, распространение и изменение по своему усмотрению в любых не запрещённых законом целях.

Другой целью законопроекта является установление преимущественных условий российским поставщикам ПО. В частности, при определении поставщиков заказчик обязан предоставлять преимущества не иностранным компаниям, а российским, а при определении поставщиков путём проведения конкурса – предоставляется преимущество российским заявкам в отношении квалификации участника в размере не менее 40% от общего значения балльных факторов оценки.

*Коммерсантъ*

### «Росэлектроника»: 190 млрд руб. на инновационное развитие

«Росэлектроника» собирается направить на финансирование программы инновационного развития в 2016–2020 гг. 191,4 млрд руб. В ходе программы планируется реализовать 66 проектов.

В общем объёме инвестиций на НИОКР предусмотрено 61,2 млрд руб., на технологическую модернизацию – 119,4 млрд руб. Кроме того, 10,7 млрд руб. планируется

направить на мероприятия, сопутствующие реализации программы, сообщается в пресс-релизе холдинга.

В частности, на реализацию программы в 2016–2018 гг. предусмотрено 107,4 млрд руб., из них на НИОКР – 36,4 млрд руб., на технологическую модернизацию – 64,6 млрд руб.

В ходе программы планируется реализовать 66 инновационных проектов по основным направлениям: электронная компонентная база, СВЧ-электроника, системы и комплексы связи, АСУ специального назначения и дистанционного зондирования Земли, промышленная электроника, информационно-телекоммуникационные решения, системы безопасности, медицинское оборудование и сканирующее СВЧ-оборудование.

В выполнении проектов примут участие крупнейшие предприятия холдинга, в частности московские НПП «Исток», Государственный завод «Пульсар», НПП «Пульсар», «Оptron», НПП «Торий», «Спецмагнит», Центральный НИИ «Циклон», а также саратовские НПП «Алмаз» и НПП «Контакт», пензенский «Радиозавод» и петербургский НИИ телевидения.

Кроме НИОКР и технологической модернизации, программа предусматривает мероприятия по развитию управленческих технологий и информационных систем управления бизнес-процессами и качеством

## Новости мира News of the World Новости мира

продукции, повышению энергоэффективности и экологичности производств, а также квалификации персонала и производительности труда.

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

### Проекты в области «Индустриального интернета» станут драйвером развития

В условиях глобальной цифровизации и модернизации технологической инфраструктуры всех отраслей мировой промышленности, отечественная микроэлектроника может стать драйвером массового внедрения решений «Индустриального интернета» в российской экономике.

На заседании Совета директоров организаций науки и промышленности Зеленограда под председательством префекта округа Анатолия Смирнова генеральный директор ПАО «Микрон» Гульнара Хасьянова отметила особую роль, которую в современном мире играют микроэлектронные предприятия и задачи, стоящие перед ними: «Сегодня микроэлектронная отрасль является основной для

остальных промышленных производств. Для предприятий микроэлектроники важно определить перспективные рынки и сферы применения. Особенно это касается массового потребительского рынка электроники. К сожалению, в России производство потребительской электроники не развито, и задача ближайших 5–10 лет – создать этот рынок».

Говоря о перспективах развития ПАО «Микрон», Гульнара Хасьянова рассказала, что основной задачей предприятия станет не традиционная разработка ЭКБ под изделия существующего рынка, который уже сформирован глобальными игроками, а активный поиск возможностей предоставить современную электронно-компонентную базу для инновационных решений российских и мировых производителей на том рынке, который сейчас только формируется.

По вопросу импортозамещения в области поставки необходимых для микроэлектронного производства материалов и компонентов директор «Микрона» отметила, что компания начала работу по перестройке взаимоотношений с поставщиками, направленную

на формирование базы надёжных российских, а также зарубежных поставщиков из стран, не поддерживающих санкции, вводимые в отношении российских предприятий. Кроме того, группа отечественных микроэлектронных предприятий вместе с Минпромторгом России обсуждают сегодня вопрос строительства фабрики 28 нм, вокруг которой будет формироваться отраслевой кластер микроэлектроники, стимулирующий развитие и других производств.

По словам Гульнары Хасьяновой, стимулом для развития всей российской электронной отрасли, а в перспективе и для международной экспансии, могут стать национальные проекты в области «Индустриального интернета», которые позволяют увеличить эффективность отечественных предприятий на основе современных технологических решений цифровизации производства.

Как отмечается в исследовании Boston Consulting Group, Россия в 2016 г. занимает 39 место из 85 в рейтинге по развитию цифровой экономики в странах мира.

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

Honeywell

TDK

SICK

VISHAY®

BOURNS®  
Reliable Electronic Solutions

TE  
connectivity

Panasonic

JAMICON®

MASTECH®

MITSUBISHI  
ELECTRIC

UNI-T

muRata  
INNOVATOR IN ELECTRONICS

SOLOMON

## КОНДЕНСАТОРЫ для ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Компания Nichicon сфокусирована на производстве специализированных конденсаторов

PW - высоконадежные конденсаторы для применения в источниках питания,  
LGW/LGU - snap-in конденсаторы с высокими токами пульсаций,  
UPS - миниатюрные низкоимпедансные для импульсных БП.



Реклама

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

Офисы в Москве: м. Молодежная, ул. Ивана Франко, 40, стр. 2, (495) 97 000 99, info@platan.ru;  
м. Электrozаводская, ул. Б. Семеновская, 40, стр. 26, БЦ Arat, (495) 744 70 70, platan@platan.ru  
Офис в Санкт-Петербурге: ул. Зверинская, 44, (812) 232 88 36, baltika@platan.spb.ru

# Как преодолеть зависимость российской электроники от госзаказа?

Владимир Тен (Москва)

Мировой экономический кризис, курсовые колебания валют, рост влияния политики, а также недостаточность усилий властей для создания более благоприятного климата в отрасли – всё это дало сумму факторов, повлиявших на развитие рынка российской электроники, вынуждая его участников предпринимать шаги для защиты своего бизнеса. Об этом, в частности, говорили участники «Форума дистрибьюторов электронных компонентов», который состоялся 6 октября 2016 г. в Москве.

Мировой рынок электроники не существует в безвоздушном пространстве. Более того, он прочно связан с экономикой вообще, а кривая показателей роста рынка электроники в спокойные времена примерно соответствует показателям роста мирового ВВП. Но в точках кризиса амплитудные колебания рынка электроники происходят с большим размахом, что вносит свою долю неопределённости в перспективы на ближайшее будущее. А в условиях сжатия по многим объективным и субъективным причинам внутреннего рынка, у его участников, естественно, возникает запрос на более чёткие тренды развития.

Если говорить о нынешней ситуации, то подтвердились не самые радужные тенденции, которые были озвучены ещё в прошлом году. Так, аналитики IC Insights в начале нынешнего года предсказали, что годовой темп роста мирового рынка ИС будет примерно соответствовать показателям роста мирового ВВП, который может составить 2,7%.

При этом рост многих региональных экономик замедлился, что скажется на общих цифрах. Так, темпы роста экономики Китая в прошлом году упали ниже 7%, а по прогнозам в 2016 г. составят всего около 6,3%.

Вот что говорит на эту тему генеральный директор Центра Современной Электроники Иван Покровский: «Всё, что происходит в мире, касается российского рынка. Происходит замедление темпов роста. Мировой рынок электроники достиг, на мой взгляд, стадии зрелости с сопутствующими этому факторами. Здесь происходит олигополизация рынка – слияния и поглощения. Меняется сам характер конкуренции. Прежние высокие темпы роста рынка электроники в мире были связаны с тем, что сфера её применения расширялась существенно быстрее, чем снижалась стоимость условного транзистора. Однако в настоящее время рынки электроники и информационных технологий приближаются к насыщению. В связи с этим в отрасли меня-

ется характер конкуренции. Прежде компании конкурировали в освоении новых рынков и их сегментов, и успех здесь сопутствовал наиболее инновационным компаниям, первыми внедрявшим новые технологии, а также тем, кто умел формировать новые потребности. При этом число производителей и разработчиков электроники росло. Места хватало практически всем на быстро растущих рынках.

После периода быстрого роста новые рынки перестали обеспечивать значительное увеличение общего объёма продаж электроники в мире. В этих условиях, когда произошло насыщение рынка, внимание компаний переносится с освоения новых рынков на борьбу за распределение долей на уже сложившихся рынках. И здесь в конкурентной борьбе верх одерживают крупные компании, за счёт преимуществ в масштабе. Малые компании из-за больших издержек малоконкурентны в цене, кроме того, не обладают такими же возможностями в области НИОКР и развития производственных технологий».

Разумеется, дистрибьюторские компании находятся в плотной связи, если не зависимости от производителей электроники, и все проблемы последних становятся проблемами и для дистрибьюторов. Именно об этом рассуждал президент компании КОМПЭЛ Борис Рудяк: «Происходит изменение в структуре мирового производства компонентов. Есть два фактора, влия-



ющих на дистрибьюторов. Первый – это объединение производителей, от которых мы все зависим, поскольку дистрибутируем их товар, второй – отсутствие локомотивов роста рынка электронных компонентов. К чему ведёт объединение производителей электронных компонентов? К перераспределению франчайзинговых соглашений между российскими дистрибьюторами, сокращению общего числа дистрибьюторских соглашений. А это, в свою очередь, даёт дистрибьюторам мотивацию к объединению.

Отсутствие локомотивов роста рынка подталкивает к совершенствованию технологических процессов в компаниях. В современных условиях возник долгосрочный тренд на сближение производителей компонентов с потребителями в деле создания массового и проектного спроса, поставки образцов, прямых продаж».

Впрочем, примерять на себя всё то, что происходит в мире, у участников российского рынка электроники получается с оговорками. «Прикид» получается с такими милитаристскими нотками цвета хаки. Все эти санкции–антисанкции, политические события во внешнем мире, вынужденный крен в импортозамещение, усиление и обновление ОПК привели к тому, что отечественный рынок электроники сегодня практически наполовину состоит из заказов военной и аэрокосмической отрасли.

Так, среди клиентов ведущего российского производителя микроэлектроники компании «Микрон», обеспечивающих до 80% спроса на продукцию компании, такие организации, как «Алмаз-Антей», ФКА «Роскосмос», АО «КРЭТ», АО КТРВ, ГК «Росатом». Директор по продажам компании «Микрон» Андрей Шелегеда отметил, что компания была и остаётся ведущим российским производителем микроэлектроники, являясь единственным российским производством, работающим по топологическим нормам 90–65 нм. Предприятие имеет в своём «портфолио» более 500 ИС и дискретных полупроводниковых приборов, при этом добавляя к этому перечню более тридцати наименований в год. Стратегической целью компании является переход от роли производителя полупроводниковой ЭКБ к роли поставщика инновационных решений, сервисов и продуктов для государства, бизнеса и населения на базе собственной полупроводниковой фабрики. Ставится



**Иван Покровский**

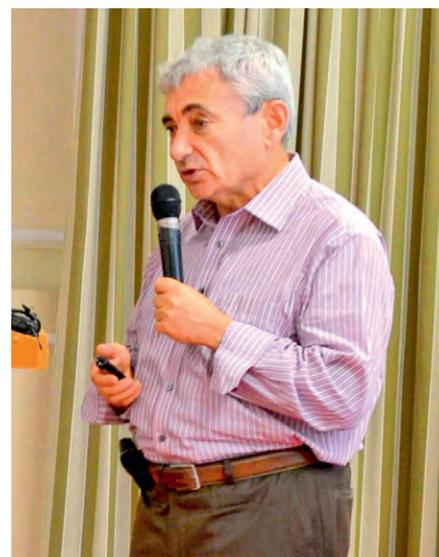
задача увеличить объёмы продаж в три раза к 2020 г.

Основными направлениями роста определены проекты импортозамещения с дополнительной выручкой к 2020 г. примерно в 1,5 млрд руб., создание сертификационного центра (дополнительная выручка – 0,3 млрд руб.). В планах масштабные проекты, которые могут дать около 2 млрд руб. в год за счёт RFID (антиконтрафактная маркировка и ID-документы).

Компания выработала дорожную карту освоения технологий, в которой значатся такие пункты, как совершенствование и новые опции технологий 180–90 нм (микроконтроллеры для смарт-карт, RFID-чипы, микросхемы промышленного применения), реализация технологий 65 нм на ФАБ-200, модернизация до уровня 55–45 нм для сохранения технологического лидерства, освоение технологии 45–28 нм, строительство новой ФАБ-300. Разумеется, компания будет увеличивать расходы и численность R&D-подразделения, сокращать время разработки микросхем, осваивать новые рынки, увеличивать объёмы продукции на экспорт.

Наработанный опыт, инвестиции, современная производственная база и, конечно, госзаказ позволяют Микрону уверенно смотреть в будущее, чего не могут себе позволить компании помельче, где с инвестициями в НИОКР поживе и с госзаказом никак.

Есть разные взгляды на то, благо это или нет, что своими заказами «оборонка» поддерживает российскую электронную промышленность на плаву. Так, тот же Иван Покровский полагает: «Хотя ОПК даёт работу многим рос-



**Борис Рудяк**

сийским инженерам, этот сегмент не является драйвером развития. Скорее, он консервирует отрасль в том виде, который уже сложился. Отрицательное влияние ОПК в том, что он вытягивает человеческие и другие ресурсы из индустрии производства гражданской электроники. В результате ресурсы перетекают из созидательной экономики, которая наполняет бюджет страны, в дотационную экономику, которая этот бюджет проедает. ОПК – один из самых консервативных потребителей, который довольствуется, в основном, хорошо проверенными, зрелыми технологиями. Это хорошо с точки зрения безопасности, и это необходимо, но ОПК – не драйвер развития».

Всё сказанное справедливо, за исключением одного – не будь заказов «оборонки», рынок отечественной электроники «схлопнулся» бы наполовину. А это рабочие места, новые инвестиции в НИОКР, развитие производства и т.д.

По мнению многих участников российского рынка электроники, состояние отрасли характеризуется такими особенностями, как критическое отставание российских производителей от зарубежных конкурентов, как в масштабе своей работы, так и по широте предложения. А это влечёт за собой такие последствия, как ограниченность инвестиций в производство и в НИОКР. Кроме того, малые масштабы – не лучший аргумент для крупных заказчиков.

Иван Покровский справедливо указывает, что значительная часть предприятий отрасли находится по многим причинам под управлением государственных организаций в условиях административного распределения



заказов, что вряд ли хорошо сказывается на здоровой конкуренции и лишает стимулов для повышения экономической эффективности.

Что же касается частных компаний, не занятых в освоении гос- или оборонзаказа, что, в принципе, одно и то же, на протяжении последних лет они приспособивались к ухудшающимся условиям на рынке в ожидании, что ситуация изменится. Но изменений к лучшему нет, и многие, как отмечает Борис Рудяк, начинают задумываться о том, чтобы уйти из этого бизнеса. Впрочем, по словам главы компании КОМПЭЛ, это время можно использовать для оптимизации бизнес-процессов внутри компании.

В любом случае, положение дел в отрасли таково, что без шагов государства, направленных на улучшение ситуации, не обойтись. По мнению участников рынка, в части помощи государства обозначились два разнонаправленных тренда. Благодаря усилиям «электронного» сообщества два ведомства – Минпром и Минэнерго – стали сотрудничать с производителями. При этом Минэкономразвития, ранее неплохо сотрудничавшее с отраслью, последнее время от этого сотрудничества отходит.

Впрочем, многие участники рынка придерживаются мнения, что нет смысла в проработке и лоббировании работающих нормативных документов: проще легально ловить рыбку в мутной воде, пользуясь прорехами в законодательстве, легально обходить «формальные и бесполовые ограничения».

Есть мнение, что чиновники скорее решают свои ведомственные задачи. И тем более прискорбно то, что у нас буквально перед глазами пример Китая, где политика по поддержке собственного производителя и стимулирования экспорта привела к тому, что китайцы начинают прибирать к рукам отдельные высокодоходные технологические сегменты рынка.

В этом свете, в имеющей хождение шутке о том, что наши беды оттого, что не нашлось среди российских компаний своего аналога китайской Huawei, только доля шутки. «Крупному оператору связи требуется крупный поставщик комплексных решений, а не сотня мелких производителей разнородного оборудования, – считает Иван Покровский. – Однако на вопрос, как вырастить российскую компанию Huawei, никто не смог дать ответа. А это один из самых важных вопросов, на который должна отвечать отраслевая стратегия».

Впрочем, не всё так однозначно. Так, по мнению президента Руссофта Валентина Макарова, которое он озвучил во время одной из прошлых дискуссий, Минкомсвязи имеет свою стратегию, разработанную для ИТ-отрасли, которая даже была принята правительством. Но она «сделана» не для всего ИТ-рынка, а лишь для той его части, которая не относится к «железу».

«Национальная технологическая инициатива (НТИ) создана по аналогии с такой же французской программой, – говорит господин Макаров. – Мы делаем то, что они называют второй фазой своей программы. На этой стадии предусматривается оценка возможностей страны стать лидером будущих, пока не существующих, но очень перспективных сегментов мирового рынка. Рабочие группы НТИ пытаются определить будущие рынки, где мы имеем возможность за 10–15 лет занять лидирующие позиции, а также разрабатывают планы стратегического развития. Наш сегмент называется в данном случае SafeNet. Мне довелось стать координатором этого направления. В НТИ выделено несколько рынков будущего: беспилотный транспорт (БПЛА, беспилотные автомобили, суда), энергетика, здравоохранение, финансы. Немного в стороне находятся программа NeuroNet, связанная с дистанционным воздействием на объекты, и про-

грамма FoodNet, цель которой состоит в исключении посредников в торговле. Развитие этих рынков потребует новых стандартов и нового законодательства. Все эти программы следует развивать параллельно – создавать новые изделия, внедрять стандарты и менять законодательство, а затем выйти на такой уровень, на котором появится возможность предлагать наши стандарты миру. Поскольку эти инициативы нельзя полностью реализовать в России, необходимо найти стратегических партнёров, в первую очередь, в странах БРИКС и Юго-Восточной Азии, тем более что глобальная безопасность не может быть реализована только в одной стране – необходима кооперация».

Можно долго ломать копыта по поводу того, может ли государство выработать правильную стратегию развития российского рынка электроники. Можно также критиковать власть за её экономическую и промышленную политику. Отрадно то, что в недрах сообщества предпринимаются усилия по определению отраслевой стратегии развития.

По словам одного из инициаторов проекта разработки такой стратегии Ивана Покровского, разработчиками уже определены приоритетные направления развития российской электроники:

- доверенные информационные системы;
- силовая (энергетическая) электроника;
- оптоэлектроника и фотоника;
- беспроводные коммуникации и радиолокация.

«Технологии создания доверенных информационных систем имеют большое значение для безопасности государства. Это ответ на риски, которые принесла глобализация: доминирование американских корпораций на рынке информационных технологий с вытекающими политическими рисками, риски террористических атак через информационные сети, риски техногенных катастроф из-за неисправностей или невыявленных ошибок в сложных системах управления.

Развитие доверенных информационных систем позволяет не изолироваться от процесса глобализации и его достижений, а решать возникающие проблемы для своей страны и всего мира. Ведущую роль в этом отношении должны занять разработчики программного обеспечения. Компетенции России в данном направлении признаны во всём мире. Системные программ-

ные решения доверенных систем будут переноситься на аппаратный уровень – создавать спрос на разработку и производство электроники. Этот формирующийся рынок также имеет большое значение для создания инфраструктуры беспилотного транспорта, полностью автоматизированных производств, телемедицины и других новых направлений экономики будущего.

Силовая (энергетическая) электроника – это естественный приоритет, если Россия хочет сохранить ведущие позиции в энергетике будущего. Это не только альтернативные способы генерации, но и системы управления интеллектуальными сетями генерации и потребления (Smart Grid). Технологии силовой электроники имеют большое значение для развития электротранспорта, включая электромобили и зарядную инфраструктуру. Создание преобразователей электроэнергии с более высокими характеристиками является ключевой задачей для развития многих других направлений электроники и информационных технологий: суперкомпьютеров, центров обработки данных, радиолокации, Интернета вещей, светодиодного освеще-

ния. В России есть школы разработчиков силовой электроники в Москве, Саранске, Воронеже, Орле, Чебоксарах и других городах. В этом направлении работают многие десятки конкурентоспособных предприятий, несколько десятков вузов готовят специалистов.

С развитием технологий оптоэлектроники связаны рынки лазерной техники, светодиодного освещения, волоконно-оптических систем передачи данных, дисплеев. В будущем значение этого направления только возрастёт. Например, традиционные способы коммутации устройств уже не обеспечивают необходимую скорость. Оптические каналы проникают внутрь устройства, поддерживая связь между модулями и даже между ядрами одного процессора. Россия имеет сильные научные школы, работающие в этом направлении, которые находятся в Москве, Санкт-Петербурге, Фрязино, Саратове и других городах.

Технологии беспроводных коммуникаций и радиолокации имеют большое значение для решения задач навигации, мониторинга и позиционирования в самых разных областях, начиная

с Интернета вещей и заканчивая космическими программами. Значение беспроводных коммуникаций будет постоянно расти. В России есть компании, которые обладают компетенциями мирового уровня в этой области. В области СВЧ-компонентов разработчики систем радиолокации и радиосвязи выходят на использование GaN и других материалов, которые необходимы для развития силовой электроники и светодиодной светотехники, что создаёт потенциал для синергетического взаимодействия направлений», – считает Покровский.

Остаётся только отметить, что эта стратегия предполагает выстраивать развитие российской электроники вдоль тех немногих направлений, где Россия традиционно сильна. Смущает то, что это только попытка сохранить сильные позиции, а не завоёвывать новые. К тому же реализация этой стратегии даст России долю в 5% на мировом рынке электроники, при этом доля российских производителей на внутреннем рынке составит около 50%. Смогут ли эти показатели спровоцировать появление российской Huawei? ☺



# ICAPE GROUP

Компания ООО «Айкейп Рус»

## ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

- **25** заводов по производству печатных плат всех степеней сложности
- **IQTS** Сервис быстрого изготовления печатных плат (от 1 дня)
- Двойной контроль качества и конкурентоспособные цены

## ЗАКАЗНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДЕТАЛИ ИЗ КИТАЯ

- **50** заводов по производству заказных технических деталей
- Быстрая доставка до двери и техническая поддержка

LED & LCD дисплеи



Моточные изделия



Кабели



Разъемы



Корпуса



и многое другое...

[www.icape-group.com/ru](http://www.icape-group.com/ru)

Tel: +7 495 668 11 33 [order@icaperussia.com](mailto:order@icaperussia.com)

Реклама

# Выбор составов металлизационных паст и разработка технологии металлизации керамики из нитрида алюминия

Юрий Непочатов, Иван Красный, Валерий Грибанов,  
Светлана Кумачёва, Анастасия Денисова (г. Новосибирск)

Металлизированная алюмонитридная керамика во всём мире широко используется в качестве теплоотводов для активных элементов силовых полупроводниковых приборов (СПП). В данной статье рассмотрена возможность металлизации отечественной алюмонитридной керамики металлизационными пастами, предназначенными для металлизации алюмооксидной керамики. В работе сравниваются прочность сцепления с AlN-керамикой металлизационных покрытий (МП), полученных из металлизационных паст собственного изготовления и зарубежного. Также приведены режимы вжигания этих металлизационных паст.

## ВВЕДЕНИЕ

Темпы развития силовых полупроводниковых приборов (СПП) растут с каждым годом, что обусловлено постоянной работой специалистов над новыми конструкционными радиоматериалами и технологиями их создания. Сегодняшний тренд развития электроники направлен на миниатюризацию полупроводниковых устройств и приборов, однако это возможно при решении ряда определённых задач, таких, как эффективный отвод тепла от активных радиоэлементов, разработка новых алгоритмов работы микросхем, поиск альтернативных технологий, позволяющих снизить выделение тепла при работе приборов.

В производстве электронно-компонентной базы силовой электроники в качестве изоляционных и конструкционных материалов очень широко используются различные виды керамик преимущественно на основе оксидов ( $Al_2O_3$ ,  $ZrO_2$ , BeO), карбидов ( $B_4C$ , TiC, SiC), нитридов ( $Si_3N_4$ , BN, AlN). Наиболее востребованным керамическим материалом в производстве высокомогущих полупроводниковых приборов, которые работают при мощности более  $2 \text{ кВт/мм}^2$ , является оксид бериллия (BeO), поскольку керамика на основе этого материала обладает очень высокой теплопроводностью порядка  $250 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ , что позволяет эффективно отводить тепло от активных элементов приборов, к тому же другие электрофизические параметры этой керамики являются очень удобными для

полупроводниковой промышленности. Бериллиевая керамика является оксидной и получить на её поверхности металлизационное покрытие (МП) с высокой адгезией гораздо проще, чем на поверхностях безоксидных типов керамик. Однако эта керамика является токсичной и её промышленное производство в России не предусматривается, поэтому для силовой полупроводниковой промышленности очень актуальным становится вопрос поиска материалов, альтернативных бериллиевой керамике.

По физическим параметрам наиболее близкой к бериллиевой керамике является алюмонитридная керамика (AlN). Она также обладает достаточно высокой теплопроводностью порядка  $170...200 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$  и стабильностью электрического сопротивления с повышением температуры  $10^{14}...10^{15} \text{ Ом} \cdot \text{см}$ . Однако эта керамика является нитридной, что создаёт проблемы в получении на её поверхности металлизационного покрытия с высокой адгезией и стойкостью к термоциклированию, используя традиционные физико-химические процессы, характерные для оксидных керамик. Поэтому работы по разработке технологий, позволяющих получать металлизационные покрытия с высокой адгезией и термостойкостью на алюмонитридной керамике, на сегодняшний день являются особенно востребованными.

Металлизационное покрытие наносят на керамику для создания на определённой части подложки-держате-

ля токопроводящего слоя, к которому присоединяют полупроводниковый кристалл и выводы. Основным методом получения металлического покрытия на керамических изделиях является нанесение через сеткографический трафарет пасты с последующим её вжиганием, что позволяет формировать топологический рисунок и обеспечивать соединение керамики с металлической арматурой при помощи пайки. Металлизационный слой создаёт смачиваемую припоем поверхность и позволяет получить методом пайки прочное, вакуумно-плотное, герметичное соединение керамических деталей друг с другом или с металлом. Плохая смачиваемость керамики объясняется совершенно различной структурой поверхностей керамики и металлов. Прочный металлизационный слой на керамике служит цементирующей промежуточной составляющей между керамикой и металлической арматурой. Прочность сцепления МП с керамикой возрастает при близости показателей ТКЛР и усадки металлизационной пасты при вжигании. При вжигании металлизационных композиций в керамике происходят два взаимоисключающих процесса:

- спекание металлических зёрен между собой;
- окисление активных компонентов металлизационной пасты и взаимодействие вновь образующихся центров оксидов с оксидами керамики с появлением переходного слоя.

Поэтому в пасту наряду с чистыми металлами вводят активные добавки и стеклообразующие составляющие, которые взаимодействуют с компонентами керамики и не нарушают процесс спекания металлических зёрен друг с другом. Толщина металлизационного слоя после нанесения на подложку-держатель может составлять  $20...60 \text{ мкм}$ . После вжигания она уменьшается на  $40...50\%$ .

Металлизационные покрытия на деталях из алюмонитридной керамики

для высокоомощных полупроводниковых приборов должны быть достаточно плотными, термостойкими, высокотепло- и электропроводящими, поскольку МП выполняет функции проводника электрического тока и, в то же время, теплоотвода. Если МП будет недостаточно плотным или электро- и теплопроводящим, то при прохождении через него тока произойдёт повышение электрического сопротивления, что приведёт к нарушению целостности этого МП и выходу из строя всего прибора. Из-за специфики применения высокоомощных полупроводниковых приборов, металлизационные покрытия в них подвергаются значительным термическим циклам с большой амплитудой ( $-60...+150^{\circ}\text{C}$ ), поэтому для бесперебойной работы приборов необходима высокая надёжность соединения металла с керамикой. В зависимости от назначения и специфики полупроводниковых приборов требования к прочности соединения МП с керамикой (адгезия) может варьироваться от 1,5 до 2,5 кгс/мм<sup>2</sup>, а в особо мощных и ответственных приборах – от 4 до 6 кгс/мм<sup>2</sup>.

Целью работы является выбор составов металлизационных паст для трафаретной печати и исследование технологических путей получения металлизационных покрытий диэлектриков из нитрида алюминия.

Все ныне существующие технологии металлизации AlN-керамики позволяют создавать металлизационные покрытия, которые можно разделить на низкотемпературные ( $T_{\text{раб}} \leq 800^{\circ}\text{C}$ ) и высокотемпературные ( $T_{\text{раб}} \geq 800^{\circ}\text{C}$ ).

### НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ МП НА AlN-КЕРАМИКЕ

Низкотемпературные МП в основном состоят из таких металлов, как медь, серебро, алюминий и их сплавов. По способам формирования МП на керамике, технологии металлизации можно разделить следующим образом:

- напыление (реактивное, вакуумное, плазменное, газодинамическое и др.) – нанесение металлов на поверхность керамики происходит в виде дисперсных частиц;
- толстоплёночная технология – нанесение металла в виде металлизационных паст, состоящих из порошков металлов с органической связкой (биндером), с последующим вжиганием;
- фольгирование – припайка фольги металла через активные припой.

В большинстве случаев при формировании МП на алюмонитридной керамике производители металлизированных керамических изделий комбинируют перечисленные технологии, что позволяет использовать преимущества каждой из них и получать покрытия высокого качества.

Наиболее часто используемой технологией низкотемпературной металлизации AlN-керамики является технология паст и припоев активных металлов:

1. На подложку из нитрида алюминия с шероховатостью  $Ra = 0,6...1,0$  наносят пасту на основе Ag ( $98\text{Ag} + 1\text{Cu} + 1\text{Sn}$ ) толщиной 15–20 мкм, проводят сушку ( $150^{\circ}\text{C}$ , 10 мин, на воздухе), вжигают при температуре  $800^{\circ}\text{C}$  в течение 10 мин, после чего гальваническим способом наносят медь толщиной 200...250 мкм.
2. На керамическую подложку напыляют тонкий слой Ti/V (1–2 мкм), после чего наносят пасту на основе серебра и вжигают. Далее проводят гальваническое наращивание меди.
3. На алюмонитридную подложку наносят пасту, состоящую из  $85\text{Cu} + 10\text{Ag} + 5\text{Ti}$  или  $85\text{Cu} + \text{Cu}_2\text{O} + 5\text{Ti}$ , после чего сушат и вжигают при температуре  $+1250^{\circ}\text{C}$ .
4. На алюмонитридную полированную подложку напыляют магнетронным распылением слой Ti (0,3 мкм) и вжигают при температуре  $+1000^{\circ}\text{C}$ , а после наращивают гальваническую медь.

Для пайки медной фольги с AlN возможно использовать припой на основе  $59\text{Ag}-27,25\text{Cu}-12,5\text{In}-1,25\text{Ti}$  при контактном давлении  $2,9\text{ Па} \times 10^4$  и пайке в азоте при температуре  $+850^{\circ}\text{C}$  в течение 10 минут.

### ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ МП НА AlN-КЕРАМИКЕ

Наиболее востребованными МП на AlN-керамике являются покрытия, которые не ухудшают своих адгезионных свойств при нагреве до  $+800...1000^{\circ}\text{C}$ , поскольку наиболее популярными припоями для пайки конструктивных элементов вакуумноплотных систем являются припой на основе серебра и меди (например:  $\text{PCr72}$  или  $\text{Cr99,99}$ ). Полное отсутствие стеклофазы в алюмонитридной керамике не позволяет использовать для её металлизации стандартные, хорошо отработанные процессы металлизации оксидных керамик пастами на основе тугоплавких металлов (Mo, W).

Металлизационные пасты на основе Mo и W для AlN-керамики часто смешивают с Ti и вжигают при температуре  $+1850-1880^{\circ}\text{C}$  в атмосфере азота, после чего покрывают никелем (3...5 мкм) и золотом (1...1,5 мкм). Однако такая высокая температура вжигания данной смеси связана с большими затратами и может использоваться только в тех случаях, когда это действительно экономически оправданно. Как показывает практика, электрическое сопротивление и адгезия металлизации к керамике зависят от многих факторов, включая средний размер частиц порошков металла, температуру и состав среды вжигания.

Теория образования надёжного соединения металл-керамика предполагает образование на границе переходного слоя в результате физико-химических превращений (в случае с нитридной керамикой) следующих соединений: CrN,  $\text{CuN}_2$ ,  $\text{Mo}_2\text{N}$ ,  $\text{AgN}_3$ , TiN, YN, VN. Однако для того чтобы в приповерхностном слое керамики образовались в достаточном количестве подобные соединения, необходимы высокие температуры и длительные выдержки.

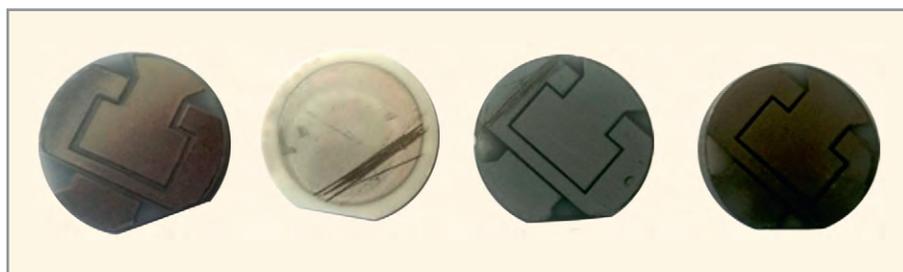
### ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ МЕТАЛЛИЗАЦИИ КЕРАМИКИ ИЗ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ

В России промышленным производством изделий из алюмонитридной керамики занимается предприятие АО «НЭВЗ-Керамикс» [1, 2]. Выпускаемые им алюмонитридные изделия, в зависимости от способа изготовления (прессование, центробежное литьё, литьё на движущуюся основу [3, 4], что определяется сложностью формы изделия), обладают теплопроводностью 160...185 Вт/(м·К) и имеют высокие изоляционные и прочностные характеристики на уровне мировых брендов (см. табл. 1) [5].

На изделиях в виде дисков ( $\varnothing 17,7 \times 2$  мм), изготовленных из отечественной алюмонитридной керамики методом осесимметричного прессования [3], и подложек ( $20 \times 20 \times 1$  мм), изготовленных на линии КЕКО Equipment методом литья на движущуюся основу [4, 6], было опробовано формирование металлизационных покрытий методом трафаретной печати составами металлизационных паст для алюмооксидной керамики ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; ВК-96, ВК-100).

Составы паст:

- A. Mo–Mn–Si +  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  +  $\text{ZrO}_2$  +  $\text{TiH}_2$  + биндер («НЭВЗ-Керамикс»);



AlN-диски после оценки методом царапания

В. Mo–Mn–Si + биндер («НЭВЗ-Керамикс»);

С. CeronicsInc: 3.1 #80/15/5; 3.2 #80/10/10; 3.3 #90/10; 3.4 #CE-11 (производство США).

Органическое связующее (биндер) отечественных металлизационных паст состояло из таких компонентов, как: этилцеллюлоза-100, α-терпинеол, дибутилфталат и олеиновая кислота. Биндер добавлялся в смесь порошков до получения оптимальной вязкости для трафаретного нанесения на алю-

монитридную керамику (AlN). Наиболее оптимальная вязкость пасты получилась при добавлении 26% биндера на 100 г смеси и составила 710 спуз. При такой вязкости топологический рисунок, нанесённый через сеткографический трафарет с плотностью сетки 325 меш, имеет достаточно чёткие границы. При этом сохраняется толщина металлизационного покрытия, задаваемая сеткой трафарета (20–25 мкм), и минимизируется вероятность появления таких дефектов печати, как, напри-

мер, налипание, затекание и неоднородность плотности металлизационного слоя.

Одним из важных моментов в формировании металлизационного покрытия на керамике является подготовка поверхности. Керамические детали после спекания подвергались механической шлифовке для выравнивания и создания шероховатости поверхности Ra = 0,15 мкм. После шлифовки поверхности дисков и подложек тщательно промывались в кипящем трихлорэтилене, после чего подвергались ультразвуковой обработке в деионизированной воде при +60°C и сушились в ацетоне.

Наиболее распространённым и доступным оборудованием для вжигания металлизационных паст являются азотно-водородные проходные толкательные печи электрического типа. Такие печи состоят из 3–5 муфтовых муфелей длиной 90–100 см с намотанной на них молибденовой проволокой, которая выполняет функцию электронагревателя. Муфели расположены последовательно, формируют непрерывный канал с 3–5 температурными зонами. Эксперимент проводился при трёх температурных режимах:

- T = 1340°C / 15 мин толкание, среда H<sub>2</sub>, точка росы +25°C (влажный водород);
- T = 1340°C/15 мин толкание, среда H<sub>2</sub>, точка росы –40°C (сухой водород);
- T = 1400°C/15 мин толкание, среда H<sub>2</sub>, точка росы +25°C (влажный водород).

Время нахождения деталей в зоне с максимальной температурой составило примерно 30 мин. Качество сцепления полученных МП сначала оценивалось методом царапания (см. рисунок). Результаты анализа прочности полученных МП-покрытий представлены в таблицах 2 и 3.

Из таблиц 2 и 3 видно, что паста собственного изготовления состава В показывает хорошую прочность при всех трёх режимах вжигания. Из зарубежных составов С аналогичным является состав С.2. Также хорошую прочность МП, но исключительно во влажной среде, показали пасты состава С.1 и С.4, однако у состава С.1 прочность появляется только при температуре вжигания +1400°C.

У деталей, на которых МП показало хорошую стойкость к царапанию, измерялась адгезия методом прямого отрыва припаянного вывода. Подго-

Таблица 1. Характеристики алюминитридной керамики мировых производителей

Наименование характеристик	MARUWA (Япония)	LEATEC (Тайвань)	ClecGroup (Китай)	CeramTec (Германия)	АО НЭВЗ-Керамикс (Россия)
Содержание AlN, %	98	98	98	98	98
Кажущаяся плотность, г/м <sup>3</sup>	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
Предел прочности на изгиб (20°C), МПа	250	450	320	360	420
Теплопроводность (20°C), Вт/(м · К)	200	170	160	180	180
Коэффициент теплового расширения (25–1000°C)	4,0	5,0	4,7	4,7	4,5
Диэлектрическая проницаемость (1 МГц, 25°C)	9,0	8,7	9,0	9,0	9,0
Диэлектрические потери (1 МГц, 25°C)	0,0003	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003
Объёмное удельное сопротивление (20°C), Ом · см	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>14</sup>

Таблица 2. Оценка качества вожжённых паст методом царапания

Режим вжигания	Состав А (НЭВЗ-Керамикс)	Состав В (НЭВЗ-Керамикс)	Состав С (CeronicsInc, США)			
			С.1 80/15/15	С.2 80/10/10	С.3 90/10	С.4 CE-11
T = 1340°C / 15 мин толкание, среда H <sub>2</sub> , точка росы +25°C (влажный водород)	АП <sup>1</sup> пузырение	АХ <sup>1</sup>	АП <sup>1</sup> нет прочности	АХ <sup>1</sup>	АП <sup>1</sup> шелушение	АХ <sup>1</sup>
T = 1340°C/15 мин толкание, среда H <sub>2</sub> , точка росы –40°C (сухой водород)	АП <sup>1</sup> нет прочности	АХ <sup>1</sup>	АП <sup>1</sup> нет прочности	АХ <sup>1</sup>	АП <sup>1</sup> отслоение	АП <sup>1</sup> нет прочности
T = 1400°C/15 мин толкание, среда H <sub>2</sub> , точка росы +25°C (влажный водород)	АП <sup>1</sup> шелушение	АХ <sup>1</sup>	АХ <sup>1</sup>	АХ <sup>1</sup>	АП <sup>1</sup> отслоение	АХ <sup>1</sup>

<sup>1</sup> АП – адгезия плохая, МП легко сцарапывается и не пригодно для дальнейшего использования.

<sup>2</sup> АХ – адгезия хорошая, МП прочное, не сцарапывается.

Таблица 3. Результаты измерения адгезии МП

Состав	Величина адгезии, кгс/мм <sup>2</sup>	Режимы вжигания
Состав В	2,0	T = 1340°C / 15 мин толкание, среда H <sub>2</sub> , точка росы +25°C (влажный водород)
Состав С.2	2,5	
Состав С.4	2,1	
Состав В	2,5	T = 1340°C/15 мин толкание, среда H <sub>2</sub> , точка росы –40°C (сухой водород)
Состав С.2	2,5	
Состав В	2,4	
Состав С.1	1,5	T = 1400°C/15 мин толкание, среда H <sub>2</sub> , точка росы +25°C (влажный водород)
Состав С.2	2,2	
Состав С.4	2,5	

товка к измерению адгезии проводилась в два этапа:

- 1) сначала на металлизированную поверхность гальваническим методом наносился слой никеля толщиной 3...4 мкм, после чего никель припекался в сухом водороде при температуре +850°C в течение 30 мин;
- 2) затем изделия помещались в специальную оправку, в которой к никелированной поверхности прижимался никелевый вывод, площадь припаяемого торца которого составляла 1 мм<sup>2</sup>. Между выводом и никелированной поверхностью помещалась прокладка припоя ПСр72 толщиной 200 мкм. Пайка проводилась при температуре +870°C в вакууме  $7 \times 10^{-5}$  торр.

Измерения адгезии припаянного никелевого вывода к МП проводили с помощью разрывной машины Instron 3366L4610 в режиме статического нагружения со скоростью 0,5 кгс/мин. Результаты измерения адгезии представлены в таблице 3.

При измерении адгезии максимальная нагрузка, которую выдерживал никелевый вывод, составила 2,5 кгс/мм<sup>2</sup>. Из таблицы 2 видно, что из зарубежных составов максимальную адгезию показывают составы С.4 (при температуре вжигания 1400°C в сухом водороде) и С.2 (как в сухом, так и во влажном водороде, но при более низкой температуре вжигания 1340°C). Важно отме-

тить, что во влажной среде поверхность алюмонитридной керамики окисляется и на её поверхности формируется слой из оксидов: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>5</sub>Y<sub>3</sub>O<sub>12</sub> и AlYO<sub>3</sub> [5]. Это приводит к снижению теплопроводности керамики, что является негативным фактором. Поэтому предпочтительно использовать режимы вжигания, в которых время нахождения образцов во влажной среде минимально.

### Вывод

Исходя из результатов измерения адгезии МП к AlN-керамике, можно сказать, что некоторые составы металлизационных паст, применяемых для металлизации алюмооксидной керамики (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), можно использовать для металлизации алюмонитридной керамики. Наиболее оптимальными составами являются составы В и С.2, вжигание которых осуществлялось при T = +1340°C в сухом водороде. Для более глубокого исследования прочностных характеристик МП на AlN-керамике, полученных на основе составов В и С.2, необходимо проведение дополнительных экспериментальных работ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Непочатов Ю.К., Земницкая А.А., Муль П.А.* Разработка керамики на основе нитрида алюминия для изделий электронной техники. Современная электроника. 2010. №9.

2. *Непочатов Ю.К., Плетнёв П.М., Денисова А.А.* Патент 2560456 Россия. МПК51 С 04 В 35/581. С 04 В 35/64. Способ обжига керамических деталей. №2013121253/03. Заявлено 07.05.2013. Опубл. 20.08.2015. Изобретения. 2015. №23.
3. *Непочатов Ю., Красный И., Абраамян А., Бандин А., Денисова А.* Разработка теплопроводящих керамических дисков для СВЧ-транзисторов и силовых полупроводниковых модулей. Современная электроника. 2016. №3.
4. *Земницкая А.А., Пестрецова Н.Е., Ларин К.В., Борискин С.А., Дитца А.А.* Сборник статей IX международной конференции студентов и молодых учёных «Перспективы развития фундаментальных наук» 2012. Технология получения керамических подложек из нитрида алюминия методом литья.
5. *Никитушкин И.В., Анненков Ю.М.* Национальный исследовательский Томский политехнический университет. Теплопроводная нанокерамика из нитрида алюминия и сопутствующие материалы, полученные методами высокоинтенсивных технологий. Российская молодёжная научная конференция «Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодёжи». Секция 1. Энергоэффективные технологии в электромеханике.
6. *Непочатов Ю.К., Денисова А.А., Плетнёв П.М., Красный И.Б.* Вестник СГУПСа №10. 2015. Особенности обжига алюмонитридной керамики. 

## Новости мира News of the World Новости мира

### Московская промышленность пошла в рост

По итогам восьми месяцев обрабатывающие промышленные производства столицы впервые в 2016 г. продемонстрировали рост на 0,1% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Об этом сообщает Аналитический центр города Москвы.

Как отмечают эксперты, точками роста по итогам января–августа стали такие отрасли, как производство машин и оборудования (+20%), а также лёгкая промышленность, включая производство кожи и обуви (+15%), текстильное и швейное производство (+7,5%). Наиболее динамичное увеличение объёмов (193% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года) отмечено в производстве электронной аппаратуры.

Как подчёркивают в ГБУ «Аналитический центр», положительная динамика промышленного производства в Москве под-

тверждается и другими экономическими показателями, в том числе ростом прибыли обрабатывающих производств и энергопотребления в лидирующих отраслях. Так, по данным Мосэнергосбыта, зафиксировано увеличение энергопотребления на 23% в производстве электроники, на 8% – в химической и на 4% – в лёгкой промышленности. Кроме того, на 9% выросло потребление электроэнергии в столичных технопарках. В свою очередь рост прибыли отмечен в большинстве отраслей столичной экономики, кроме пищевой, металлургической и деревообрабатывающей промышленности, а также нефтеперерабатывающей.

Начавшийся промышленный рост аналитики связывают, в частности, с программой стимулирования развития индустриального потенциала Москвы, запущенной столичным правительством в конце 2015 г. и начавшей давать результаты.

Комментируя данные статистики, заместитель мэра Москвы по вопросам экономической политики и имущественно-земельных отношений Наталья Сергунина подчеркнула, что в Москве действует механизм стимулирования эффективно работающих предприятий, которые становятся драйвером развития экономики города.

В рамках мер поддержки предприятиям, которые эффективно используют территорию, активно инвестируют, выплачивают сотрудникам высокую заработную плату, город предоставляет значительные налоговые льготы и льготы по аренде земли. Общее снижение налоговой нагрузки для реального сектора столичной экономики в рамках программы поддержки составляет до 25%, в результате чего промышленные компании получают возможность для высвобождения дополнительных ресурсов на развитие производства.

[www.depr.mos.ru](http://www.depr.mos.ru)

# Внедрение новых технологий микроэлектроники в разработки нейрокомпьютеров

**Александр Галушкин (Москва)**

**В статье описываются основные задачи, возникающие при развитии и внедрении новых технологий микроэлектроники в разработки перспективных нейрокомпьютеров, и предлагается методология их решения.**

## ВВЕДЕНИЕ

Нейросетевые технологии, развиваемые с 1940-х гг., в настоящее время получили активное развитие. Это связано с ростом сложности решаемых задач, что в свою очередь требует отказа от классической фон-Неймановской архитектуры вычислительных систем и перехода к распределённым, в том числе, нейросетевым архитектурам.

Решение сложных задач в нейросетевом логическом базисе нуждается в аппаратной поддержке, которая в настоящее время реализуется на графических процессорах, ПЛИС и, во многих случаях, на цифровых, аналогово-цифровых и аналоговых ИС. В настоящее время известные ограничения цифровых технологий и развитие нанотехнологий делают возможным возврат к аналоговой обработке в рамках высокопараллельных нейросетевых алгоритмов и вычислительных структур.

В течение многих лет кроме стандартной КМОП-технологии для разработки и изготовления нейрочипов имели место активные попытки применения и других технологий:

- мемристорной в сочетании с КМОП-технологией;
- оптической;
- квантовой;
- молекулярной;
- технологии вакуумных схем и др.

Каждая технология накладывала существенные ограничения на структуру аппаратно-реализуемого фрагмента нейронной сети и, как следствие, на алгоритмы настройки коэффициентов и нейросетевые алгоритмы решения задач. Известны российские разработки аналогово-цифровых нейрокомпьютеров 1960–1970 гг., когда весовые коэффициенты реализовывались на потенциометрах, а сумматоры с нели-

нейным преобразованием – на операционных усилителях в составе аналоговых ЭВМ типа МН7 и МН14.

Появление мемристоров позволяет разработать аналоговые нейрочипы с высоким быстродействием. В настоящее время не существует единой концепции создания нейрочипов с использованием мемристоров. Например, компания Hewlett Packard пошла по пути совмещения КМОП-технологии с мемристорными матрицами, а Intel использует совмещение матрицы мемристоров со спиновыми вентилями. Многообразие подходов к конструированию нейрочипов нового поколения свидетельствует о большом потенциале мемристорных элементов.

Принципиальным отличием новых СБИС с мемристорами должна стать частотная модуляция сигнала. Такой подход не только позволит снизить энергопотребление, но и существенно увеличить срок службы и повысить надёжность элементов.

Данная статья посвящена методологии создания нейрокомпьютеров с применением мемристоров, количество которых в СБИС может быть достаточно велико, что, в свою очередь, приведёт к специализации структуры фрагмента аппаратно реализуемой нейронной сети.

В дополнительных материалах к статье (см. на [www.soel.ru](http://www.soel.ru)) представлен перечень работ, необходимых для внедрения новой технологии микроэлектроники (на примере мемристорной) в перспективные нейрокомпьютеры.

## Классические подходы к решению задач

Поводом для использования новых технологий микроэлектроники в высокопроизводительных нейрокомпьютерах является актуальная задача или группа задач, которые можно разделить

на два класса: формализуемые и неформализуемые.

Для формализуемых задач совместно с разработкой стандартного алгоритма и его программированием на современной персональной ЭВМ оценивается время решения задачи. Если оно удовлетворяет заказчика (или заказчиков), то потребности во внедрении новой технологии микроэлектроники не возникает. Если время решения задачи не удовлетворяет заказчика, то у разработчика есть два пути:

1. Переход к разработке и программированию алгоритма для кластерной суперЭВМ.
2. Разработка нейросетевого алгоритма решения задачи.

На первом пути анализируются стоимость, габариты, энергопотребление и время решения задачи на кластерной суперЭВМ для различного числа узлов. Если эти характеристики удовлетворяют заказчика, то на этом работа завершается. Если не удовлетворяют, то необходимо разработать и запрограммировать алгоритм решения задачи на суперЭВМ с графическими процессорами. В этом случае, как и в предыдущем, необходимо провести анализ стоимости, габаритов, энергопотребления и времени решения задачи на суперЭВМ с графическими процессорами. Если требования не выполняются, необходимо произвести программирование и реализацию классических алгоритмов решения задачи на базе ПЛИС.

Реализации алгоритмов решения задачи, удовлетворяющие требованиям заказчика, которые не требуют внедрения новых технологий микроэлектроники:

- на ПЭВМ;
- на кластерной суперЭВМ;
- на суперЭВМ с графическими процессорами;
- на базе ПЛИС.

К разработке нейросетевых алгоритмов необходимо переходить, когда:

- время решения задачи на персональной ЭВМ не удовлетворяет заказчика;
- стоимость, габариты, энергопотре-

ление и время решения задачи на кластерных суперЭВМ или суперЭВМ на базе графических процессоров, а также на базе ПЛИС, не удовлетворяют заказчика;

- задача является неформализуемой.

### СОЗДАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Разработка нейросетевого алгоритма решения задачи проводится в соответствии с методикой [1], апробированной на многих задачах. После окончания разработки нейросетевого алгоритма решения задачи необходимо выполнить его программирование на ПЭВМ с графическими ускорителями и оценить время решения задачи.

Если время решения задачи удовлетворяет заказчика, то на этом разработка данного варианта нейрокompьютера заканчивается. В противном случае необходимо провести разработку и программирование нейросетевого алгоритма на кластерной суперЭВМ и т.д. и т.п., включая реализацию на ПЛИС. При отрицательном результате потребуется разработать нейросетевые алгоритмы решения задачи с применением частотно-импульсной модуляции сигналов [2] (Spiking Neural Network).

### ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ С ЧАСТОТНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ СИГНАЛОВ

Переход в разработке нейрокompьютеров к представлению сигналов в виде частотной последовательности коротких импульсов является принципиальным, в первую очередь, с точки зрения энергопотребления. Хорошим примером является нейрочип TrueNorth фирмы IBM [3], который делает нейросетевые технологии (Spiking Neural Network) достаточно самостоятельными и перспективными.

Естественно, начальным этапом этих работ является попытка реализации нейросетевой парадигмы на ПЭВМ, суперЭВМ с графическими ускорителями и вычислительными системами на базе ПЛИС. Вариант реализации на кластерной суперЭВМ здесь пропускается вследствие его неперспективности.

Необходимо отметить, что для варианта нейронных сетей с частотно-импульсной модуляцией сигналов (НСЧИМ) потребуется доработка специфических разделов (теории нейронных сетей, нейроматематики и нейро-

управления), используемых в качестве алгоритмической основы реализации нейрокompьютеров с применением НСЧИМ.

Первым этапом работ в этом направлении является построение нейросетевого алгоритма решения задачи с применением НСЧИМ. В рамках направления потребуется создание комплекса моделей нейрочипов и нейроморфных ЭВМ на основе НСЧИМ [4], а именно:

- модели входного сигнала нейронных сетей;
- моделей функционалов первичной оптимизации;
- моделей нейронных сетей;
- моделей процессов настройки коэффициентов нейронных сетей в нейроморфных ЭВМ;
- моделей процессов настройки коэффициентов нейронной сети с переменной структурой;
- моделей процессов настройки коэффициентов нейронных сетей в нейроморфных ЭВМ с ограничениями на настраиваемые коэффициенты;
- моделей типовых входных сигналов нейронных сетей;
- планов экспериментов и визуализации результатов для проверки качества работы нейронных сетей;
- моделей решения формализуемых и неформализуемых задач с применением больших нейронных сетей для перспективных нейроморфных ЭВМ;
- моделей распараллеливания нейросетевых алгоритмов в соответствии с реальной структурой физических моделей перспективных нейроморфных ЭВМ.

Указанный комплекс моделей должен быть реализован на суперЭВМ с применением графических процессоров.

Разработанные нейросетевые алгоритмы должны быть запрограммированы и исследованы на ПЭВМ с графическими ускорителями, с анализом стоимости, габаритов, энергопотребления и времени решения задачи для различного числа графических модулей. При удовлетворении требований заказчика будет разработан вариант нейрокompьютера (ПЭВМ с несколькими графическими платами и нейросетевое (НСЧИМ) программное обеспечение).

Если требования заказчика не удовлетворяются вариантом ПЭВМ с несколькими графическими ускорителями, необходимо перейти к разработке и программированию нейросетевого алгоритма (НСЧИМ) решения задачи

на суперЭВМ и т.д. и т.п., включая ПЛИС. Очевидно, что и эти варианты реализации нейрокompьютеров с ЧИМ не требуют развития и внедрения новых технологий микроэлектроники.

### ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ВЫВОДЫ

Вышерассмотренные варианты реализации нейрокompьютеров практически не требуют развития и внедрения новых технологий микроэлектроники. Потребность в последних возникает из-за невозможности удовлетворить требования заказчика. Однако необходимо отметить, что:

- отсутствие реализации нейрокompьютера не может служить основанием для внедрения новых технологий микроэлектроники в перспективные нейрокompьютеры;
- само по себе развитие и внедрение новых технологий микроэлектроники требует проведения большого объема работ;
- наиболее эффективным вариантом реализации нейрокompьютера, ориентированного на решение задач в нейросетевом логическом базисе (НСЧИМ) в виде заказной СБИС, в настоящее время является нейрочип TrueNorth [3] фирмы IBM.

### РАЗРАБОТКА НЕЙРОЧИПОВ И НЕЙРОМОРФНЫХ ЭВМ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕМРИСТОРОВ

В настоящее время мемристоры являются перспективной технологией для будущих нейрокompьютеров. Развитие самой технологии изготовления мемристорных матриц является самостоятельным вопросом и не рассматривается в данной статье. Далее описываются проблемы разработки нейрочипов и нейроморфных ЭВМ с применением мемристоров.

Необходимо отметить, что для вариантов нейрочипов и нейроморфных ЭВМ с применением мемристоров необходима доработка специфических разделов:

- теории нейронных сетей, алгоритмы адаптации которых ориентированы на специфические мемристор-ные структуры нейронных сетей и на учёт динамических свойств мемристоров как элементов, реализующих весовые коэффициенты;
- нейроматематики, как раздела вычислительной математики, связанного с решением задач с учётом указанной модификации теории нейронных сетей, используемой для реше-

ния задач в нейросетевом логическом базисе;

- методов распараллеливания нейросетевых алгоритмов решения задач на специфические «мемристорные», аппаратно реализованные нейросетевые структуры;
- нейроруправления, где для работы в реальном времени в обязательном порядке необходим учёт динамических характеристик мемристоров.

В рамках освоения новой технологии микроэлектроники – мемристоров, разработчикам нейрочипов и нейроморфных ЭВМ совместно с технологами мемристоров необходимо создать модели элементов (мемристоров и мемристорных матриц) с оценкой производительности в операциях будущих нейрочипов и нейроморфных ЭВМ.

Разработчиками нейросетевых (НСЧИМ) алгоритмов решения задач, архитектуры нейрочипов и нейроморфных ЭВМ, специалистами по распараллеливанию нейросетевых алгоритмов должна быть предложена архитектура и схемотехника аналоговой части нейрочипа с применением мемристоров, а совместно с технологами – технология стыковки мемристорных матриц большого размера с аналоговой частью СБИС.

Параллельно должны быть созданы модели указанных аналоговых схем в программных пакетах Cadence или Pspice, а также соответствующие модели аналоговых схем с мемристорными

блоками. Следует также получить оценки производительности данной части нейрочипа в терминах операций нейроморфных ЭВМ.

В результате распараллеливания нейросетевого алгоритма решения задачи должен быть разработан фрагмент нейросетевого алгоритма, реализуемого цифровой частью СБИС, и созданы модели цифровой части в среде Cadence. Интеграция указанных работ с интерфейсом СБИС позволит создать архитектуру, схемотехнику и модели с применением мемристоров в среде Cadence, а также оценить производительность в операциях нейроморфной ЭВМ.

Заключительными этапами работ по созданию нейроморфных ЭВМ будут разработка архитектуры и схемотехники, создание моделей в среде Cadence и оценке производительности:

- нейроплат;
- нейроблоков;
- нейростоек;
- супернейрокомпьютера.

Результаты последних этапов работ будут переданы на производство с учётом библиотек элементов и существующих технологических норм.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанная в статье методология может стать основой планирования работ по внедрению новых технологий микроэлектроники в разработки перспективных нейрокомпьюте-

ров. Любая предлагаемая технология микроэлектроники может иметь более широкую сферу применения, нежели нейрокомпьютеры. Поскольку данная статья посвящена внедрению мемристоров в нейрокомпьютеры, необходимо отметить, что в части массового производства рынок мемристорных систем будет формироваться не за счёт нейрокомпьютеров, а за счёт энергонезависимой памяти, коммутационной среды ПЛИС и других проектов. Это позволяет в значительной степени увеличить допустимые риски разработки нейрокомпьютеров с применением мемристоров.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Галушкин А.И. О методике решения задач в нейросетевом логическом базисе. Приложение к журналу «Информационные технологии». 2006. №9.
2. Spiking Neural Network. Wikipedia. [www.wikipedia.org/wiki/Spiking\\_neural\\_network](http://www.wikipedia.org/wiki/Spiking_neural_network).
3. Akopyan F., Sawada J., Cassidy A., Alvarez-Icaza R., Arthur J., Merolla P., Imam N., Nakamura Y., Datta P., Nam Gi-Joon, Taba B., Beakes M., Brezzo B., Kuang J.B., Manohar R., Risk W. P., Jackson B., Modha D.S. TrueNorth: Design and Tool Flow of a 65 mW 1 Million Neuron Programmable Neurosynaptic Chip. IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems. 2015. Oct. Vol. 34. №10. Pp. 1537–1557.
4. Галушкин А.И. Модели для разработки нейрочипов и нейроморфных ЭВМ. Информатизация и связь. 2015. №4.



## Новости мира News of the World Новости мира

### Российские физики ускорили синтез наночастиц

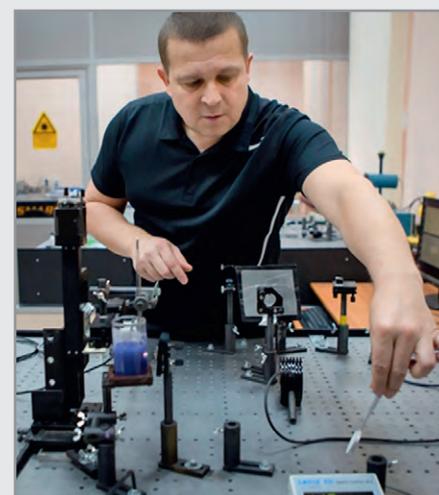
Исследователи Сибирского физико-технического института при Томском государственном университете (СФТИ ТГУ) отчитались о новых достижениях в разработке технологий синтеза уникальных наночастиц.

Речь идёт о методе импульсной лазерной абляции в жидкости. Его суть заключается в том, что мишень помещается в жидкость и облучается сфокусированными лазерными импульсами. В результате происходит быстрый разогрев и взрывное испарение материала мишени с поверхности в виде ионизованной плазмы. Этот процесс называется лазерной абляцией. При остывании плазмы в жидкости формируются наночастицы в виде коллоидного раствора.

Российские учёные выявили ряд закономерностей между теплофизическими свойствами материалов мишеней, растворителей, оптическими свойствами наночастиц и особенностями процесса абляции. Результаты исследования позволяют добиваться высокой эффективности синтеза в течение продолжительного времени.

Достижение, в частности, даёт возможность получать сотни литров коллоидных растворов наночастиц или десятки граммов различных нанопорошков в месяц. Такой производительности пока не удалось достичь никому в мире.

Отмечается, что опытные образцы наночастиц используются для исследований в области физики, химии, биологии, медицины, например, для изучения их токсичности и влияния на окружающую среду, при-



менения в качестве антисептиков, биостимуляторов и т.д.

**Томский государственный университет**

# Функциональное тестирование микросхем ОЗУ

Александр Лановой (г. Реутов, Московская область)

На сегодняшний день невозможно представить себе разработку любого цифрового устройства, предназначенного для сбора, обработки и передачи информации, без использования микросхем оперативной памяти. О тестировании микросхем ОЗУ и пойдёт речь.

Многие современные цифровые микросхемы (ИС) большой степени интеграции, такие как МК и некоторые виды ПЛИС имеют оперативную память данных, которой зачастую не хватает для записи больших объёмов информации. В современном мире микроэлектроники широкое распространение получили динамические и статические оперативные запоминающие устройства (ОЗУ).

В динамических ОЗУ система хранения данных организована через заряды ёмкостей МОП-структур, которые необходимо с определённой периодичностью подзаряжать (регенерировать) для исключения саморазряда, ведущего к потере записанной информации.

Архитектура построения статических ОЗУ основана на триггерах, которые сохраняют своё состояние при поданном на ИС питании. Современные наработки в технологии производства микросхем ОЗУ позволяют повышать степень интеграции, но и приводят к появлению большего количества дефектов. Поэтому на сегодняшний день остаётся актуальной задача тестирования ИС ОЗУ как на этапе входного контроля на предприятиях, производящих устройства микроэлектроники, так и в компаниях, занимающихся поставками комплектующих.

Любая ИС ОЗУ содержит шину управления, шину адреса и шину данных. Очевидно, что для функционального тестирования необходимо задавать воздействия на ИС с учётом требования выявления дефектов.

Самым очевидным способом проверки работоспособности ОЗУ является проверка режимов управления, записи и чтения данных. Т.е. функциональный контроль сводится к записи данных в память и чтение данных из памяти с последующим сравнением считанной и записанной информации.

Очень важной особенностью данной операции является выбор – какой код записывать и считывать для выявления неисправностей.

Как показывает практика, скрытые дефекты ИС ОЗУ чаще всего бывают двух типов – сбой в ячейке по определённому адресу или адресам (в ячейке памяти хранится ошибочное значение, отличающееся от записываемого) и, так называемое, «залипание» бита памяти (когда значение определённого бита по данному адресу невозможно изменить).

Одним из вариантов для проверки является комбинированный подход по тестированию, заключающийся в применении комплекса записываемых кодов, которые включают в себя «шахматные» и «переменные» коды.

Для задания внешних воздействий на ИС памяти используется внешний МК или ПЛИС, порты ввода/вывода которых генерируют сигналы шины управления, шины адреса и шины данных необходимой размерности.

На первоначальном этапе в ИС памяти последовательно записывается «шахматный» код  $55_{16}$ , далее производится считывание данных из ОЗУ с последующим сравнением с записанными значениями. Если сравнение проходит успешно (все считанные значения соответствуют записанным), то в ИС записывается инверсный «шахматный» код  $AA_{16}$  и считывание с последующим сравнением. Данный комплекс операций проводится несколько раз с инвертированием кода после каждого «прохода».

Далее тестирование проводится «переменным» кодом. В идеальном варианте в ячейки с соседними адресами записываются прямо противоположные псевдослучайные данные, однако это значительно увеличивает время тестирования, т.к. для получе-



ния наиболее полного тестирования необходимо достаточно большое число циклов с изменением данных после каждого цикла.

Но если применять «переменные» коды в сочетании с «шахматными» кодами, то вполне достаточно ограничиться записью по каждому адресу значения, отличающегося от значения предыдущего адреса и последующего.

В самом простом случае в ячейку памяти записывается её адрес, что позволяет при наличии дефекта легко определить, на каком адресе произошёл сбой. После заполнения всех ячеек памяти следуют операции чтения и сравнения с записанными данными. В случае успешного завершения операции сравнения, можно произвести цикл ещё раз с записью в ячейку инверсного значения адреса с последующим чтением и проверкой.

Вышеописанный комплекс функционального тестирования позволяет выявить дефекты ИС памяти с большой достоверностью. Перечисленные алгоритмы «шахматных» и «переменных» кодов позволяют не только выявить наличие дефектных ячеек или отдельных битов, но и определить их адреса. Однако следует учитывать: когда задающим (управляющим ИС памяти) устройством является МК, есть ограничение по быстродействию тестирования. В случае высокоскоростных ОЗУ следует применять ПЛИС для достижения большей скорости обмена данными и тестирования ИС на максимально возможных частотах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <http://radioautomatic.ru>.



# Скоро автомобили научатся «видеть»

Ян Провост, Imec

Перевод: Игорь Матешев

**В ближайшем будущем автомобили смогут «видеть» и идентифицировать объекты вокруг себя в любых условиях, в том числе в тёмное время суток, в ливень или сильный туман. Они будут автоматически синхронизировать свою скорость со скоростью потока и помогут водителю менять полосу движения. Кроме того, авто сами будут оттормаживаться, если дорогу им перебежит пешеход. Всё это произойдёт благодаря новым разработкам радарных микросхем. Дорожное движение будет безопаснее для всех, а автономное вождение станет ближе ещё на шаг.**

Imec, Европейский центр нанотехнологий в Лувене (Бельгия), разработал первый в мире радарный передатчик на 79 ГГц на простых 28-нанометровых КМОП с выходной мощностью свыше 10 дБм. Проще говоря, это первая массовая радарная микросхема с высокой разрешающей способностью.

Радарные микросхемы существуют уже давно. Но до сих пор их изготавливают в небольших объёмах и по спецтехнологиям, которые делают их довольно дорогими. В основном радарные микросхемы производятся для военной техники, но постепенно начинают появляться и в автомобилях, пока, правда, только в представителях премиум-класса.

Теперь появились радары, сделанные по современной массовой технологии, а благодаря большим объёмам произ-

водства их себестоимость невысока. Эти радары настолько малы, что их легко можно встроить не только в автомобиль, но и, например, в шлем велосипедиста, камеру обнаружения или в такие элементы инфраструктуры, как автоматические светильники или электромеханические дверные замки.

Но главная надежда разработчиков радарных микросхем – активное применение их в робототехнике. Автономные беспилотники, как воздушные, так и наземные, смогут доставлять посылки, выполнять операции складирования, уборки и многие другие. Кроме того, расширятся возможности их применения для разного рода контроля и наблюдения. Радар с высокой разрешающей способностью сделает навигацию для роботов по-настоящему автономной в любых условиях.

## ЧТО ТАКОЕ РАДАРНАЯ МИКРОСХЕМА?

В любом смартфоне есть набор микросхем и антенн, отвечающих за беспроводную связь. Они передают информацию в форме радиоволн и принимают радиоволны определённой частоты, преобразуя их обратно в информацию.

Те же электромагнитные волны, которые мы используем для связи, можно использовать в качестве радара. Передаваемый сигнал всегда частично отражается от окружающих объектов. Если мы сможем распознать это эхо и вычислить пройденное сигналом расстояние, то мы получим радар – устройство, способное распознавать объекты вокруг нас.

Беспроводная связь широко распространена, доступна и очень популярна. Отчасти так получилось благодаря тому, что в своё время производители договорились о единых стандартах обмена данными. Сейчас такой же диалог ведётся и в области радиолокации. Сегодня компании-производители почти достигли договорённости использовать полосу частот 79 ГГц.

## ЗАЧЕМ ИСПОЛЬЗОВАТЬ СИГНАЛ В 79 ГГц?

Волны частотой 79 ГГц и в целом КВЧ-диапазон выбран по двум причинам.

Во-первых, из-за особенностей их распространения в атмосфере. Все волны, которые проходят через атмосферу, ослабляются. КВЧ-волны затухают даже больше, чем видимый свет. Так зачем же их использовать? Затем, что они гораздо лучше распространяются сквозь туман, снег и даже при сильном дожде. Видимый свет в таких условиях почти полностью блокируется, а миллиметровые волны проходят без проблем. То есть высокочастотные радиоволны дают возможность радару видеть там, где мы сами не можем (см. рис. 1).

Во-вторых, КВЧ-волны дают лучшее разрешение. Стоимость разработки микросхемы, которая охватывает 5% от 79 ГГц, составляет примерно столько же, сколько разработка такой же микросхемы для частоты в 2 ГГц. Одна-

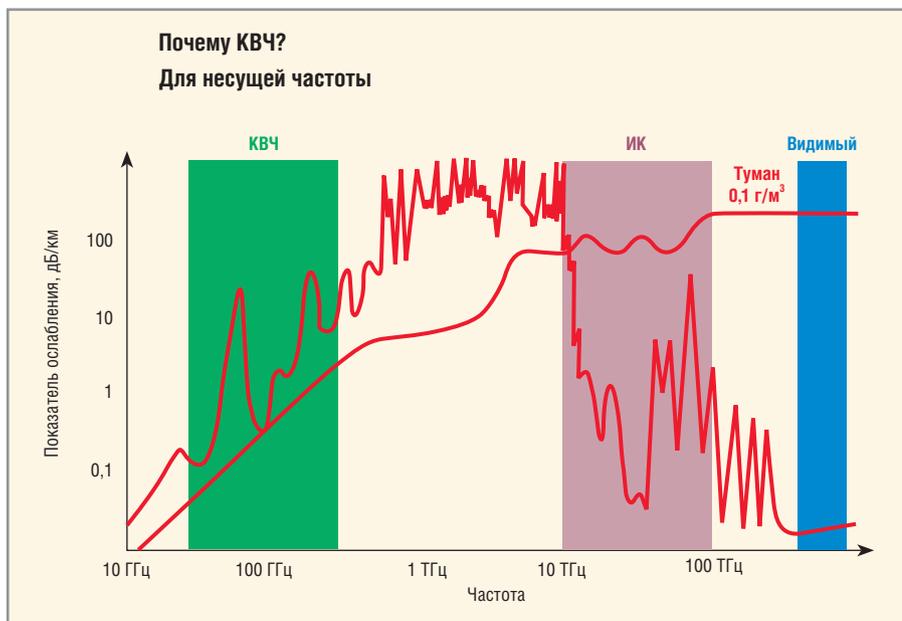


Рис. 1. Особенности распространения сигнала в атмосфере

ко ширина полосы для частоты в 79 ГГц составит приблизительно 4 ГГц против 100 МГц для частоты 2 ГГц. С точки зрения передачи информации, чем больше полоса, тем больше данных. Поэтому, используя частоту 79 ГГц, мы получим лучшее разрешение радара (см. рис. 2).

### Нужны ли нам такие радары?

Нужны, и, в первую очередь, для нашей же безопасности. Водитель автомобиля, даже очень внимательный, не может полностью контролировать окружающую обстановку. Его внимание сосредоточено на небольшом участке дороги и обочины перед машиной. При этом он уязвим для всего, что происходит за пределами этой зоны. К тому же электронная система может реагировать на изменение окружающей обстановки гораздо быстрее нас. И если так случилось, что водитель отвлекся, электронный помощник сможет исправить эту ошибку.

А когда радарная микросхема станет достаточно доступной и компактной, то придёт время встроить её в велосипедный шлем (или горнолыжный, или

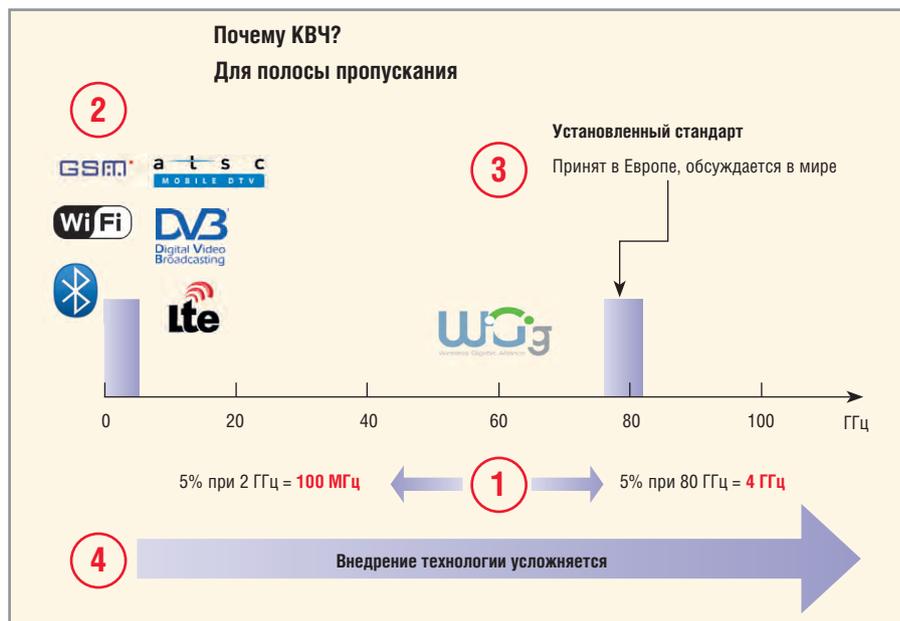


Рис. 2. Несущая частота сигнала

мотоциклетный). Таким образом можно обезопасить людей, предупреждая их о препятствиях, автомобилях, людях на дороге и прочих объектах и опасностях.

А в домах, вместо нынешних датчиков движения, мы сможем использо-

вать более совершенные радары. Радары, которые способны видеть и понимать – кто идёт (кошка или вор) и как идёт. То есть мы сможем создавать устройства, способные распознавать характер движения.



www.jtaglive.ru



## Пугают цены на системы периферийного сканирования?



- Buzz
- BuzzPlus
- AutoBuzz
- Clip
- Script
- Плееры JAM/STAPL/SVF
- JTAG Live Controller



Реклама

Представительство JTAG Technologies в России  
Телефон: (812) 313-9159  
E-mail: russia@jtag.com

Эксклюзивный дистрибьютор: ООО Предприятие Остек  
Телефон: (495) 788-4444  
E-mail: info@ostec-group.ru

# Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: отладочная плата Open746I-C Standart на основе STM32F746IGT6

Олег Вальпа (г. Миасс, Челябинская обл.)

В статье приведено описание отладочной платы Open746I-C Standart на основе микроконтроллера STM32F746IGT6, предназначенной для практического изучения и освоения микроконтроллеров серии STM32 компании STMicroelectronics.

## ВВЕДЕНИЕ

Отладочная плата Open746I-C Standart создана на основе ARM Cortex-M7 микроконтроллера STM32F746IGT6 компании STMicroelectronics [1] и сочетает в себе массу возможностей для отладки программ с различной периферией.

Данное изделие конструктивно состоит из материнской платы и платы микроконтроллера Core746I. Отладочная плата поддерживает широкое функциональное расширение с использованием дочерних плат для специальных приложений.

Модульность и открытый дизайн делают эту отладочную плату идеальной для старта разработки приложений

на основе микроконтроллеров семейства STM32.

Стоимость данного изделия на сегодняшний день составляет около \$60.

## МАТЕРИНСКАЯ ПЛАТА

Материнская плата представляет собой печатную плату с установленными на ней разъёмами для внешних адаптеров и некоторых пассивных компонентов. Общий вид материнской платы с обозначением всех основных элементов, установленных на ней, представлен на рисунке 1.

Материнская плата имеет следующие компоненты:

1. Разъём платы микроконтроллера: для подключения модуля Core746I.

2. Интерфейс Arduino [2]: для подключения Arduino шилдов.
3. DCMI-интерфейс: для подключения видекамеры.
4. 8-bit FMC-интерфейс: для упрощения подключения такой периферии, как NandFlash.
5. ULPI-интерфейс: для подключения высокоскоростной (HS) USB-периферии (в STM32F746I интегрирован и контроллер USB HS без PHY).
6. LCD-интерфейс 1: для подключения 10,1" LCD, 7" LCD.
7. LCD-интерфейс 2: для подключения 4,3" LCD.
8. SAI1-интерфейс: для подключения аудиомодулей, таких как модуль UDA1380.
9. ICSP-интерфейс: Arduino ICSP.
10. SPI1/SPI2-интерфейсы:
  - подключение к периферии SPI, такой как DataFlash (AT45DBxx, W25QXX), SD card, MP3 module и др.;
  - подключение к AD/DA-модулям (SPI1 характеризуется альтернативной функцией AD/DA).
11. Ethernet-интерфейс: для подключения модулей Ethernet.
12. I<sup>2</sup>S/I<sup>2</sup>S3/I<sup>2</sup>C1-интерфейс: подключение I<sup>2</sup>S-периферии, такой как модуль аудио и др.
13. USART1: разъём USB-USART преобразователя (через встроенный конвертер CP2102).
14. QUADSPI-интерфейс: четырёхпроводный SPI-интерфейс (новый периферийный интерфейс в серии F7) для подключения модулей последовательной Flash-памяти, подобных W25QXXBoard.
15. SDMMC-интерфейс: для подключения MicroSD-модуля (интерфейс характеризуется гораздо более высокой скоростью, чем SPI).
16. USART3-интерфейс: простое подключение к RS-232, RS-485, USB-RS-232 и т.д.
17. CAN2-интерфейс: для подключения модулей CAN.

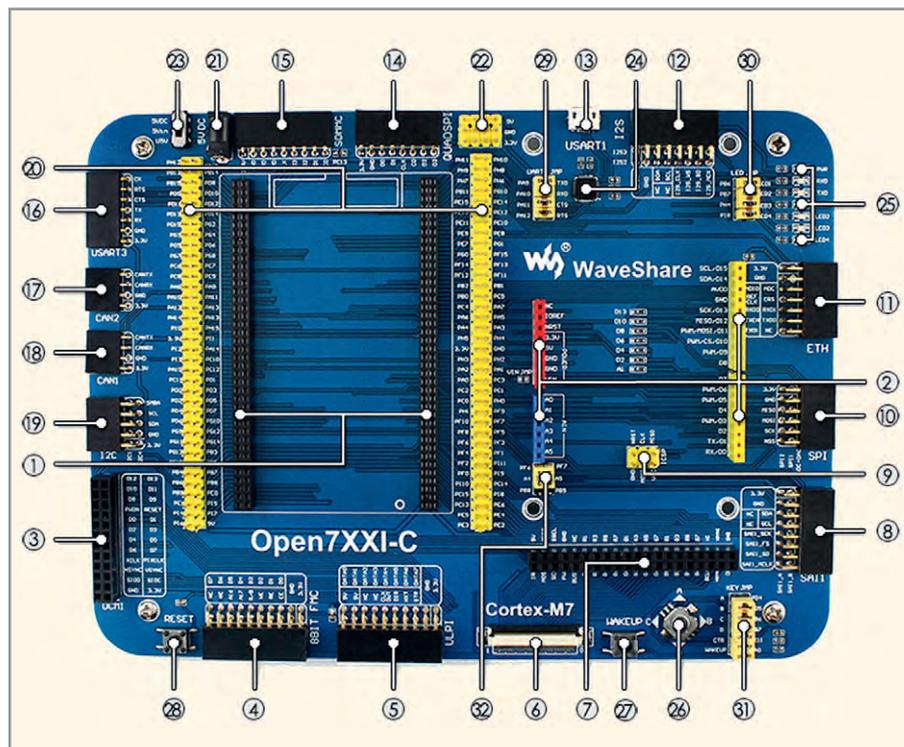


Рис. 1. Общий вид материнской платы Open746I-C

18. CAN1-интерфейс: для подключения модулей CAN.
19. I<sup>2</sup>C1/I<sup>2</sup>C4-интерфейс: простое подключение к I<sup>2</sup>C-периферии, такой как расширитель портов I/O (PCF8574), EEPROM (AT24Cxx), 10 DOF IMU Sensor и др.
20. Разъём для доступа к контактам MCU: все I/O-порты MCU выведены на разъём расширения.
21. Разъём питания 5 В DC.
22. 5/3,3 В вход/выход питания: обычно используется как выход питания, а также как земля для других пользовательских плат.
23. Переключатель источника питания: выбор источника питания 5 В DC или USB-соединения.
24. CP2102: USB-UART-преобразователь.
25. Светодиоды: удобны для индикации статуса I/O и/или состояния запущенной программы.
26. Joystick: пятипозиционный.
27. Кнопка WAKE UP: используется как обычная кнопка, и/или для пробуждения STM32 MCU (выход из режима сна).
28. Кнопка сброса.
29. Дампер USART1.

## 30. Дампер LED:

- дампер устанавливается для подключения к выводам I/Os, используемым по умолчанию в примерах кодов;
- дампер удаляют для подключения к пользовательским выводам I/Os посредством соединительных проводов.

## 31. Дампер ключа (KEY):

- устанавливается для подключения выводов I/O, используемых для примеров кодов;
- дампер удаляют для подключения к пользовательским выводам I/Os посредством соединительных проводов.

## 32. Дампер Arduino:

- замкнуты верхние выводы, A4, A5, используется как AD;
- замкнуты нижние выводы, A4, A5, используется как I<sup>2</sup>C.

**ПЛАТА МИКРОКОНТРОЛЛЕРА**

Плата микроконтроллера имеет компоненты с двух сторон. Её внешний вид сверху и снизу с обозначением всех основных элементов представлен на рисунке 2.

Плата микроконтроллера имеет следующие компоненты и характеристики.

## 1. STM32F746IGT6: высокопроизводительный STM32 MCU:

- ядро: Cortex-M7 32 бит RISC + FPU + Chrom-ART графический ускоритель;
- особенность: одноктактные DSP-инструкции;
- рабочая частота: 216 МГц, 462 DMIPS / 2,14 DMIPS/МГц;
- рабочее напряжение: 1,7...3,6 В;
- корпус: LQFP176;
- память: 1024 КБ Flash, 320 + 16 + 4 КБ SRAM;
- коммуникационные интерфейсы MCU:
  - 6 × SPI, 4 × USART, 4 × UART, 3 × I<sup>2</sup>C, 4 × I<sup>2</sup>C,
  - 2 × CAN, 1 × QUAD-SPI, 1 × DCMI, 2 × SAI,
  - 1 × FMC, 1 × SDMMC, 14 × TIM, 1 × LPTIM,
  - 1 × LCD-TFT, 1 × SPDIFRX, 1 × HDMI-CEC,
  - 1 × USB 2.0 OTG FS,
  - 1 × USB 2.0 OTG HS (поддерживает внешний HS PHY через ULPI),
  - 1 × 10/100 Ethernet MAC;

## Встраиваемые решения MEN

**Защищённые компьютерные платы и системы для работы в жёстких условиях эксплуатации и для ответственных применений**

- Компьютерные модули Rugged COM Express® (VITA 59) и ESMexpress®
- Платы в форматах CompactPCI®/PlusIO/Serial и VME
- Мезонинные модули PMC, XMC, M-Module™ I/O
- Защищённые коммутаторы Ethernet
- Встраиваемые и панельные компьютеры



Always reliable. Always ahead.



- Высокая надёжность в соответствии с EN 50155, DO-254, E1
- Обеспечение уровней безопасности до SIL 4, DAL-A
- Высокое качество продукции в соответствии с ISO 9001/1400, AN/AS 9100, IRIS

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ MEN MIKRO ELEKTRONIK

**PROSOFT® 25 лет**

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



Реклама

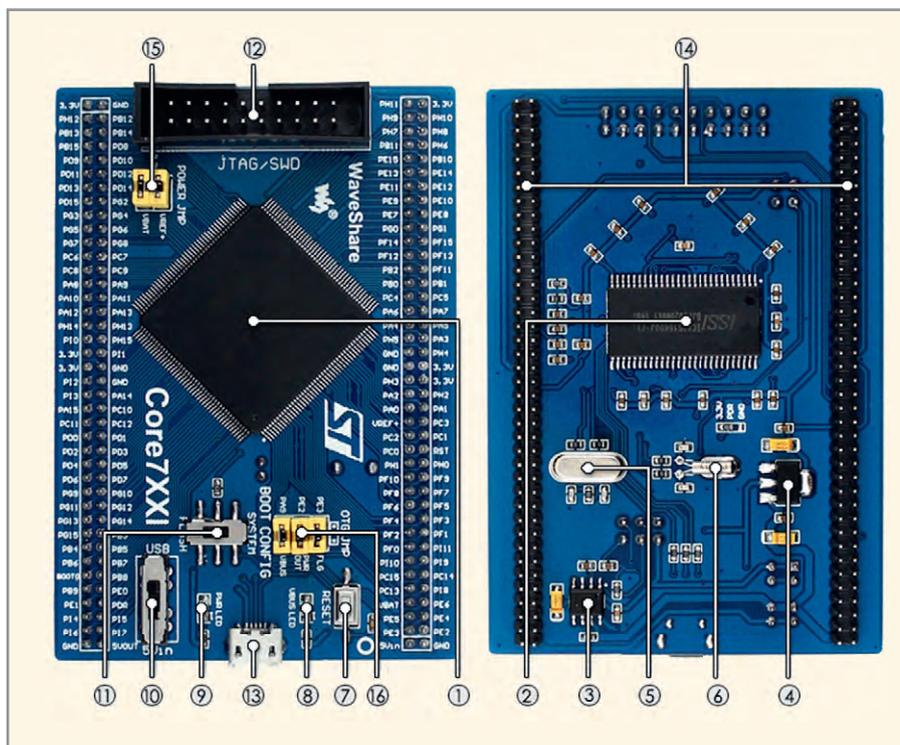


Рис. 2. Плата микроконтроллера Core7461

Vcc	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2	Vcc
TRST	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4	GND
TDI	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6	GND
TMS	7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8	GND
TCLK	9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10	GND
RTCK	11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12	GND
TDO	13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14	GND
RESET	15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	16	GND
N/C	17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	18	GND
N/C	19	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	20	GND

**JTAG**

Рис. 3. Сигналы интерфейса JTAG на 20-контактном разъёме

Vcc	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2	Vcc
N/U	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4	GND
N/U	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6	GND
SWDIO	7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8	GND
SWCLK	9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10	GND
N/U	11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12	GND
SWO	13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14	GND
RESET	15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	16	GND
N/C	17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	18	GND
N/C	19	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	20	GND

**SWD**

Рис. 4. Сигналы интерфейса SWD на 20-контактном разъёме

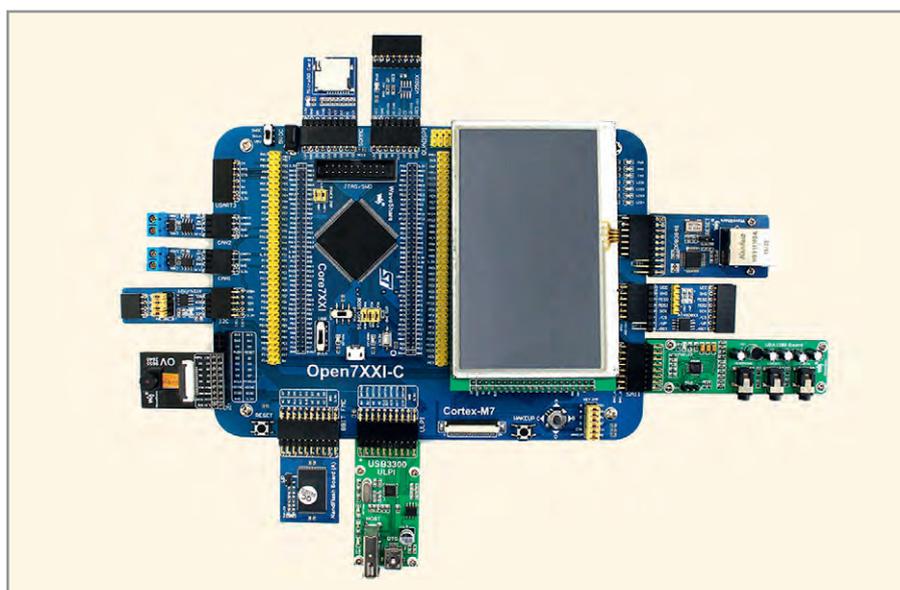


Рис. 5. Отладочная плата Open7461-C с подключёнными адаптерами

- AD & DA converters: 3 × AD (12 бит); 2 × DA (12 бит);
  - Debugging/Programming: поддержка JTAG/SWD-интерфейсов, поддержка IAP.
2. Микросхема памяти IS42S16400J: SDRAM 1 Мбит × 16 байт × 4 Banks (64 Мбит).
  3. MIC2075: микросхема управления питанием USB.
  4. AMS1117-3.3: стабилизатор напряжения 3,3 В.
  5. Кварцевый резонатор 8М.
  6. Кварцевый резонатор 32 768 кГц, для внутреннего RTC с калибровкой.
  7. Кнопка сброса.
  8. Индикатор VBUS LED.
  9. Индикатор питания.
  10. Переключатель источника питания, питание от 5 Vin или USB-соединения.
  11. Boot Mode Selection (выбор режима загрузки) для конфигурирования вывода BOOT0.
  12. JTAG/SWD-интерфейс: для отладки/программирования.
  13. USB-разъём, поддерживает Device и/или Host.
  14. MCU Pins Expander (разъёмы расширения), VCC, GND и все I/O-выводы микроконтроллера доступны на этих разъёмах.
  15. Джемпер питания:
    - VBAT: джемпер устанавливают для использования источника питания системы, джемпер удаляют для использования внешнего источника питания, такого как батарея;
    - VREF: джемпер устанавливают для подключения VREF+ к VCC, джемпер удаляют для подключения VREF+ к другим пользовательским выводам посредством соединительных проводов.
  16. OTG-джемпер:
    - джемпер устанавливают, когда используют USB OTG/HOST;
    - джемпер удаляют для отключения от связанных портов I/O.

### Особенности отладочной платы

На отладочную плату не интегрирован какой-либо отладчик, поэтому для работы может понадобиться внешний программатор-отладчик. На рисунках 3 и 4 приведены сигналы интерфейсов JTAG и SWD.

На рисунке 5 изображена отладочная плата Open7461-C с подключёнными к ней внешними адаптерами

и графическим LCD-дисплеем, расширяющими её функциональные возможности.

При желании данную отладочную плату можно встроить в корпус и создать на её основе высокопроизводительное устройство. Габариты отладочной платы Open746I-C приведены на рисунке 6. Электрические принципиальные схемы на материнскую плату и плату микроконтроллера выложены в Интернете [3, 4, 5].

### Программирование отладочной платы

Для технической информационной поддержки по программированию отладочной платы и её периферийных модулей в Интернете был создан специальный ресурс. Данный ресурс содержит большой объём полезной информации и ссылки на другие ресурсы, позволяющие быстро освоить конкретный интерфейс, устройство и т.п. С ресурсами для разработок на основе Open746I-C Standart можно ознакомиться на сайте поддержки [6]. Там же, в частности, находятся примеры программ и полезные утилиты [5].

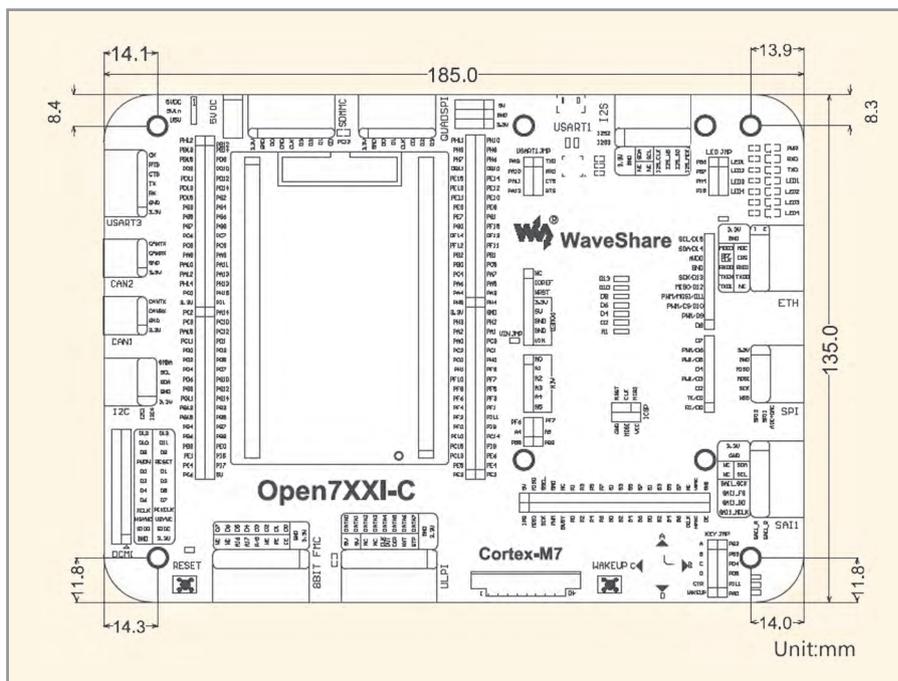


Рис. 6. Габариты отладочной платы Open746I-C

### ЛИТЕРАТУРА

1. www.st.com.
2. www.arduino.ru.
3. www.waveshare.com/wiki/File:Open746I-C-Schematic.pdf.
4. www.waveshare.com/wiki/File:Core746I-Schematic.pdf.
5. www.waveshare.com/w/upload/1/1d/UCGUI3.90\_Source.zip.
6. www.waveshare.com/wiki/Open746I-C. ©

## Лучшие решения хранения данных для промышленных применений

**2,5" SATA SSD 3MG2-P – большая ёмкость**

- Ёмкость до 2 Тбайт
- Высокая скорость передачи данных благодаря буферу DRAM
- Защита данных в случае сбоя питания с технологиями iCell и iData Guard

**SATADOM 3ME3 – компактные размеры**

- Питание через 7-й или 8-й контакт
- Защита данных в случае сбоя питания с технологиями iCell и iData Guard
- Разнообразие исполнений: вертикальное, горизонтальное, низкопрофильное

**CFast 3ME3 – высокая скорость**

- Защита данных в случае сбоя питания с технологиями iCell и iData Guard
- Функция аппаратной защиты данных
- Размер, позволяющий заменить CF-карту

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ INNODISK**

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

# Менеджер питания мобильных устройств на базе микросхемы MPQ5480

Александр Щерба (Москва)

В июне 2016 г. компания Monolithic Power Systems представила новую микросхему менеджера питания мобильных устройств MPQ5480.

В малогабаритном корпусе WLCSP-16, с размерами  $1,7 \times 1,7$  мм, размещены DC/DC-преобразователь, контроллер заряда Li-ion аккумулятора с функцией защиты и контроллер кнопки включения устройства.

Monolithic Power Systems (MPS) – один из мировых лидеров в разработке и производстве интегральных схем для высокоэффективных компонентов аналоговой и силовой электроники. Одним из ключевых направлений компании является выпуск микросхем для DC/DC- и AC/DC-преобразователей различного применения, в том числе преобразователей для питания мощных светодиодов и контроллеров импульсных источников питания (ИП), включая контроллеры синхронного выпрямления мощных ИП.

Новая микросхема MPQ5480, выпущенная компанией MPS, представляет собой законченное полностью интегрированное решение для управления питанием переносных и мобильных устройств. На кристалле микросхемы размещены высокоэффективный DC/DC-преобразователь для стабилизации выходного напряжения, схема контроля заряда Li-ion аккумуляторной батареи и контроллер включения/выключения устройства с помощью

кнопки SW. На рисунке 1 представлена типовая и блок-схема микросхемы MPQ5480. Входное напряжение для питания может быть получено от внешнего блока питания или через USB-порт.

## РЕЖИМЫ РАБОТЫ

Алгоритм работы микросхемы MPQ5480 представлен на рисунке 2. В режиме работы можно выделить три основных состояния.

1. Батарея разряжена. При падении напряжения на Li-ion батарее ниже 3,05 В ( $U_{th\_UVLO}$ ), включение системы окажется заблокировано и будет возможно только при подключении внешнего источника напряжения. При этом присутствует только ток саморазряда Li-ion батареи.
2. Зарядка. В случае подключения внешнего источника питания и при условии  $U_{CH} > 3,8$  В будет происходить зарядка Li-ion аккумулятора. В этом режиме DC/DC-преобразователь,  $U_{O2}$  и кнопка будут отключены до достижения напряжения на батарее ( $U_{BATT}$ )

больше 3,05 В ( $U_{th\_UVLO}$ ), после чего возможна работа системы в нормальном режиме.

3. Нормальный режим работы. При условии превышения напряжения на аккумуляторной батарее порогового значения  $U_{BATT} > U_{th\_UVLO}$  реализуется нормальный режим работы. В этом режиме система может быть включена или выключена (ON/OFF) с помощью кнопки SW. При этом зарядное устройство может быть отключено.

## Заряд аккумуляторной батареи

В микросхему MPQ5480 встроено линейное зарядное устройство. Контроллер заряда по специальному алгоритму меняет режим заряда аккумуляторной батареи автоматически, в зависимости от уровня её заряда. Ток зарядки ( $I_{CHG}$ ) можно установить с помощью внешнего резистора, соединяющего вывод  $I_{CHG}$  с землёй (GND). Как правило, ток заряда  $I_{CHG}$  устанавливается равным половине ёмкости батареи ( $C/2$ ). Величины тока заряда, в зависимости от сопротивления резистора  $R_{I_{CHG}}$ , представлены в таблице 1.

Контроллер заряда Li-ion аккумулятора использует профиль CC/CV (Constant-Current/Constant-Voltage). Можно выделить два этапа. На первом

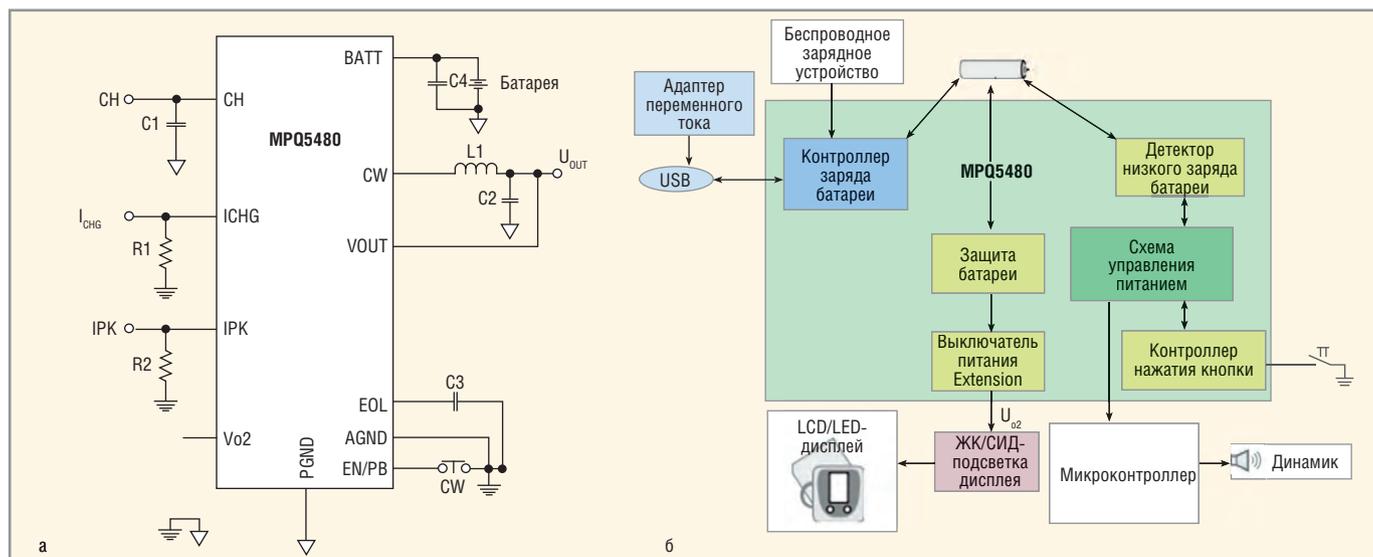


Рис. 1. Схемы подключения MPQ5480: а – блок-схема; б – типовая схема

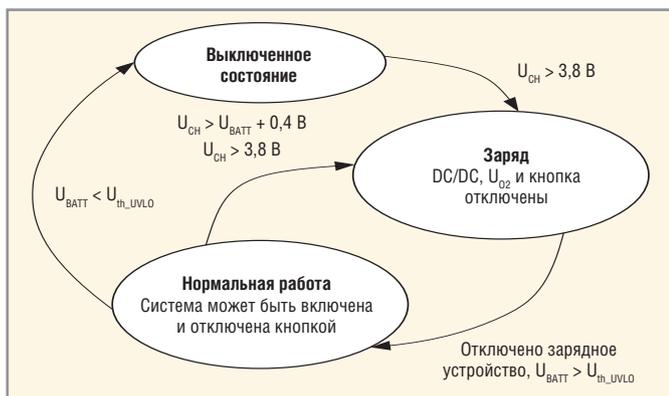


Рис. 2. Алгоритм работы микросхемы MPQ5480

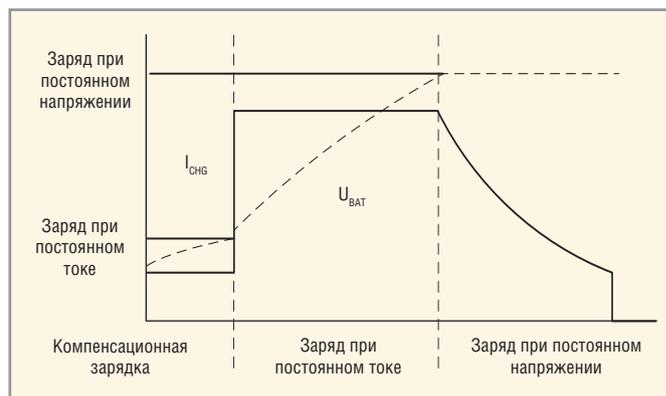


Рис. 3. Типовой временной профиль заряда Li-ion аккумулятора

этапе заряд аккумуляторной батареи осуществляется постоянным током (Constant-Current), при этом контролируется напряжение на батарее. При достижении порогового значения напряжения  $U_{CV}$  (для Li-ion типичное значение составляет 4,10 В), заряд постоянным током прекращается. Далее контроллер включает следующий этап – заряд фиксированным напряжением (Constant-Voltage), при этом ток на аккумуляторной батарее будет постепенно падать. При падении тока до 10% от максимального значения  $I_{CHG}$  батарея считается полностью заряженной, процесс заряда также прекращается после истечения времени внутреннего таймера микросхемы (3,6 ч). Типовой профиль заряда показан на рисунке 3.

### ОБНАРУЖЕНИЕ НЕИСПРАВНОЙ БАТАРЕИ

При полностью разряженной или неисправной аккумуляторной батарее напряжение на ней падает ниже порога ( $U_{th\_trich}$ ). В этом случае контроллер начнёт заряжать аккумулятор в течение 7 мин небольшим током в 10% от запрограммированного значения  $I_{CHG}$  (компенсационный заряд). После того как напряжение аккумуляторной батареи достигнет порога  $U_{th\_trich}$ , зарядное устройство начинает заряжать батарею при постоянном токе ( $I_{CHG}$ ). Если напряжение батареи не поднимется выше порога  $U_{th\_trich}$  в течение 7 мин, контроллер микросхемы сочтёт подключённую батарею неисправной и оставит зарядку.

### ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ВСТРОЕННЫЙ DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

На кристалле MPQ5480 размещён высокоэффективный синхронный понижающий преобразователь. Максимальное напряжение пульсаций на выходе не превышает 80 мВ для нагрузки с переходными процессами 45 мА / 5 мс. Выходной конденсатор может иметь ёмкость до 250 мкФ. Пиковый ток  $I_{PK}$  на индуктивности преобразователя контролируется и может быть ограничен для того, чтобы предотвратить перегрузку встроенного силового ключа. Выходное напряжение по умолчанию равно 1,22 В, но может быть задано с помощью внешних резисторов  $R_{UP}$  и  $R_{DOWN}$ . В этом случае оно рассчитывается по формуле:

$$U_{OUT} = (1 + R_{UP} / (R_{DOWN} \parallel R_S)) \times 1,22,$$

где  $R_S$  – сумма внутренних резисторов микросхемы ( $R_S = 900$  кОм).

DC/DC-преобразователь автоматически отключается при подключении зарядного устройства ( $U_{CH} > 3,8$  В), и может быть включён нажатием кнопки, когда зарядное устройство не подключено ( $U_{CH} < 3,5$  В). При выключении DC/DC-преобразователя на выходе устанавливается низкий импеданс для того, чтобы принудительно разрядить выходной конденсатор.

### РАБОТА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Преобразователь напряжения работает в так называемом режиме разрывных токов (Discontinuous Current Mode, DCM) и управляется с помощью трёх компараторов:

- компаратор пикового тока;
- компаратор выходного напряжения;
- компаратор нулевого тока.

В случае если выходное напряжение находится ниже опорного напряжения, откроется силовой ключ (HS-FET) для подачи напряжения на индуктивность. При достижении предельного значения тока компараторов силовой МОП-транзистор отключится. Затем сработает силовой ключ LS-FET и ток потечёт в цепь нагрузки. Как только ток в цепи индуктивности достигнет нуля, силовой ключ LS-FET будет отключён. Если напряжение на выходе останется ниже порога, то цикл повторится. В таком режиме преобразования, при маломощной нагрузке, частота переключения будет уменьшаться, чтобы предотвратить переход частоты преобразования в слышимый диапазон. Нижний диапазон частот переключения преобразователя ограничен частотой 20 кГц.

Максимальный пиковый ток задаётся с помощью внешнего резистора  $R_{IPK}$  и защищает аккумуляторную батарею от перегрузки (см. табл. 2). Для ограничения тока, при замыкании вывода на «землю» ( $R_{IPK} = 0$ ), к выводу IPK последовательно подключён внутренний резистор с сопротивлением 2 кОм.

DC/DC-преобразователь оснащён функцией плавного пуска, которая позволяет в течение 0,3 мс постепенно увеличить выходное напряжение от нуля до рабочего значения. Если на выходе будет установлен конденсатор большой ёмкости, то существует вероятность, что напряжение на выходе не достигнет рабочего значения в течение

Таблица 1. Зависимость тока заряда  $I_{CHG}$  от сопротивления резистора  $R_{IPK}$

$I_{CHG}$ (мА)	$R_{IPK}$ (кОм)	$I_{CHG}$ (мА)	$R_{IPK}$ (кОм)
7,8	169	34,4	27
10	124	51	15
11	110	71	8,25
12	100	100	2,49
21,2	51	127	0

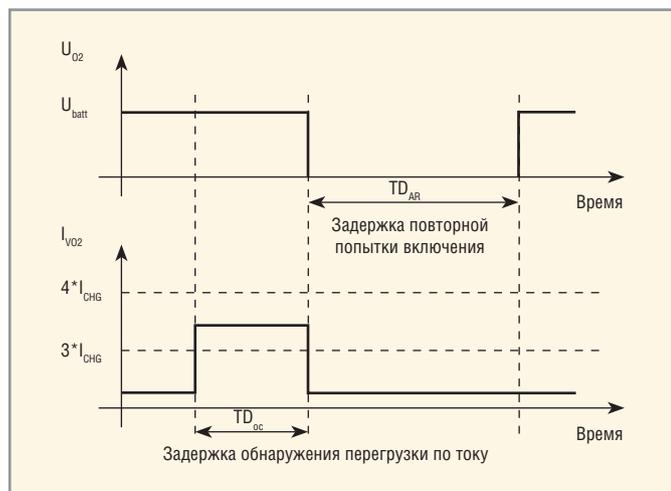


Рис. 4. Временная диаграмма защиты от перегрузки по току для нагрузки, подключённой к выводу  $U_{O2}$

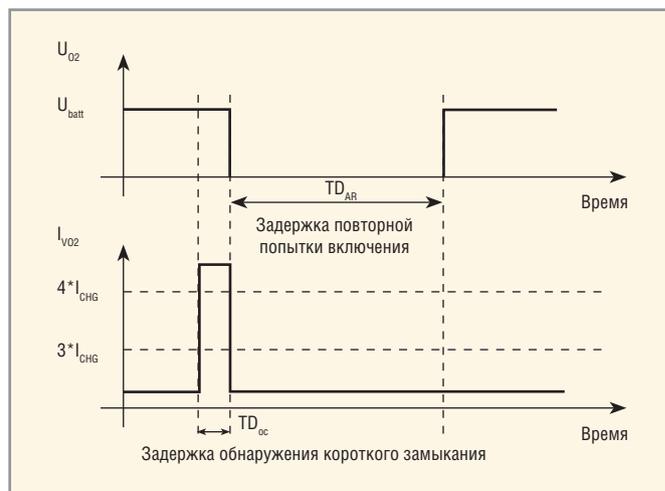


Рис. 5. Временная диаграмма защиты короткого замыкания вывода  $U_{O2}$

времени плавного пуска. В этом случае DC/DC-преобразователь будет заряжать выходной конденсатор максимальным током, установленным с помощью резистора  $R_{PRK}$ .

**ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА**

Тепловая защита, встроенная в микросхему MPQ5480, необходима для предотвращения выхода из строя чипа и аккумулятора при чрезвычайно высокой или низкой температуре. Работа микросхемы прекратится в случае, когда температура кристалла микросхемы выйдет за пределы рабочих температур от +6...+49°C. Когда температура кристалла вернётся в рабочий диапазон, система перейдёт из состояния «Выключено» (OFF) в «Нормальный режим» работы (см. рис. 2).

**КОНТРОЛЬ ВКЛЮЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ КНОПКИ**

С помощью кнопки, подключённой к выводу EN/PB микросхемы MPQ5480, можно управлять включением и выключением устройства. Короткие нажатия кнопки длительностью менее  $T_{PUSH} = 2,2$  с игнорируются. При нажатии кнопки дольше 2,2 с система включится. Повторное длительное нажатие отключит систему. Если батарея будет разряжена или окажется подсоедине-

но зарядное устройство, включение не произойдёт.

Если напряжение на батарее падает ниже порога  $U_{th\_UVLO}$ , то DC/DC-преобразователь отключается. МОП-транзистор, подключённый к выводу  $U_{O2}$ , также разорвёт цепь, и система перейдёт в режим «Остановлено». Кнопка в этом состоянии будет неактивна. MPQ5480 останется в этом режиме до тех пор, пока не будет подключён внешний источник питания к выводу CH ( $U_{CH} > 3,8$  В).

Конденсатор, подключённый к выводу EOL, работает как фильтр низких частот, что позволяет получить среднее значение напряжения на батарее за период 1 мс.

**РАСШИРЕНИЕ СИСТЕМЫ**

В более сложных приложениях MPQ5480 позволяет подключить к выводу  $U_{O2}$  дополнительные DC/DC-преобразователи, которые тоже могут использовать питание от батареи.

Когда напряжение батареи ниже, чем  $U_{th\_UVLO}$ , ключ (МОП-транзистор) между  $U_{O2}$  и  $U_{BATT}$  замыкает цепь. Во время зарядки, когда  $U_{CH} > 3,8$  В, ключ будет размыкать цепь. Выход  $U_{O2}$  также защищён от короткого замыкания и перегрузки по току, т.к. высокий ток разряда аккумуляторной батареи может привести к её повреждению. Когда выходной ток превышает пороговое значение  $3,8 \cdot I_{CHG}$ , но остаётся ниже, чем порог короткого замыкания  $5 \cdot I_{CHG}$ , ключ разрывает цепь с временной задержкой обнаружения перегрузки по току  $TD_{oc} = 9$  мс (см. рис. 4).

В случае если выходной ток превысит порог короткого замыкания  $5 \cdot I_{CHG}$ , силовой МОП-ключ разорвёт цепь, и подача

напряжения на выход  $U_{O2}$  прекратится с задержкой обнаружения короткого замыкания  $TD_{sc} = 300$  мкс. Ключ включится снова автоматически после временной задержки  $TD_{AR} = 75$  мс (см. рис. 5). Автоматического повтора не произойдёт, если напряжение батареи будет ниже  $U_{th\_UVLO}$ .

Выход  $U_{O2}$  отключается при наступлении одного из следующих четырёх событий:

- отключение кнопкой;
- подключение зарядного устройства;
- $U_{BATT} < U_{th\_UVLO}$ ;
- срабатывание схемы защиты при выходе за пределы рабочего диапазона температур.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Схема управления питанием на базе микросхемы MPQ5480 от компании Monolithic Power Systems обеспечивает полное управление зарядом/разрядом аккумуляторной батареи, обеспечивает стабилизацию выходного напряжения и управляет включением/выключением мобильного устройства. Встроенная в микросхему защита включает в себя механизмы ограничения тока разряда аккумуляторной батареи, выявления её неисправности, защиты от короткого замыкания и отключения схемы при выходе температуры окружающей среды за пределы рабочего диапазона или при перегреве аккумуляторной батареи.

Микросхема MPQ5480 требует минимального количества внешних компонентов и доступна в малогабаритном SMD-корпусе WLCSF-16 (1,7 × 1,7 мм).

**ЛИТЕРАТУРА**

1. www.monolithicpower.com.

Таблица 2. Максимальный пиковый ток  $I_{PK}$  DC/DC-преобразователя в зависимости от сопротивления резистора  $R_{PRK}$

$I_{PK}$ (mA)	$R_{PRK}$ (kOhm)
30	100
45	42,2
50	36,5
100	17,8
200	7,87



# Источники питания для монтажа на плату

- ✓ Низкая стоимость
- ✓ Высокая надёжность
- ✓ Короткое время выполнения заказа
- ✓ Стандартная площадь посадочного места
- ✓ Наивысшая удельная мощность



**5 Вт  
AC/DC  
площадь  
1"×1"**

## Маломощные источники питания AC/DC для установки на плату



- Серия ESE**
- От 5 до 40 Вт
  - Ультратонкие площадью от 1"×1"
  - Герметизированное исполнение
  - Одно- и двухканальные модели
  - Потребляемая мощность в режиме холостого хода < 0,3 Вт



- Серия ECL**
- От 5 до 30 Вт
  - Ультратонкие
  - Одно- и многоканальные модели
  - Герметизированное исполнение и открытый каркас
  - Потребляемая мощность в режиме холостого хода < 0,3 Вт

**Загрузите**  
интерактивное руководство  
по выбору преобразователей AC/DC и DC/DC

[www.xppower.com/literature\\_downloads](http://www.xppower.com/literature_downloads)



Посетите наш сайт и загрузите последний выпуск каталога продукции:  
[www.prosoft.ru/xp\\_power](http://www.prosoft.ru/xp_power)



Селектор для загрузки в мобильные устройства



**20 Вт  
DC/DC  
площадь  
1"×1"**

## Серии DC/DC-преобразователей в стандартном исполнении

### От 1 до 3 Вт



- Корпуса SIP и DIP
- Варианты со стабилизацией выходного напряжения и с низким коэффициентом стабилизации
- Входы 2:1, 4:1 и ±10%
- Гальваническая развязка вход-выход от 500 В до 6 кВ

### От 2 до 6 Вт



- Площади оснований 1"×1", 1"×2", 2"×2" и DIP-24
- Одно-, двух- и трёхканальные модели со стабилизированными напряжениями
- Широкий диапазон входного напряжения 2:1 и 4:1
- Гальваническая развязка вход-выход до 3,5 кВ

### Соответствие требованиям медицинских стандартов



- От 3 до 10 Вт
- IEC60601-1, 3-е издание
- Усиленная изоляция 4 кВ (переменный ток)
- Ток утечки на пациента 2 мкА

### Драйверы для светодиодных систем освещения



- От 5 до 48 Вт
- Ток нагрузки до 1000 мА
- Режим генератора тока
- КПД 95%

### Модели для поверхностного монтажа



- 1 и 2 Вт
- Варианты со стабилизацией выходного напряжения и с низким коэффициентом стабилизации
- Входы 2:1, 4:1 и ±10%
- Одно- и двухканальные модели

**XP Power**



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ XP POWER

**PROSOFT® 25 ЛЕТ**

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

# Современные ЖК-панели и модули компании AUO для профессиональных приложений

Юрий Петропавловский (г. Таганрог)

**В статье рассмотрены особенности ЖК-модулей и панелей компании AUO для промышленных приложений, а также технологии их производства. Приведены параметры ЖК-модулей категории General, ЖК-панелей для публичных информационных дисплеев (PID) и специализированных ЖК-панелей для профессионального применения.**

Компания AU Optronics Corp. (AUO) является одним из ведущих мировых производителей ЖК-модулей и панелей, как для потребительского рынка, так и для профессиональных приложений. Получившая современное название в 2001 г., компания начала свою деятельность в 1990 г. с основания филиала TFT-LCD полупроводниковой корпорации United Microelectronics Corporation под названием UniPac Optoelectronics Corporation в известном технопарке Синьчжу на Тайване [1].

Первую партию своей продукции UniPac отгрузила в 1994 г., а в 1996 г. компания Acer учредила дочернюю TFT-LCD компанию Acer Technologies (ADT) – будущего партнёра UniPac в создании AUO. В сентябре 2001 г. эти компании слились в одну – AU Optronics.

В 2002 г. AUO открыла производственный комплекс в Китае и уже в 2003 г. поднялась на третью позицию в мировом рейтинге производителей TFT-LCD-продуктов. Подразделения и фабрики компании расположены на Тайване (12 фабрик), в КНР (три фабрики), Южной Корее, Японии, Сингапуре, США и Европе. Общая численность персонала составляет около 4500 человек, годовая выручка в 2015 г. достигла \$10,9 млрд.

В 2002 г. компания создала самый крупный на Тайване исследовательский центр оптоэлектроники и в том же году стала лидером в области патентования в стране. Компания также занимает лидирующую позицию в отрасли производства ЖК-панелей сверхвысокой чёткости UHD 4K и WQHD-дисплеев для смартфонов.

Компания постоянно развивает технологии производства экранов различного типа, в том числе высокой и сверхвысокой чёткости, высокой цвето-

вой насыщенности, матриц AMOLED, устройств с интегрированными сенсорными решениями и моделей, устойчивых к жёстким условиям эксплуатации. Заводы компании производят ЖК-панели поколений Gen 3.5, 4.5, 5, 6, 7.5 и 8.5 [2].

Со сменой технологических поколений увеличивались и размеры выпускаемых компанией экранов: от 30 × 40 см поколения Gen 1 в начале 1990-х гг. до 60 × 72 см поколения Gen 3.5 в 1996 г. (образование AUO) и до 220 × 250 см поколения Gen 8.5 в настоящее время. При производстве LCD-TFT-модулей компания применяет ряд эффективных современных технологий. Например, MVA и LPTS.

Технология MVA (Multi-Domain Vertical Alignment) является развитием технологии вертикального выравнивания VA (Vertical Alignment) компании Fujitsu. Жидкие кристаллы матрицы VA при выключенном напряжении не пропускают свет. При приложении напряжения кристаллы поворачиваются на 90°, и на экране появляются светлые точки. Технология MVA разработана как компромисс между технологиями TN и IPS. Горизонтальные и вертикальные углы обзора матриц MVA составляют 160–176°, при этом их быстродействие сопоставимо с быстродействием TN-матриц.

LTPS (Low Temperature Poly-Silicon) – новейшая низкотемпературная поликремниевая технология, использующая лазерный отжиг, который позволяет производить кремниевые плёнки при температуре менее 400°C. Поликристаллический кремний (p-Si) состоит из множества частиц размерами от 0,1 мкм до нескольких микрон. При его производстве обычно используется технология химического осаждения из газообразной фазы при низком

давлении LPCVD (Low Pressure Chemical Vapor Deposition) и затем осуществляется отжиг при температуре более 900°C. Так как эта температура превышает температуру плавления стекла (650°C), производство ЖК-панелей по этой технологии невозможно. Вместо этого применяется технология изготовления поликристаллического (LTPS) и аморфного кремния (a-Si) при помощи лазерного отжига.

Подвижность электронов в тонкоплёночных транзисторах p-Si (TFT) ЖК-панелей, изготовленных по технологии LTPS, достигает 200 см<sup>2</sup>/(В × с), что намного выше, чем у традиционных транзисторов a-Si (около 0,5 см<sup>2</sup>/(В × с)). Высокая подвижность электронов позволяет уменьшать размеры TFT и увеличивать степень интеграции микросхем на подложке ЖК-панелей. На рисунке 1 схематично показаны различные виды кремния и упрощённая интерпретация подвижности электронов в них [3].

Апертурный коэффициент транзисторов p-Si больше, чем у транзисторов a-Si, а полезная площадь ячеек ЖК-панелей меньше. Как известно, при равенстве прочих параметров яркость свечения ячеек увеличивается с ростом апертурного коэффициента.

Другим важным достоинством ЖК-панелей, выполненных по технологии LTPS, является возможность создания в едином процессе драйверов TFT на подложке матриц, что позволяет значительно снизить количество внешних контактов и, следовательно, стоимость изделия, а также повысить надёжность матриц при жёстких условиях эксплуатации.

В ассортименте дисплейных продуктов компании представлены следующие категории ЖК-панелей:

- панели для ЖК-телевизоров – 2D плоские панели с диагоналями от 19,5" до 39" и разрешением до 1920 × 1080 и 2D/3D плоские и изогнутые панели от 43" до 85" с разрешением до 3840 × 2160;
- панели для публичных информационных дисплеев, которые находят применение в видеостенах, двусторонних дисплеях, вывесках,

# АМО

Яркие TFT/LCD  
по ослепительной цене!



до 85"

#### Серия General

- ✓ Долгий срок выпуска 4–6 лет
- ✓ Срок службы подсветки 50 000 ч
- ✓ Широкий температурный диапазон  $-30...+85^{\circ}\text{C}$
- ✓ Большой ассортимент моделей 5...28 дюйма

#### Серия PID (Professional Information Display)

- ✓ Прозрачные матрицы
- ✓ Матрицы для улицы с яркостью 2500 кд/м<sup>2</sup>
- ✓ Вытянутые матрицы
- ✓ Матрицы для видеостен со швом 2.2 мм
- ✓ Долгий срок службы 60 000 ч
- ✓ Полная совместимость со старыми моделями

## Symmetron

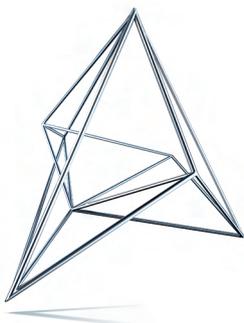
МОСКВА  
Ленинградское шоссе, д. 69, к. 1  
Тел.: +7 495 961-20-20  
moscow@symmetron.ru

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
ул. Таллинская, д. 7  
Тел.: +7 812 449-40-00  
spb@symmetron.ru

НОВОСИБИРСК  
ул. Блюхера, д. 716  
Тел.: +7 383 361-34-24  
sibir@symmetron.ru

МИНСК  
ул. В. Хоружей, д. 1а, оф. 507  
Тел.: +375 17 336-06-06  
minsk@symmetron.ru

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



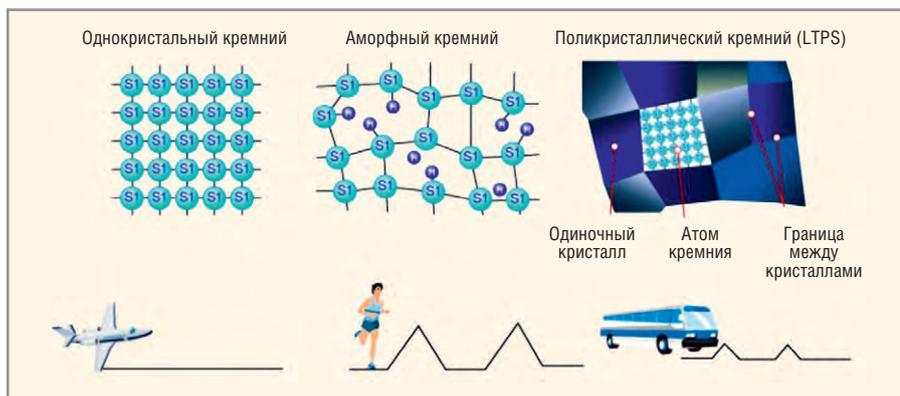


Рис. 1. Типы кремния и подвижность электронов

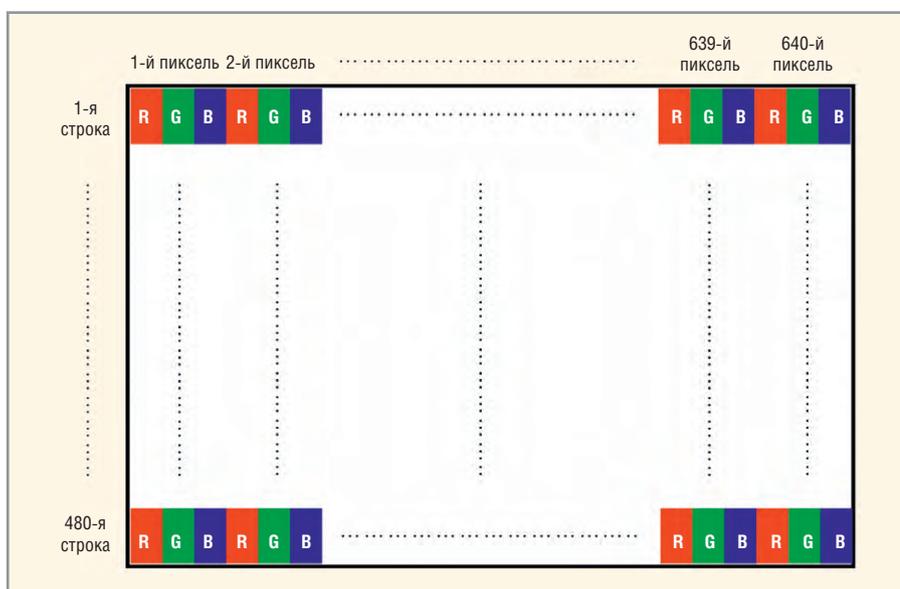


Рис. 2. Расположение пикселей в матрице с вертикальным расположением цепочек

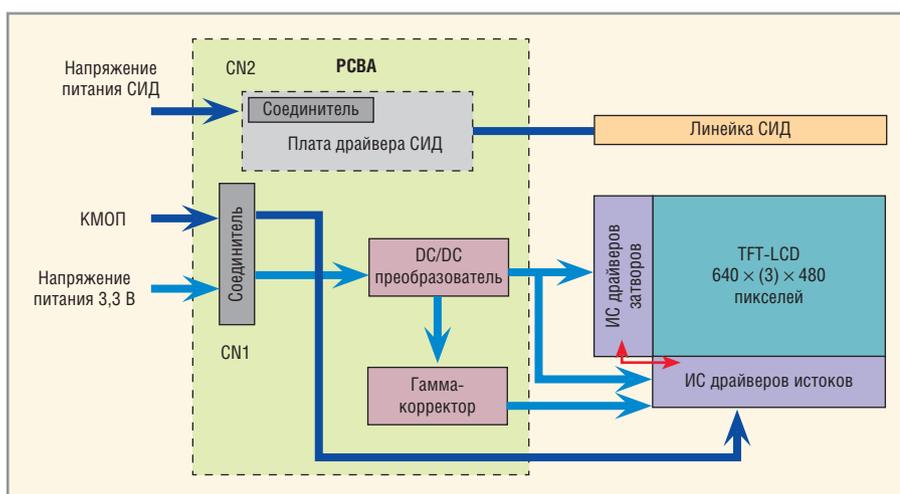


Рис. 3. Структура ЖК-модулей G057

дисплеях для наружных приложений, цифровых информационных системах Digital Signage, электронных досках E-Board, имеют размер диагонали от 28" до 85" и разрешение до 3840 × 2160;

- панели для мониторов с диагоналями от 17" SXG до 35" WFHD, планшет-

ных компьютеров классов Tablet и NB с диагоналями от 6,4" до 17,3" и разрешением от 600 × 1024 до 3840 × 2160;

- панели категории General с диагоналями от 4,3" до 24" и разрешениями WQVGA, QVGA, WVGA, SVGA, WSVGA, WXGA, XGA, FullHD, SXGA, QXGA, WSXGA;

- панели для мобильных устройств с диагоналями 5", 5,5", 6" и разрешением от 720 × 1280 до 1440 × 2560;
- панели для цифровых фотоаппаратов и видеокамер с диагоналями 2,7", 3" и разрешениями 960 × 240, 640 × 480 и 720 × 480;
- панели для принтеров с диагоналями от 2,5" до 8" и разрешениями 480 × 240, 960 × 240, 480 × 272, 800 × 600 и 1024 × 768;
- автомобильные панели с диагоналями от 3,5" до 12,3" и разрешением от 240 × 320 до 1920 × 720;
- панели для персональных навигационных систем (PND) с диагоналями 4,3", 5", 6" и разрешениями 480 × 272 и 800 × 480.

Продажи продукции компания осуществляет через официальных авторизованных дистрибьюторов, среди которых в России наиболее известны Avnet и Arrow Electronics. Большую номенклатуру TFT-LCD-модулей и ЖК-панелей AUO для профессиональных приложений также предлагает отечественная компания «Симметрон». Классификационные параметры перспективных TFT-LCD-панелей и модулей AUO категорий General, PID и специализированных панелей из перечня «Симметрон» 2016 г. представлены в таблице. Рассмотрим особенности некоторых панелей более подробно.

Линейка TFT-LCD-модулей категории General G057 имеет размеры изображения 115,2 × 86,4 мм и разрешение 320 × 240 или 640 × 480. Модули линейки предназначены для работы на открытом воздухе в диапазоне температур -35/-30...+85°C. Модули характеризуются высокими ударопрочностью, вибростойкостью и влагостойкостью. Основные параметры модели G057VTN01.1:

- технология TN, Normal White (нормализованный белый);
- число пикселей 640 × 3 (RGB) × 480, количество цветов 262 000 (6 разрядов);
- размер пикселя 0,18 × 0,18 мм;
- цветовая матрица RGB с вертикальным расположением цепочек (Vertical Stripe, см. рис. 2);
- напряжение питания и мощность потребления ЖК-панели 3,3 В и 0,5 Вт, схемы светодиодной подсветки – 12 В и 2 Вт;
- яркость не менее 440 кд/м<sup>2</sup>, типовое значение 550 кд/м<sup>2</sup>, однородность не менее 75%;
- контрастность не менее 500:1, типовое значение 800:1;

- быстродействие: нарастание 15–20 мс, спад 10–15 мс;
- углы обзора не менее 70° по всем направлениям, типовое значение 80°;
- габариты 144 × 104,6 × 12,3 мм, вес 150 г;
- антибликовое покрытие, твёрдость поверхности экрана 3Н;
- параметры надёжности и результаты тестов:
  - влажность 90%, работа при температуре +40°C – 300 ч,
  - устойчивость к высоким и низким рабочим температурам –30 и +85°C – 300 ч,
  - температурный шок от –20°C/30 мин до +60°C/30 мин – 100 циклов,
  - удары с ускорением 50g / 20 мс по трём осям,
  - вибростойкость 1,5g в полосе частот 10–200 Гц по 30 мин на каждую ось.

Структура модуля приведена на рисунке 3. В его состав входят: ЖК-панель, микросхемы драйверов затворов и истоков TFT, DC/DC-преобразователь напряжения, делитель напряжения гамма-коррекции, драйвер светодиодов обратной подсветки и контроллер управления. Другие модули рассматриваемой линейки G057 отличаются разрешением, яркостью и контрастностью (см. таблицу), по остальным параметрам они схожи с G057VTN01.1.

Линейка модулей категории General G104 имеет размеры изображения 210,4 × 157,8 мм, разрешение 640 × 480, 800 × 600 или 1024 × 768 и предназначена для работы в диапазоне температур –30/–20...+70/+80/+85°C. Рассмотрим основные отличия модуля G104XVN01.0 от уже рассмотренного модуля G057VTN01.1:

- технология PSA (или AMVA – улучшенная MVA, см. ранее), Normal White (нормализованный белый);
- число пикселей 1024 × 3 (RGB) × 768;
- размер пикселя 0,2055 × 0,2055 мм;
- полная потребляемая мощность 6 Вт;
- быстродействие: нарастание 10 мс, спад 20 мс;
- углы обзора 89° по всем направлениям;
- габариты 238,6 × 175,8 × 6,5 мм, вес 350 г.

Параметры надёжности и результаты тестов, в основном, такие же, как у модулей линейки G057. Структура модуля линейки G104 приведена на рисунке 4, в его состав входят: ЖК-панель, микросхемы драйверов по осям X и Y, микросхема специального

**Классификационные параметры перспективных TFT-LCD-панелей и модулей AUO**

Наименование	Диагональ, дюймы	Разрешение	Яркость, кд/м <sup>2</sup>	Контрастность	Интерфейс	Диапазон рабочих температур, °C
<i>Категория General</i>						
G043FW01 V0	4,3	480 × 272	450	400:1	TTL	–20...+70
G043FTT01.0	4,3	480 × 272	400	400:1	TTL	0...+70
A043FW03 V2	4,3	480 × 272	500	400:1	TTL	–20...+70
G057QTN01.0	5,7	320 × 240	450	700:1	TTL	–30...+85
G057QN01 V2	5,7	320 × 240	800	800:1	TTL	–30...+85
G057VTN01.1	5,7	640 × 480	500	800:1	TTL	–35...+85
G057VTN01.0	5,7	640 × 480	530	800:1	TTL	–30...+85
G057VN01 V2	5,7	640 × 480	700	400:1	TTL	–30...+85
G065VN01 V2	6,5	640 × 480	800	600:1	LVDS	–30...+80
G070VTN01.0	7	800 × 480	300	500:1	LVDS	–20...+70
G070VW01 V0	7	800 × 480	400	700:1	LVDS	–30...+85
G070VVN01.2	7	800 × 480	600	1500:1	LVDS	–20...+70
G070VTN02.0	7	800 × 480	1200	600:1	TTL	–30...+70
G845SN03 V3	8,4	800 × 480	250	600:1	LVDS	–20...+70
G845N05 V9	8,4	800 × 480	450	600:1	LVDS	–30...+85
G085VW01 V0	8,5	800 × 480	300	500:1	TTL	–30...+85
G090VTN02.0	9	800 × 480	300	500:1	TTL	–20...+75
G101STN01.2	10,1	1024 × 600	350	500:1	LVDS	–10...+60
G101EVN01.0	10,1	1280 × 800	300	1300:1	LVDS	–20...+60
G104XVN1.0	10,4	1024 × 768	400	3000:1	LVDS	–30...+80
G104SN03 V5	10,4	800 × 600	230	500:1	LVDS	–20...+70
G104VN01 V1	10,4	640 × 480	450	700:1	LVDS	–30...+85
A116XW02 V0	11,6	1366 × 768	350	500:1	LVDS	0...+70
G121STN01.0	12,1	800 × 600	300	600:1	LVDS	–30...+85
G121SN01 V4	12,1	800 × 600	450	700:1	LVDS	–30...+85
G121XTN01.0	12,1	1024 × 768	500	700:1	LVDS	–30...+85
B140HAN01.1	14	1920 × 1080	300	700:1	eDp	0...+50
G150XTN06.0	15	1024 × 768	1600	800:1	LVDS	–30...+60
G150XVN01.0	15	1024 × 768	400	700:1	LVDS	–30...+85
G150XVN01.0	15	1024 × 768	300	1500:1	LVDS	–10...+70
G150XTN03.1	15	1024 × 768	250	500:1	LVDS	0...+65
G151EVN01.0	15,1	1280 × 256	300	2000:1	LVDS	0...+50
G156XW01 V1	15,6	1366 × 768	400	500:1	LVDS	0...+60
G156HTN01.0	15,6	1920 × 1080	300	700:1	eDp	–10...+60
G156HTN02.0	15,6	1920 × 1080	400	700:1	LVDS	–10...+60
G170EG01 V1	17	1280 × 1024	350	1000:1	LVDS	–35...+85
G173HW01 V0	17,3	1920 × 1080	400	600:1	LVDS	0...+70
G185XW01 V2	18,5	1366 × 768	400	1000:1	LVDS	0...+60
G190EG02 V1	19	1280 × 1024	300	2000:1	LVDS	0...+60
G190EG02 V0	19	1280 × 1024	600	2000:1	LVDS	0...+50
G190EG01 V1	19	1280 × 1024	350	1000:1	LVDS	0...+50
G190ETN01.2	19	1280 × 1024	350	1000:1	LVDS	–35...+85
G190EAN01.0	19	1280 × 1024	300	1000:1	LVDS	0...+50
G190EAN01.1	19	1280 × 1024	1000	1000:1	LVDS	0...+60
G190SF01 V0	19	1680 × 342	300	2000:1	LVDS	0...+60
G213QAN01.0	21,3	2048 × 1536	800	1200:1	LVDS	0...+60
G215HVN01.0	21,5	1920 × 1080	300	5000:1	LVDS	0...+60
G215HVN01.1	21,5	1920 × 1080	250	5000:1	LVDS	0...+60
G220SVN01.0	22	1680 × 1050	250	2000:1	LVDS	0...+60
G240HW01 V0	24	1920 × 1080	300	3000:1	LVDS	0...+60
<i>Профессиональные матрицы серии PID</i>						
Наименование	Диагональ, дюймы	Разрешение	Яркость, кд/м <sup>2</sup>	Контрастность	Интерфейс	
P320HVN02.1	32	1920 × 1080	1000	3000:1	LVDS	
P420HVN02.1	42	1920 × 1080	500	4000:1	LVDS	
P420HVN03.1	42	1920 × 1080	700	4000:1	LVDS	
P460HVN02.1	46	1920 × 1080	500	4000:1	LVDS	
P460HVN03.0	46	1920 × 1080	700	4000:1	LVDS	
P460HVN03.1	46	1920 × 1080	700	4000:1	LVDS	
P550HVN01.2	55	1920 × 1080	1000	4000:1	LVDS	
P550HVN02.2	55	1920 × 1080	500	4000:1	LVDS	
P550HVN03.2	55	1920 × 1080	700	4000:1	LVDS	
P550QVN01.1	55	3840 × 2160	500	5000:1	V-bv-one	
P650HVN03.0	65	1920 × 1080	500	5000:1	LVDS	
P650QVN02.0	65	3840 × 2160	500	5000:1	V-bv-one	
P750QVN01.1	75	3840 × 2160	500	5000:1	V-bv-one	
<i>Специализированные матрицы</i>						
Наименование	Диагональ, дюймы	Разрешение	Яркость, кд/м <sup>2</sup>	Контрастность	Интерфейс	Примечания
P460HVN01.3	46	1920 × 1080	500	4000:1	LVDS	для видеостен
P460HVN01.0	46	1920 × 1080	700	4000:1	LVDS	для видеостен
P550HVN05.0	55	1920 × 1080	500	4000:1	LVDS	для видеостен
P550HVN05.1	55	1920 × 1080	800	4000:1	LVDS	для видеостен
P460HVN05.0	46	1920 × 1080	2500	4000:1	LVDS	для улицы
P550HVN06.0	55	1920 × 1080	2500	4000:1	LVDS	для улицы
P650HVN05.0	65	1920 × 1080	2500	4000:1	LVDS	для улицы
P320XVF03.0	32	1366 × 768	–	–	HDMI	для витрин
P500HVF01.0	50	1920 × 1080	–	–	HDMI	для витрин
P650HVF01.0	65	1920 × 1080	–	–	HDMI	для витрин
P280HVN02.0	28	1920 × 358	700	3000:1	LVDS	вытянутая
P350DVN01.0	35	2560 × 1080	700	4000:1	LVDS	вытянутая
P370IVN01.0	37	1920 × 540	1000	4000:1	LVDS	вытянутая
P380IVN02.0	38	1920 × 570	1000	4000:1	LVDS	вытянутая
P550HVN04.2	55	1920 × 1080	700	4000:1	LVDS	двойная
P550HVN04.6	55	1920 × 1080	700	4000:1	HDMI	для витрин

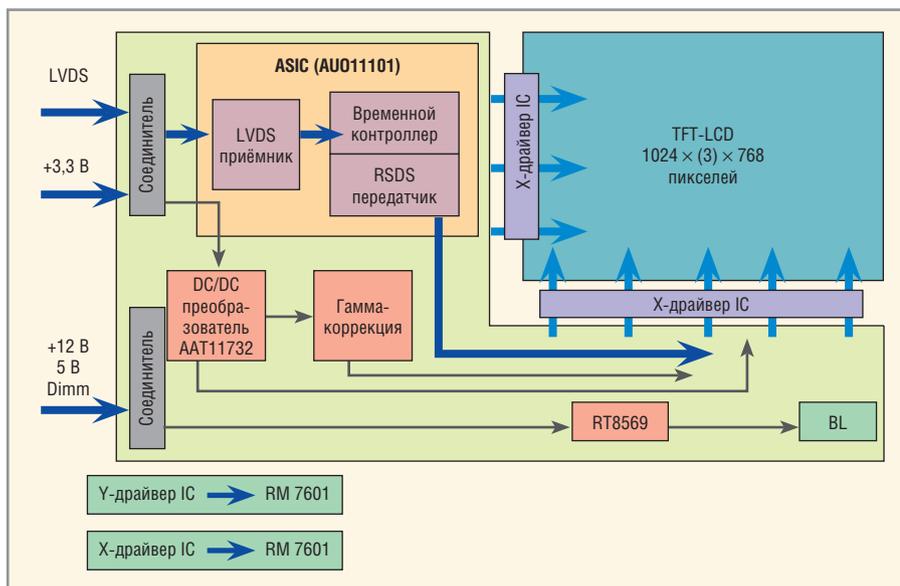


Рис. 4. Структура ЖК-модулей G104

назначения (ASIC) интерфейса LVDS, DC/DC-преобразователь напряжения, гамма-корректор, драйвер светодиодной подсветки.

В состав линейки модулей G150 входят приборы с разрешением 1024 × 768, предназначенные для работы как в помещениях, так и на открытом воздухе при температурах -30/-10...+60/+85°C. В качестве примера рассмотрим некоторые особенности модуля G150XVN01.0:

- прибор выполнен по технологии VA (см. ранее);
- высокая контрастность изображения (1500:1);
- углы обзора 89°;
- количество цветов 16,2 млн;
- габариты модуля 320,5 × 253,5 × 9,6 мм, вес 950 г;
- параметры надёжности и результаты тестов:
  - работа при температурах -30°C и +70°C - 240 ч,
  - работа при влажности 98% и температуре +40°C - 240 ч,
  - вибростойкость 1,5g / 20 мс в диапазоне 10-200 Гц по трём осям,
  - ударопрочность 50g / 20 мс по трём осям.

Структура модуля в основном соответствует схеме, приведённой на рисунке 4.

В состав линейки 19-дюймовых модулей входят модели с разрешением 1280 × 1024 (формат экрана 5:4) и модуль с вытянутым экраном с разрешением 1680 × 342 (4,91:1). Модули предназначены для эксплуатации в помещениях при температурах 0...+50/+60°C, кроме модели G190ETN01.2, работающей в диапазоне температур -35...+85°C. Основные характеристики этого модуля (кроме приведённых в таблице):

- размеры изображения 375,32 × 301,06 мм;
- оптическое быстродействие 10 мс;
- габариты 396 × 324 × 15,18 мм;
- антибликовое покрытие, твёрдость поверхности экрана 3H;
- углы обзора 80° по всем направлениям.

Параметры надёжности и результаты тестов модуля в основном такие же, как у описанных ранее модулей линейки G150.

Модули категории General с диагоналями 19/21/24" обеспечивают изображение высокой чёткости с разрешением 1920 × 1080 (формат 16:9)

и 2048 × 1536 (4:3). Внешний вид модели G240HW01 V0 показан на рисунке 5. Основные параметры прибора (кроме приведённых в таблице):

- технология VA Normally Black (нормализованный чёрный);
- размеры изображения 531,36 × 292,89 мм, 16,7 млн цветов;
- углы обзора 89° по всем направлениям;
- мощность потребления 45 Вт;
- габариты 556 × 323,2 × 17 мм, вес 2,3 кг;
- оптическое быстродействие 25 мс.

Компания AUO выпускает большую номенклатуру ЖК-панелей большого формата для публичных информационных дисплеев (PID), предназначенных для применения на железнодорожных и автовокзалах, в аэропортах, рекламных панелях, дисплеях для интерактивной торговли, терминалах, дисплеях для интерактивных игровых автоматов и многих других приложений. Главным достоинством PID по сравнению с другими типами рекламно-информационных систем является гибкость и универсальность в применении. Основные области применения PID:

- информационные табло расписаний поездов и авиарейсов (см. рис. 6);
- рекламные дисплеи (см. рис. 7);
- интерактивные дисплеи (см. рис. 8);
- интерактивные дисплеи для учебных заведений и научно-исследовательских организаций (на рисунке 9 показана ЖК-панель P550HVN04);
- рекламные стенды, информационные киоски (см. рис. 10);
- дисплеи для декоративного оформления помещений;
- видеостены для стадионов и концертных залов.

ЖК-панели для PID, по сравнению с аналогичными панелями для телевизоров, должны обладать более высокими эксплуатационными характеристиками и надёжностью, а также обеспечивать:

- защиту экрана от климатических и механических воздействий по классу Industrial;



Рис. 5. ЖК-модуль G240HW01 V1



Рис. 6. Информационные табло



Рис. 7. Рекламные дисплеи

- более высокая яркость и контрастность (500–1000 кд/м<sup>2</sup>, 3000/5000:1);
- большой ресурс работы при круглосуточном использовании.

В таблице представлены современные ЖК-панели высокой (2К) и сверхвысокой (4К) чёткости для PID с диагоналями от 32" до 75".

P650QVN02.0 и P750HVN01.1 – одни из последних моделей ЖК-панелей AUO для PID сверхвысокой чёткости. Структура экрана ЖК-панелей приведена на рисунке 11. Каждая пиксельная ячейка экрана содержит RGB-субпиксели с вертикальным расположением цветов, управление каждой ячейки осуществляется 10-разрядным сигналом шкалы серого. Основные характеристики модели P750HVN01.1:

- размеры изображения 1650,24 × 928,26 мм, габариты панели 1675,8 × 953,8 × 47,4 мм, вес 34 кг;
- технология ЖК-ячеек – активная матрица на основе аморфного кремния (a-Si TFT Active Matrix);
- размер пикселя 0,429 × 0,429 мм;
- антибликовое покрытие, твёрдость поверхности экрана 3Н;
- портретная и ландшафтная ориентации экрана;
- яркость не менее 400 кд/м<sup>2</sup> (типичное значение 500 кд/м<sup>2</sup>), контрастность не менее 3200:1 (типичное значение 4000:1);
- быстродействие 8 мс;
- углы обзора 89° по всем направлениям;
- диапазон рабочих температур 0...50°C, влажность 10–90%;
- напряжение питания ЖК-панели 12 В, потребляемая мощность 24 Вт (максимальная 54 Вт), напряжение питания блока светодиодной подсветки 24 В, ток потребления 11 А, потребляемая мощность 300–360 Вт;
- срок службы 60 000 ч;
- параметры надёжности и результаты тестов:
  - время работы при минимальной (–5°C) и максимальной (+50°C) температурах – 500 ч;



Рис. 8. Интерактивные дисплеи

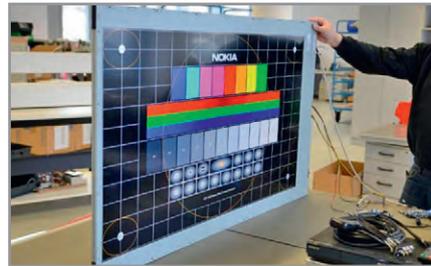


Рис. 9. ЖК-панель P550HVN04

– вибростойкость 1,04g в диапазоне 2–200 Гц – 20 мин по всем осям.

Линейка ЖК-панелей P550HVN высокой чёткости и панель сверхвысокой чёткости P550QNV01.1 отличаются от описанных ранее моделей в основном конструктивными особенностями. Для примера приведём некоторые отличающиеся параметры модели P550HVN02.2:

- размеры изображения 1200,6 × 680,4 мм;
  - размеры пикселя 0,63 × 0,63 мм;
  - габариты 1235,6 × 706,4 × 25,5 мм;
  - потребляемая мощность ЖК-панели 5,5–8,8 Вт, блока светодиодной подсветки – 96 Вт, максимальная – 105 Вт.
- Линейка ЖК-панелей P460HVN высокого разрешения (см. рис. 12) представлена тремя моделями разработки 2011 г. и многократно совершенствовалась (последние версии датированы 2015 г.). Параметры модели P460HVN03.0, не приведённые в таблице:
- размеры изображения 1018,08 × 572,67 мм;
  - размер пикселя 0,53025 × 0,53025 мм;
  - габариты 1044,08 × 598,67 × 9,9 мм, вес 10,9 кг;



Рис. 10. Информационный киоск

- потребляемая мощность ЖК-панели 10,8 Вт, блока светодиодной подсветки – 77 Вт, максимальная – 81 Вт.

Модель 2015 г. P320HVN02.1 – самая небольшая из представленных в таблице ЖК-панель (см. рис. 13). Она имеет размеры изображения 698,4 × 392,85 мм, отличается малой потребляемой мощностью (4,6 Вт) и небольшим весом (4,9 кг).

При работе в условиях сильной внешней засветки изображение на экране ЖК-дисплея можно хорошо рассмотреть только при его высокой яркости. Для работы в таких условиях компания AUO разработала несколько моделей ЖК-панелей, в том числе большого формата. Для примера рассмотрим особенности модели высокой чёткости P550HVN06.0 разработки 2015 г. (см. рис. 14). Прибор обеспечивает яркость изображения не менее 2000 кд/м<sup>2</sup> и контрастность не менее 3200:1. Для реализации таких значений мощность светодиодной подсветки увеличена в три раза – до 300–344 Вт (24 В, 12–14 А). Другие параметры панели в основном такие же, как у рассмотренных ранее 55-дюймовых моделей для PID.

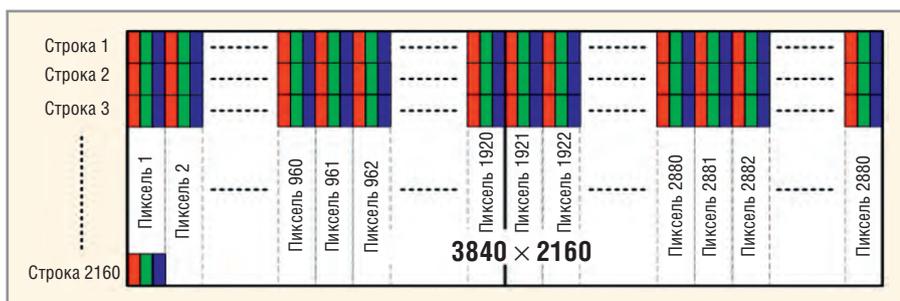


Рис. 11. Расположение пикселей



Рис. 12. ЖК-панели линейки P460HVN



Рис. 13. ЖК-панель P320HVN02.1



Рис. 14. ЖК-панель P550HVN06.0



Рис. 15. Прозрачная ЖК-панель

Основные требования, предъявляемые к ЖК-панелям для видеостен, – малая ширина окантовочной рамки и конструктивные возможности объединения нескольких панелей в видеостену. Компания АУО предлагает ряд моделей ЖК-панелей для видеостен (см. таблицу). В качестве примера рассмотрим модель P550HVN05.0. При размере изображения 1209,6 × 686,4 мм габариты панели составляют 1219 × 689,8 × 37,5 мм (ширина рамки всего 5 мм). Разрешение изображения 1920 × 1080 с 16,58 млн цветов (8-разрядное управление). Диапазон рабочих температур панели составляет 0...+50°C, однако испытания на надёжность производятся при температурах –10°C и +50°C в течение 500 ч. Панели характеризуются большой вибростойкостью (ускорение 0,5 g / 10–300 Гц) и ударпрочностью (10g / 11 мс по трём осям). Остальные параметры панели примерно такие же, как у рассмотренных ранее 55-дюймовых моделей для PID.

АУО выпускает и ряд прозрачных ЖК-панелей для витрин и рекламных боксов (см. рис. 15). Сами прозрачные панели отличаются от обычных TFT-LCD-панелей только другой ориентаци-

ей плёнки заднего поляризатора, обеспечивающего прозрачность экрана панели. В конструкции прозрачных ЖК-панелей отсутствует блок задней подсветки и задняя крышка. Подсветка выводимого на панель изображения обеспечивается со стороны помещения или рекламного бокса. Использование прозрачных панелей позволяет видеть рекламируемые предметы за панелью, а изображение на ней, например, с характеристиками рекламируемого товара, легко считывается пользователем.

В таблице представлены три прозрачных ЖК-панели для витрин. Особенно стоит модели P650HVF01.0:

- размеры изображения 1428,48 × 803,52 мм;
- габариты 1502,8 × 907 × 8,5 мм, вес 7,8 кг;
- размер пикселя 0,744 мм;
- потребляемая мощность ЖК-панели 25,2 Вт (12 В, 2,1 А);
- параметры надёжности и результаты тестов:
  - работа при температурах –5°C и +50°C – 300 ч,
  - вибростойкость в упаковке – 1,5g в диапазоне 10–200 Гц по всем осям.

АУО также производит двусторонние ЖК-панели, обеспечивающие обзор с двух сторон (см. рис. 16). Двусторонние ЖК-панели АУО отличаются относительной лёгкостью и малой толщиной. Следует отметить, что простое механическое объединение двух отдельных ЖК-панелей не может обеспечить такие показатели веса и толщины. Основные области применения двусторонних дисплеев: вокзалы и аэропорты, автозаправочные станции, пешеходные зоны, информационные киоски и другие общественные места. Рассмотрим особенности представленной в таблице двусторонней ЖК-панели P550HVN04.2, выпущенной в 2015 г.:

- размеры изображения 1209,6 × 680,4 мм;
- габариты 1363,2 × 816,2 × 19,6 мм, вес 28,3 кг;
- яркость обеих сторон не менее 560 кд/м<sup>2</sup> (типичное значение 700 кд/м<sup>2</sup>);
- контрастность не менее 3200:1 (типичная – 4000:1);
- углы обзора 89° по всем направлениям;
- быстродействие 6,5 мс;
- потребляемая мощность ЖК-панели 5–10 Вт (не более 12 Вт), блока светодиодной подсветки – 183 Вт (не более 189 Вт);
- параметры надёжности и результаты тестов:
  - срок службы 50 000 ч,
  - время работы при температурах –5 и +50°C – 500 ч,
  - вибростойкость в упаковке 1,04g в диапазоне 2–200 Гц по всем осям.

В таблице представлены и вытянутые ЖК-панели, предназначенные для различных вывесок, указателей, транспорта и рекламных щитов соответствующих форматов (5,3:1, 2,37:1, 3,55:1).



Рис. 16. Двусторонние ЖК-панели

### ЛИТЕРАТУРА

1. [www.fundinguniverse.com/company-histories/au-optronics-corporation-history](http://www.fundinguniverse.com/company-histories/au-optronics-corporation-history).
2. [www.auo.com/?sn=101&lang=en-US](http://www.auo.com/?sn=101&lang=en-US).
3. [www.auo.com/?sn=191&lang=en-US](http://www.auo.com/?sn=191&lang=en-US). 



*Производство электроники ответственного применения  
для сложных условий эксплуатации*



**15 лет в строю!**



**1000** проектов



**70 000** наименований



**2 000 000** изделий

- **Ежедневно:** реализация новейших мировых технологий и современных процессов, динамичное развитие производства и консервативно-строгое отношение к качеству
- **Весь путь ответственности:** от макетов и образцов до серийного производства, от комплектования до тестирования, от модуля до блока
- **Полный комплекс услуг:** участие в ОКР, поддержание склада для серийных программ, сервисное обслуживание, все виды работ по стандартам ГОСТ и рекомендациям IPC
- **Соответствие реальности:** опыт работы в конкурсных процедурах, соответствие требованиям ФЗ, комплект разрешительных документов для работы с любой отраслью применения электроники

[www.FACTORY.DOLOMANT.RU](http://www.FACTORY.DOLOMANT.RU)



# Процессоры Intel Skylake: многообразие и применение

## Часть 2

Любовь Бабушкина (Москва)

Первая часть статьи была посвящена характеристикам процессоров и чипсетов Intel Skylake. Акцент был сделан на ассортименте моделей группы Embedded, ориентированных на промышленный рынок. Во второй части статьи показано, за счёт чего микроархитектура Skylake позволяет вычислительным платформам на её основе выйти на новый уровень производительности, функциональности и энергоэффективности. Кроме того, рассмотрены примеры соответствующих промышленных плат и систем.

### БЫСТРЕЕ, ВЫШЕ, СИЛЬНЕЕ

Продолжая знакомство с новым поколением процессоров и чипсетов Intel, перейдём от рассмотрения отдельных характеристик микроархитектуры к их совокупному влиянию на её функциональные особенности.

Усовершенствованные процессорные ядра на 13% быстрее обрабатывают целочисленные векторные инструкции AVX2 и FMA, которые широко используются в графических приложениях, при конвертировании видеопотоков, в 3D-моделировании. Эта особенность Skylake в совокупности с возможностями новой графической подсистемы позволяет достичь на 25–30% более высокой мультимедийной производительности, чем у процессоров предыдущего поколения.

Увеличенный на 33% максимальный объём кэш-памяти и удвоенная пропускная способность внутрипроцессорной кольцевой шины на 45% повысили производительность кэшей второго и третьего уровней [1].

Поддержка нового типа оперативной памяти DDR4 с улучшенной внутренней архитектурой [2] и эффективной частотой до 2133 МГц (в перспективе – до 4266 МГц) позволяет ускорить обмен данными между процессором и памятью почти на 60% (в перспективе – вдвое).

Скорость передачи данных между процессором и чипсетом также значительно возросла за счёт применения новой версии шины DMI, имеющей в два раза большую пропускную способность.

Как показывают многочисленные тесты, проведённые интернет-изда-

ниями, по сравнению с процессорами Haswell и Broadwell новая микроархитектура обеспечивает в среднем 10–15-процентное улучшение общей производительности вычислительной системы при работе процессоров на таких же тактовых частотах [3]. В частности, вычисления в приложениях класса САПР, такие как тепловые, гидродинамические, аэродинамические расчёты, могут производиться новыми платформами на 28% быстрее, чем платформами на базе Haswell [4]. Если же сопоставить Skylake с процессорами более ранних поколений (Sandy Bridge и Ivy Bridge), разница в общей производительности составит 30–40%.

Заметное, но не кардинальное увеличение производительности процессоров шестого поколения на потребительском рынке вряд ли станет стимулом для массовой замены компьютеров на базе процессоров четвёртого и пятого поколений. Поэтому Intel в своей рекламной кампании предпочитает сопоставлять характеристики процессоров Skylake с чипами 2010–2011 гг., ориентируясь на потребителей, которые давно не обновляли свои системы. Такая маркетинговая стратегия выбрана неслучайно: за прошедшие 5–6 лет общая производительность процессоров выросла впечатляюще – в 2,5 раза, а мультимедийная – просто колоссально (по данным разных источников, в 25–30 раз).

И тут следует один из самых главных выводов этой статьи: новая архитектура имеет гораздо большую ценность для промышленного рынка вычислительных систем, потребности которого во

многом отличаются от потребностей массового рынка.

Во-первых, в промышленности обновление платформ происходит значительно реже, чем в потребительском сегменте, то есть соизмеримо по периодичности с жизненным циклом встраиваемых процессоров. До сих пор ещё эксплуатируются системы на базе процессоров, выпущенных 8–10 лет назад. Они-то и будут подлежать замене в ближайшее время.

Во-вторых, в отличие от энтузиастов потребительского рынка, таких как геймеры и оверклокеры, которые стремятся только к максимально возможному увеличению производительности своих компьютеров и снабжают их мощными системами активного охлаждения, разработчики промышленных (в особенности, встраиваемых) вычислительных систем предпочитают платформы, сочетающие достаточную для решаемой задачи производительность с небольшим энергопотреблением и компактностью, а также предъявляют повышенные требования к интерфейсным возможностям платформы.

### БЛИЖЕ К ПРАКТИКЕ

Рассмотрим, какие возможности для разработчиков встраиваемых систем открываются благодаря особенностям процессоров Skylake, и какими преимуществами новая платформа способна наделять готовые промышленные решения.

Прежде всего, жизненный цикл микросхем 6 поколения группы Embedded, который продлится до 2022–2023 гг., делает платы на базе встраиваемых чипсетов и процессоров Skylake наиболее экономически эффективным выбором для долгосрочных проектов.

Немаловажен и тот факт, что с каждым новым поколением процессоров Intel постепенно устраняется проблема выбора между экономичностью и компактностью вычислительной системы с одной стороны, и её производительностью с другой. По сравнению с пре-

дыдущими поколениями, процессоры Skylake предлагают увеличенную производительность при той же величине расчётной тепловой мощности (TDP). Разброс TDP в рамках каждой серии остался таким же, как и у предыдущего поколения: как было сказано в первой части статьи, для пользовательских процессоров – от 4,5 до 91 Вт, для промышленных – от 15 до 65 Вт (у серверных до 80 Вт). Кроме того, высокоскоростная память DDR4 отличается от DDR3 пониженным напряжением питания (1,2 В вместо 1,5 В), что вносит дополнительный вклад в энергоэффективность платформы на базе Skylake. Таким образом, ключевая особенность новых платформ – высокая удельная производительность на ватт потребляемой мощности – расширяет область применения компактных безвентиляторных систем, отличающихся высокой надёжностью благодаря герметичному корпусу и отсутствию движущихся частей (при условии использования твердотельного накопителя) и потому особенно востребованных в области промышленных решений.

Ещё одно новшество микроархитектуры Skylake – высокопроизводительная интегрированная графика, работающая с изображением формата UltraHD/4K (причём при минимальном энергопотреблении), – на практике даёт возможность обходиться без установки видеокарты для большинства прикладных задач. Как показывают тесты новых платформ, использование дискретной графики не даёт ощутимого прироста мультимедийной производительности. Излишне говорить, что решение без дополнительной платы становится более экономичным, компактным и надёжным. Интереснее другое: для промышленной автоматизации широкие мультимедийные возможности, встроенные в процессор, означают возможность реализации функций управления и визуализации технологического процесса в одном узле – в полном соответствии с мировым трендом консолидации вычислительных платформ для промышленного применения.

Поддержка чипсетами нового поколения до 26 высокоскоростных портов ввода-вывода (SATA III, USB 3.0/2.0, PCIe 3.0) даёт возможность значительного расширения функциональности промышленных материнских плат различных форматов и встраиваемых компьютеров.

Несколько слов об оперативной памяти, объём которой у платформ на базе Skylake увеличился вдвое. На первый взгляд может показаться, что величина 64 ГБ избыточна. Однако есть задачи, для которых этот объём может быть эффективно использован. Во-первых, это работа ресурсоёмких приложений, таких как пакеты обработки 3D-графики или оперативного анализа больших объёмов данных. Во-вторых, это использование в системе плат высокоскоростного сбора данных – дигитайзеров с функцией прямого доступа к памяти [5], которые производят компании Spectrum, Adlink, и др.

Кроме того, существует технология RAMdrive, реализованная в специальной утилите или встроенная в операционную систему, которая позволяет использовать часть оперативной памяти как накопитель с непревзойдённой скоростью доступа к данным. С помощью этой технологии небольшое пользовательское приложение может быть полностью скопировано в оперативную память. Таким образом, в системе появляется «виртуальный диск», объём которого уже сопоставим с небольшим SSD-накопителем, а скорость доступа к нему – на порядок выше.

Другая эффективная технология, для которой справедлив подход «чем больше, тем лучше» как по отношению к производительности процессора, так и к объёму памяти – это виртуализация на уровне вычислительных ресурсов. Стек технологий виртуализации пришёл на промышленный рынок с рынка коммерческих вычислительных систем, и уже начал применяться в сфере автоматизации. В частности, виртуализация для встраиваемых систем имеет множество реализаций, в которых в рамках одной аппаратной платформы сосуществуют две или более операционные системы, позволяя получить преимущества каждой из них. Один из подходов состоит в том, чтобы успешно совмещать запуск Microsoft Windows и операционной системы реального времени (RTOS) на одной платформе [6].

Универсальность микроархитектуры Skylake и её применимость для самых разных систем (от планшета до сервера) заключается не только в широком ассортименте процессоров, но и в том, что новые процессоры ориентированы на оптимизированную работу с новейшей операционной системой Microsoft Windows 10, и её версией для встраиваемых систем – Windows 10 IoT Enterprise.

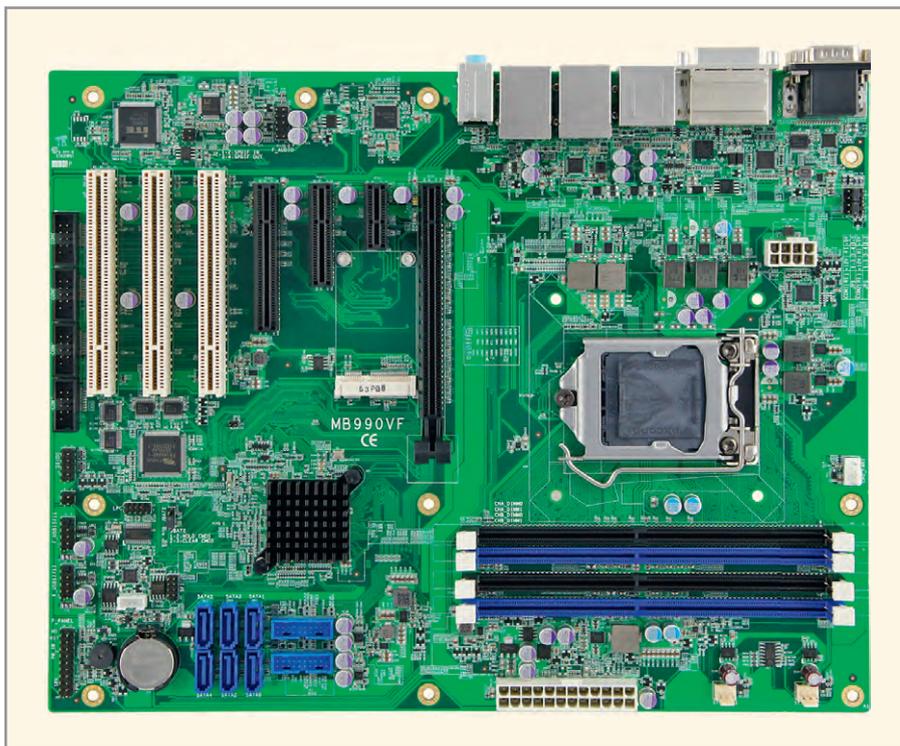
Концепция новой ОС предполагает, в частности, возможность разработки мультиплатформенных приложений UWP. Разработчики, использующие компонент Windows UWP, могут создавать универсальные приложения, которые способны работать на различных типах устройств: настольных и мобильных компьютерах, планшетах и смартфонах. Использование единой базы программного кода для различных платформ позволяет сохранить инвестиции в разработку программных продуктов. И хотя первыми эти преимущества почувствуют разработчики потребительских решений, тенденция к профессиональному применению мобильных устройств и растущий интерес к технологиям промышленного Интернета вещей (IIoT) [7] заложат основу для использования мультиплатформенных приложений и в сфере промышленной автоматизации.

### ПРИМЕРЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЛАТ И СИСТЕМ НА БАЗЕ SKYLAKE

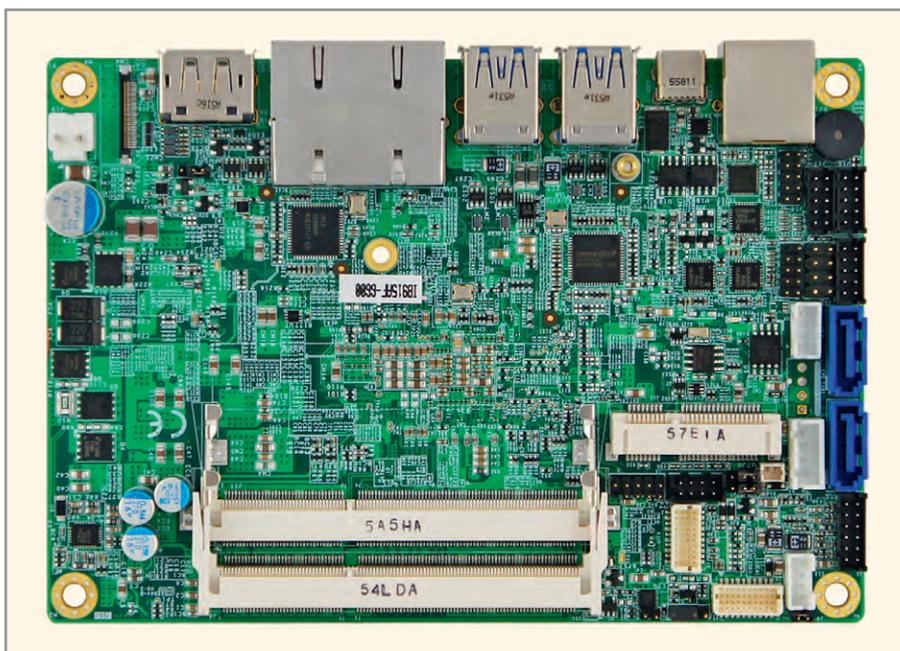
За последний год многие партнёры Intel разработали и запустили в серийное производство материнские платы и компьютеры на основе новых процессоров и чипсетов. Причём не только для коммерческого, но и для промышленного рынка.

Познакомимся ближе с новыми платами промышленного класса наиболее востребованных форм-факторов. В качестве примера рассмотрим продукцию компании iBASE, ассоциированного члена Intel IoT Solutions Alliance (сообщества ведущих мировых производителей встраиваемых систем). Этот производитель одним из первых представил на рынке промышленные решения на базе архитектуры Skylake.

Начнём с платы классического формата ATX с максимальной функциональностью. Материнская плата MB990VF (см. рис. 1) разработана на базе чипсета Q170, оснащена сокетом LGA1151 и поддерживает все модели процессоров 6 поколения S-серии, кроме процессоров семейства Xeon. Особенность этой платы – наличие помимо слотов расширения на шине PCI Express трёх слотов PCI. Благодаря тому что процессоры Skylake способны работать с тремя независимыми видеовыходами высокого разрешения, плата может быть использована, например, для построения станции операторского контроля. Все видеовыходы платы (HDMI 2.0,



**Рис. 1. Промышленная материнская плата iBASE MB990VF на базе чипсета Q170 для процессоров Skylake серии S**



**Рис. 2. Одноплатный компьютер iBASE IB915 формата 3,5" с процессором Skylake серии U**

DVI-D и DisplayPort) поддерживают разрешение до 4096 × 2160 точек (4K), что важно для работы, например, с мнемосхемами в SCADA-системе. Кроме того, плата может стать основой высокопроизводительного сервера опроса в АСУ ТП с большим количеством точек опроса (тэггов) или большой частотой опроса. Ещё один вариант применения новой платы в АСУ ТП – основа сервера архивации данных с RAID-массивом. Также плата может быть использована в систе-

мах локального сбора данных, в испытательных и учебных стендах и т.п.

Материнские платы iBASE формата Mini-ITX отличаются поддержкой процессоров Xeon благодаря применению в некоторых модификациях чипсета C236. Компания выпустила сразу две модели этого компактного формата – M1991 с сокетом LGA1151 для установки процессоров S-серии и M1990 – редкий для рынка вариант платы Mini-ITX с напаянным процес-

сором Core или Xeon, используя для этой модели процессоры Skylake H-серии. На платах реализована поддержка до 32 Гб оперативной памяти, что ранее было возможно только на полноразмерных ATX-платах. Возможность работы со сложной графикой без дискретной видеокарты позволяет, во-первых, устанавливать в освободившийся слот расширения PCIe(x16) плату высокоскоростного сбора данных или видеозахвата, а во-вторых, использовать ту же рабочую станцию для непосредственной обработки и визуализации собранных данных. Ещё одна важная отличительная черта плат M1990 и M1991 – наличие 6 портов USB 3.0, причём все они выполнены в виде разъёмов для задней панели. Таким образом, платы полностью готовы для работы с большим числом периферийных устройств, требовательных как к скорости передачи данных (до 5 Гбит/с), так и к мощности подводимого электропитания (до 4,5 Вт). Это могут быть, например, камеры машинного зрения, измерительные СВЧ-приборы и др. Благодаря стандартизированной системе электропитания и совместимости со стандартными корпусами, материнские платы формата Mini-ITX позволяют свести к минимуму аппаратные разработки при создании компактных вычислительных узлов, а также снизить их себестоимость.

Кроме того, на базе экономичных процессоров Intel Core 6 поколения U-серии с интегрированным чипсетом выпускаются миниатюрные одноплатные компьютеры формата 3,5" (147 × 102 мм), предназначенные для встраиваемых систем с пассивным охлаждением. Компания iBASE разработала плату IB915 (см. рис. 2), которая оснащена, в числе прочих интерфейсов, портом USB 3.1 с поддержкой скорости передачи данных до 10 Гбит/с. Области применения одноплатных компьютеров весьма разнообразны: это встраиваемые системы для роботизированных устройств, для устройств связи, для медицинской техники, для устройств локального управления и т.п.

Первыми корпусированными изделиями на базе процессоров Intel Skylake в ассортименте iBASE стали безвентиляторный встраиваемый компьютер ASB200-915 (см. рис. 3) на основе платы IB915 и промышленный медиаплеер SI-613 с тремя выходами 3x HDMI 2.0, предназначенный для непрерывного воспроизведения трёх независимых потоков медиаконтента с разрешени-



Рис. 3. Безвентиляторный встраиваемый компьютер iBASE ASB200-915 на базе платы IB915 с процессором Skylake

ем до 4096 × 2160 точек (4К) каждый, на трёх дисплеях. Такие медиаплееры востребованы для управления, например, менюбордами в кафе и ресторанах быстрого питания, цифровыми афишами в кинотеатрах, табло на вокзалах и т.п.

Также недавно компания iBASE дополнила линейку продуктов на базе архитектуры Skylake полноразмерной процессорной платой формата PICMG 1.3, предназначенной для промышленных рабочих станций и серверов начального уровня. Новая плата IB990 (см. рис. 4), оснащённая сокетом LGA1151, выпускается в двух модификациях – с чипсетом C236 или Q170.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Микроархитектура Skylake не только открыла новую страницу в истории Intel, но и стала новым стимулом для развития промышленных вычислительных систем. В ближайшем будущем она останется базовой для последующих разработок Intel. Дело в том, что как бы ни хороша была упомянутая в первой части статьи стратегия «тик-

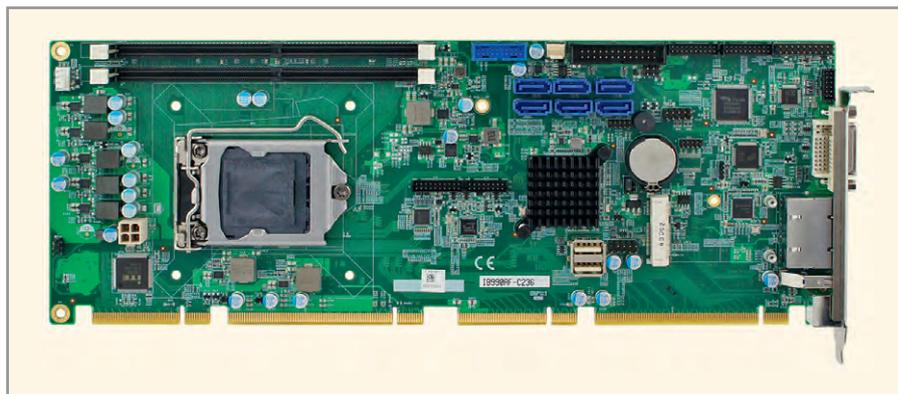


Рис. 4. Процессорная плата iBASE IB990 формата PICMG 1.3 на базе чипсета C236 или Q170 для процессоров Skylake серии S

так», которой Intel придерживается уже почти 10 лет, похоже, что трудности, возникшие при освоении технологического процесса с нормами 14 нм, заставили производителя пересмотреть её. Компания приняла решение использовать одни и те же нормы техпроцесса не для двух, а для трёх поколений процессоров. Поэтому следующее поколение процессоров – Kabylake – будет представлять собой улучшенную микроархитектуру Skylake, а переход на технологические нормы 10 нм отложен до выхода поколения Cannonlake [8]. Соответственно, выхода принципиально новой микроархитектуры можно будет ожидать только после сложнейшего перехода на этот техпроцесс.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гавриченко Илья. Обзор процессоров Core i7-6700K и Core i5-6600K: Skylake уже здесь. 3DNews – Daily Digital Digest. 2015.
2. DDR4: быстрая и экономичная ОЗУ. www.chip.ua. 2014.
3. Гавриченко Илья. Пять поколений Core i7: от Sandy Bridge до Skylake. Сравнительное тестирование Ф-Центр. 2015.

4. Пахомов Сергей. Процессоры Intel Skylake-S и чипсеты Intel 100-й серии. www.ixbt.com. 2015.
5. Ровини Оливер, Пини Артур, Тейт Грег. Современные дигитайзеры. Справочное пособие. Часть 1. Перевод Андрея Головастова. СТА. №1. 2016.
6. Main Cbris. Real-Time and General-Purpose Operating Systems Unite Via Virtualization. Embedded computing Design. 2010.
7. Швецов Дмитрий, Бабушкина Любовь. Как Интернет вещей изменит промышленность? Первые шаги к воплощению идеи IoT. Connect. №3. 2016.
8. Тестов Антон. Intel работает над несколькими микроархитектурами на основе Skylake. 3DNews – Daily Digital Digest. 2016.
9. Mab Ung Gordon. Why Intel Calls Skylake a 6th-Generation CPU. PCWorld. 2015.
10. Гавриченко Илья. Intel Skylake: подробности о микроархитектуре. 3DNews – Daily Digital Digest. 2015.
11. Shrou Ryan. Intel Skylake Processor Architecture Overview – Scaling from Tablets to Servers. PC Perspective. 2015.
12. www.ark.intel.com.





НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

## РОССИЙСКИЙ РАЗРАБОТЧИК И ПРОИЗВОДИТЕЛЬ

- Разработка герметичных DC/DC-преобразователей для ответственных применений
- Разработка и производство мощных источников питания для авиационной аппаратуры
- Разработка заказных силовых и ВЧ/СВЧ-модулей
- Производство дискретных силовых компонентов в керамических корпусах
- Разработка и проведение испытаний изделий и компонентов силовой электроники



POWERED BY PROSOFT

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИЛЕР НПП «АРБЕЛОС»**

ТЕЛ.: (495) 232-2522 / ФАКС: (495) 234-0640 / INFO@PROCHIP.RU / WWW.PROCHIP.RU

# Практика применения в устройствах на микроконтроллерах дисплейных модулей от 4D Systems

## Часть 1

Павел Редькин (г. Ульяновск)

В статье рассказано о применении в устройствах на микроконтроллерах интеллектуальных дисплейных модулей компании 4D Systems со встроенными графическими процессорами. Детально освещены вопросы вывода и отображения на дисплее текстовой и графической (в том числе видео) информации, построения с помощью модуля самодостаточного пользовательского интерфейса конечного устройства. Приведённая в статье информация поможет разработчикам в короткие сроки освоить применение дисплейных модулей от 4D Systems в своих проектах.

### ВВЕДЕНИЕ

При создании электронной аппаратуры на базе встраиваемых микроконтроллеров (МК) разработчику, как правило, приходится проектировать её пользовательский интерфейс, включающий средства управления, настройки ввода-вывода, а также отображения пользовательской и сервисной информации. Зачастую аппаратные ресурсы и процессорное время, необходимые для организации сколько-нибудь привлекательного интерфейса, сопоставимы или даже превышают ресурсы и время, требуемые для работы устройства по его основному назначению. Это особенно актуально при использовании МК с невысокой разрядностью, малым количеством аппаратных интерфейсов и линий ввода-вывода. В некоторых случаях пользовательский интерфейс для собственно работы устройства не нужен, но необходим временно для его настройки или отладки. Также бывает, что уже имеющийся в устройстве интерфейс необходимо модернизировать, например, сделать отображение данных в цвете, а не монохромным, или добавить кроме текстового ещё и графический режим, а излишка свободных ресурсов для этого в системе нет.

Именно для перечисленных задач хорошо подходят интеллектуальные дисплейные модули австралийской компании 4D Systems с встроенными графическими процессорами GOLDELOX, PICASO и DIABLO16. Они обеспечивают построение вполне современного и, что особенно важно,

самодостаточного интерфейса, забирая при этом минимальное количество аппаратных ресурсов и процессорного времени управляющего МК. Фактически они берут на себя все ресурсные затраты по организации интерфейса, кроме низкоскоростного канала обмена между управляющим МК и дисплейным модулем. Под самодостаточным здесь понимается такой интерфейс, который включает в себя все необходимые и достаточные компоненты для функционирования устройства, а именно: средства сигнального и пользовательского ввода-вывода (аппаратный интерфейс с МК, собственные входы для подключения кнопок и/или сенсорная панель), средства графического вывода (LED- или LCD-дисплей), средства аудиовывода (собственный аудиовыход). Опционально модули имеют собственную энергонезависимую память большого объёма для хранения текстовых шрифтов, графики, видео и пользовательских данных.

К недостаткам дисплейных модулей от 4D Systems может быть отнесена их сравнительно высокая стоимость.

Актуальный на текущий момент перечень графических модулей от 4D Systems из нескольких десятков позиций можно увидеть на сайте производителя [1]. Для просмотра линейки модулей, о которых идёт речь в статье, на сайте необходимо выбрать категорию microLCD Display Modules и в ней подкатегорию Display Modules, как показано на рисунке 1. Помимо этого, весьма полезная и интересная инфор-

мация о номенклатуре, характеристиках, режимах и порядке применения модулей от 4D Systems содержится в других источниках [2, 3].

### АППАРАТНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНТЕРФЕЙСА

В предлагаемой статье описывается применение графических модулей от 4D Systems только в одном из поддерживаемых ими режимов – Serial (работа под управлением МК). Для примера в статье рассмотрена совместная работа МК с одним из самых простых и дешёвых модулей начального уровня  $\mu$ OLED-128-G2 [4] из состава линейки microLCD с самым слабым в линейке графическим процессором GOLDELOX. Однако возможности даже такого простого устройства весьма впечатляют. Модуль обеспечивает следующие базовые функции:

- двустороннюю связь с управляющим МК по интерфейсу UART с помощью набора из нескольких десятков простых команд. Поддерживается широкий набор стандартных скоростей;
- опрос до пяти внешних кнопок управления по команде МК. Кнопки подключаются непосредственно к дисплейному модулю. Результаты опроса передаются в МК в ответ на поданную им команду запуска опроса;
- генерация монофонических звуковых сигналов с задаваемыми длительностью и тональностью по команде МК;
- поддержка вывода на встроенный LED-дисплей цветной текстовой информации от МК в единственном доступном шрифте, но с возможностью задания «на лету» расположения, размеров и цветов текстовых символов. Возможен вывод одной командой как отдельных символов, так и их строк;
- поддержка вывода на встроенный LED-дисплей цветной графической информации по командам МК в виде графических примитивов, простых

геометрических фигур с возможностью задания «на лету» их расположения, размеров, цветов и режимов отображения. Возможен вывод одной командой одного графического объекта.

Помимо базовых функций модуль обеспечивает и опциональные, так называемые медийные интерфейсные функции. Их использование возможно при подключении к модулю карты памяти  $\mu$ SD, поддерживающей интерфейс SPI, для чего имеется стандартный слот. При подключённой карте модулем поддерживается широкий набор шрифтов для текстового вывода, а также вывод сложных цветных изображений и воспроизведение цветного видео (непрерывно или покадрово) с разрешением встроенного дисплея, но без звукового сопровождения. Все эти функции также реализуются по командам МК, причём вывод одного медийного объекта (изображения или видео) может быть осуществлён всего двумя-тремя командами. Кроме того, подключённую к модулю  $\mu$ SD-карту МК может использовать в качестве энергонезависимой памяти, доступной для чтения и записи цифровых данных. Шрифты, изображения и видео предварительно необходимо записать на карту с помощью специального инструментального программного обеспечения, о чём будет сказано далее. Количество шрифтов, количество и размеры файлов изображений и файлов видео, других хранимых данных ограничиваются только ёмкостью используемой карты. Модулем  $\mu$ OLED-128-G2 поддерживаются  $\mu$ SD-карты объёмом до 4 Гб.

В модуле  $\mu$ OLED-128-G2 используется цветной (65К цветов) OLED-дисплей с разрешением  $128 \times 128$  точек, размером диагонали 1,5 дюйма, контрастностью 5000:1, яркостью  $100 \text{ кд/м}^2$  и углом обзора  $160^\circ$ . Обмен с управляющим МК модуль осуществляет через UART с заданной по умолчанию скоростью 9600 бит/с, 8-N-1. Помимо работы под управлением внешнего МК модуль также поддерживает автономную работу под управлением программ, написанных на графически-ориентированном языке 4DGL и хранящихся во встроенной памяти графического процессора. Помимо UART модуль имеет две цифровые линии ввода-вывода общего назначения, одна из которых может быть сконфигурирована как аналоговый вход АЦП. Частота тактового генератора графического процессора

Рис. 1. Линейка дисплейных модулей microLCD Display Modules на сайте 4D Systems

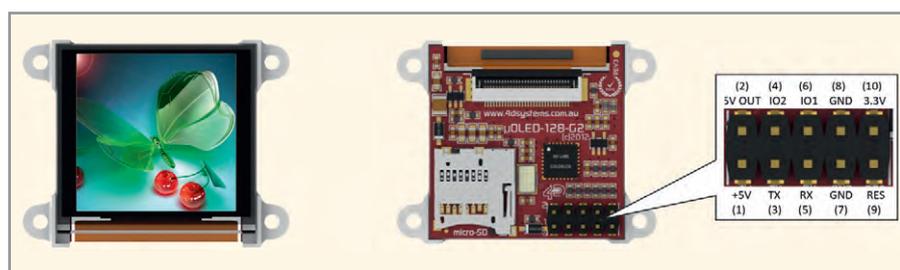


Рис. 2. Внешний вид дисплейного модуля  $\mu$ OLED-128-G2 с детализацией контактов сигнального/питающего разъёма

GOLDELOX модуля равна 12 МГц, а его системная тактовая частота – 48 МГц. Типовой ток потребления процессора GOLDELOX от источника +3,3 В составляет 12 мА. Внешний вид дисплейного модуля  $\mu$ OLED-128-G2 представлен на рисунке 2.

По умолчанию после включения питания  $\mu$ OLED-128-G2 с заводскими настройками находится в состоянии SPE READY, предназначенном для работы в режиме Serial. В этом режиме графическим процессором выполняется заводская управляющая программа

SPE (Serial Platform Emulator). Указанная программа осуществляет преобразование поступающих от МК через UART команд в так называемые внутренние функции графического процессора GOLDELOX.

В качестве внешнего управляющего МК в предлагаемой статье использован 32-разрядный МК LM4F120H5QRF3 семейства STELLARIS фирмы Texas Instruments, установленный на отладочной плате EK-LM4F120XL [5]. В настоящее время этот МК выпускается с названием TM4C1233H6PM.

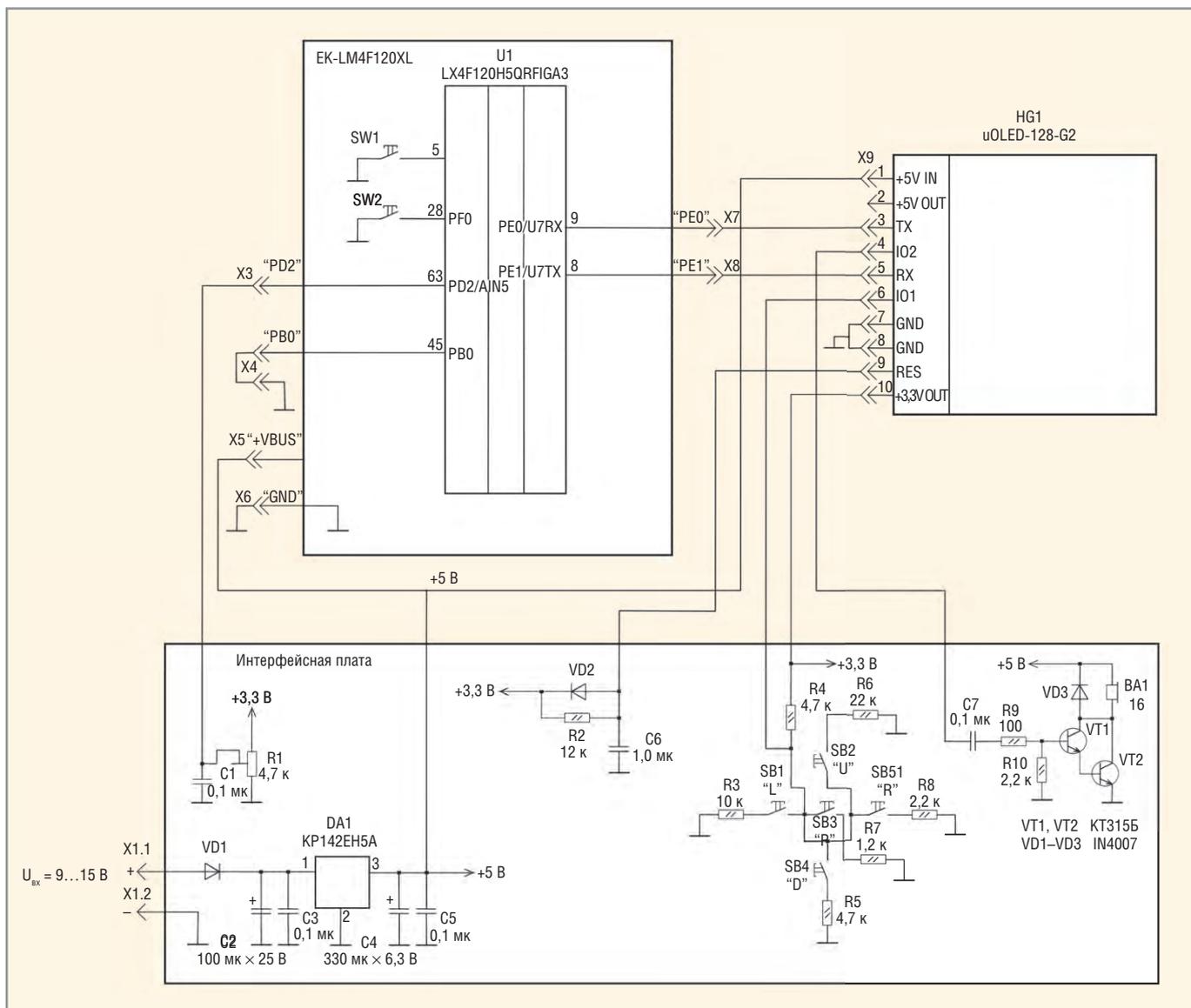


Рис. 3. Принципиальная схема связки «плата EK-LM4F120XL + модуль  $\mu$ OLED-128-G2» с элементами интерфейса, размещёнными на дополнительной плате

Семейство, в которое он входит, сейчас называется TIVA, а отладочная плата – EK-TM4C123GXL. МК имеет процессорное ядро ARM Cortex-M4F с тактовой частотой до 80 МГц, 256 КБ встроенной FLASH-памяти, 32 КБ SRAM и в числе прочих интерфейсов – 8 портов UART. Программирование и отладка МК осуществляется посредством интегрированного в плату JTAG-отладчика Stellaris ICDI через его USB-порт. Плата EK-LM4F120XL не имеет собственного дисплея и снабжена всего двумя пользовательскими кнопками и светодиодом, то есть, пользовательский интерфейс у неё практически отсутствует. Исходя из этого, применение для приложений на основе этой платы дисплейных модулей от 4D Systems представляется вполне обоснованным.

Принципиальная схема связки «плата EK-LM4F120XL + модуль  $\mu$ OLED-128-G2» показана на рисунке 3, а внешний вид

собранного по этой схеме макета – на рисунке 4. Внешние кнопки, усилитель звуковой частоты, первичный стабилизатор питания макета, цепь сброса графического модуля и другие вспомогательные цепи смонтированы на дополнительной интерфейсной плате, также показанной на рисунках 3 и 4. Из внутренней структуры платы EK-LM4F120XL на схеме показаны только задействованные в приложении выводы МК и пользовательские кнопки SW1, SW2.

Программа SPE по умолчанию конфигурирует линию ввода-вывода IO2 модуля  $\mu$ OLED-128-G2 как цифровой выход ШИМ, используемый для генерации звука, а линию IO1 – как аналоговый вход АЦП, используемый для опроса внешних кнопок. Все кнопки подключаются между этим входом и внешними подключёнными к общему проводу резисторами различного

(заданного производителем) сопротивления. С учётом наличия подтягивающего к плюсу питания +3,3 В резистора заданного сопротивления, на этой линии при нажатии каждой из кнопок образуется делитель напряжения с уникальным в пределах массива кнопок коэффициентом деления. Таким образом, нажатие на любую из кнопок создаёт на входе АЦП сопоставленный ей уровень напряжения, который распознаётся программой SPE и в виде соответствующего кода передаётся через UART в управляющий МК. Необходимое для работы кнопочного интерфейса напряжение +3,3 В вырабатывается встроенным в модуль отдельным стабилизатором с допустимым током нагрузки до 50 мА.

Цифровые сигналы со звукового выхода модуля поступают на вход усилителя звуковой частоты, нагруженного на электромагнитный звуковой излу-

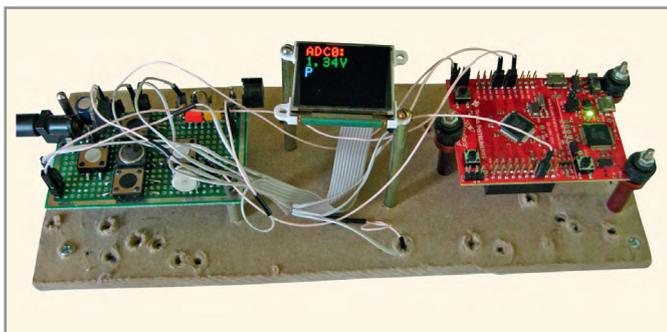


Рис. 4. Внешний вид макета, собранного по принципиальной схеме

тель «спикер», подобный тем, которые используются в материнских платах ПК. Нагрузочная способность цифрового (звукового) выхода IO2 не превышает 4 мА.

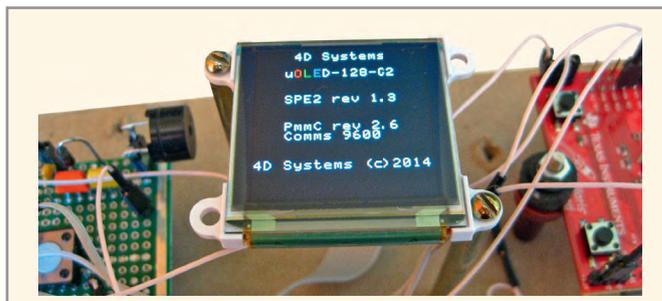
Модуль питается от внешнего источника постоянного напряжения +5 В (диапазон питающих напряжений составляет +4,0...+5,5 В), однако его линии ввода-вывода и линии UART используют уровни TTL +3,3 В, хотя толерантны и к напряжению +5 В. Линия сброса RES имеет внутренний подтянутый к уровню +3,3 В резистор 4,7 кОм. Внешний активный низкий уровень на ножке RES длительностью

более 2 мкс вызывает сброс модуля. С выхода модуля «+5 В OUT» при необходимости снимается входное питающее напряжение +5 В, пропущенное через внутренний защитный диод.

Все линии сигналов обмена с МК, цепей сброса, питания и общего провода сведены в модуле  $\mu$ OLED-128-G2 в один стандартный двухрядный 10-контактный разъем, как показано на рисунке 2.

### БАЗОВЫЕ ФУНКЦИИ ДИСПЛЕЙНОГО МОДУЛЯ

Через несколько секунд после включения питания модуля в случае, если

Рис. 5. Начальная экранная заставка дисплея  $\mu$ OLED-128-G2 в режиме Serial

от управляющего МК не поступает никаких команд, программа SPE выводит на дисплей начальную экранную заставку, показанную на рисунке 5. В ней содержится информация о типе модуля, версиях загруженной в него программы SPE и его внутренней «прошивки» PmmC, а также актуальное в данный момент значение скорости обмена через UART. Выведенная заставка медленно прокручивается по дисплею. Управляющему МК надлежит захватить управление модулем, подавая ему через UART какие-нибудь команды. Например, команды очистки дисплея или запрещения прокрутки

## Новое поколение GaN-транзисторов

# WolfSpeed

<p><b>CGHV14250</b>            Диапазон частот: 1200–1400 МГц            Мощность: 250 Вт            Коэффициент усиления: 18 дБ</p>	<p><b>CGHV14500</b>            Диапазон частот: 1200–1400 МГц            Мощность: 500 Вт            Коэффициент усиления: 17 дБ</p>	<p><b>CGHV35150</b>            Диапазон частот: 2900–3500 МГц            Мощность: 150 Вт            Коэффициент усиления: 13,5 дБ</p>
--	--	--

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ WOLFSPPEED**

**ProChip**  
POWERED BY ProSoft

Активный компонент вашего бизнеса

ТЕЛ.: (495) 232-2522 / ФАКС: (495) 234-0640 / INFO@PROCHIP.RU / WWW.PROCHIP.RU

Реклама

Таблица 1. Основные текстовые и строковые команды режима Serial

Команда (библиотечная функция)	Назначение команды
txt_MoveCursor	Переместить курсор на заданную номером строки и номером столбца позицию дисплея
PutCH	Вывести на дисплей символ
Putstr	Вывести на дисплей строку символов
Charwidth	Задать ширину символа в пикселях
Charheight	Задать высоту символа в пикселях
txt_FGcolour	Задать цвет выводимого на дисплей текста
txt_BGcolour	Задать цвет фона для выводимого на дисплей текста
txt_FontID	Задать требуемый шрифт, используя его идентификатор (ID). Эта команда поддерживается только для шрифтов, загружаемых с µSD-карты. В этом случае ID = 7
txt_Width	Задать множитель ширины текста в диапазоне 1...16
txt_Height	Задать множитель высоты текста в диапазоне 1...16
txt_Xgap	Задать разрыв между символами по оси X (дистанцию) в пикселях в диапазоне 0...32
txt_Ygap	Задать разрыв между символами по оси Y (интервал) в пикселях в диапазоне 0...32
txt_Bold	Задать полужирный текстовый шрифт
txt_Inverse	Задать текстовую инверсию
txt_Italic	Задать текстовый курсив
txt_Underline	Задать текстовое подчёркивание
txt_Set	Задать временную задержку между символами, выводимыми на дисплей с помощью команд PutCH или Putstr, в диапазоне 0...255 мс

Таблица 2. Основные графические команды режима Serial

Команда (библиотечная функция)	Назначение команды
gfx_Cls	Очистить экран дисплея, используя текущий цвет фона
gfx_ChangeColour	Изменить цвет всех пикселей заданного (старого) цвета на другой заданный (новый) цвет
gfx_Circle	Нарисовать незакрашенную окружность заданного цвета с центром в заданной точке, с заданным радиусом. Все величины задаются в пикселях
gfx_CircleFilled	Нарисовать закрашенную окружность заданного цвета с центром в заданной точке, с заданным радиусом. Все величины задаются в пикселях
gfx_Line	Нарисовать прямую линию заданного цвета между двумя точками с заданными координатами. Все величины задаются в пикселях
gfx_Rectangle	Нарисовать незакрашенный прямоугольник заданного цвета с заданными координатами левого верхнего и правого нижнего углов. Все величины задаются в пикселях
gfx_RectangleFilled	Нарисовать закрашенный прямоугольник заданного цвета с заданными координатами левого верхнего и правого нижнего углов. Все величины задаются в пикселях
gfx_Polyline	Нарисовать ломаную линию заданного цвета в виде отрезков прямых между массивом точек с заданными координатами. Все величины задаются в пикселях
gfx_Polygon	Нарисовать многоугольник (замкнутую фигуру) заданного цвета в виде отрезков прямых между массивом точек с заданными координатами. Все величины задаются в пикселях
gfx_Triangle	Нарисовать треугольник (замкнутую фигуру) заданного цвета в виде отрезков прямых между тремя точками с заданными координатами. Все величины задаются в пикселях
gfx_Orbit	Вычислить координаты (x, y) удаленной точки относительно исходной точки, исходя из заданных параметров: угла и расстояния от исходной точки до удаленной. По умолчанию исходная точка имеет координаты (0, 0). Все величины задаются в пикселях
gfx_PutPixel	Закрасить пиксель с заданными координатами заданным цветом. Координаты задаются в пикселях
gfx_GetPixel	Прочитать значение цвета пикселя с заданными координатами. Координаты задаются в пикселях
gfx_MoveTo	Переместить исходную точку по заданным координатам. Координаты задаются в пикселях
gfx_LineTo	Нарисовать линию из исходной точки до точки с заданными координатами. После этого исходная точка перемещается по этим координатам. Координаты задаются в пикселях
gfx_Clippping	Включить/отключить возможность усечения (клиппирования) дисплея
gfx_ClipWindow	Задать координаты окна усечения дисплея. Любые объекты и текст, выведенные на дисплей, будут усечены и станут видны на дисплее только в области этого окна. Чтобы окно усечения было включено, необходимо передать команду gfx_Clippping
gfx_SetClipRegion	Расширить область усечения. Команда расширяет область усечения вплоть до размеров области расположения последнего выведенного на дисплей текста или изображения
gfx_BGcolour	Задать цвет фона для выводимых на дисплей графических объектов
gfx_OutlineColour	Задать цвет для прямоугольников и кругов
gfx_Contrast	Задать уровень контраста дисплея в диапазоне 1...15. При уровне контраста 0 дисплей отключается

выводимого изображения. Затем можно приступить к выводу на дисплей требуемых в приложении данных, опросу кнопок, генерации звука в нужном приложению контексте и т.д. В документации производителя на модуль [6] сказано, что МК может пытаться связываться с модулем приблизительно через три секунды после его сброса, а начальная заставка появляется примерно через 8 секунд. Однако по опыту работы с экземпляром µOLED-128-G2 оказалось, что модуль корректно реагирует на команды МК практически сразу после сброса.

Полный перечень из более чем семидесяти команд, поддерживаемых модулем в режиме Serial, с их подробным описанием содержится в [6]. Этот документ можно загрузить по ссылке с интернет-страницы [7]. Необходимо заметить, что каждая конкретная команда может поддерживаться не всеми моделями модулей, что отражено в документации.

Для облегчения использования своих модулей совместно с различными сторонними программными средствами и аппаратными платформами (ARM, AVR, PIC, Arduino и пр.) производитель распространяет перечень команд режима Serial в виде наборов библиотек: Arduino Serial Library, C Serial Library, Pascal Serial Library, PicAxe Serial Library, Linux Serial Library. Перечисленные библиотеки в виде архивных файлов могут быть загружены по соответствующим ссылкам с интернет-страницы [7].

Рассмотрим систему команд режима Serial подробнее. Группа текстовых и строковых команд управляет курсором дисплея при выводе текста, задает его цвет, размеры и атрибуты (жирный, курсив, подчёркивание, инверсия). При этом доступен только один текстовый шрифт. Основные из этих команд перечислены в таблице 1. Эта и другие таблицы, приведённые в статье, содержат только имена и краткие характеристики команд (библиотечных функций) без их кодов и параметров.

Цвета выводимых на дисплей текстовых символов и графических объектов задаются в командах двухбайтовой константой в соответствующем поле. Перечень соответствия этих констант цветам дисплея приведён в [8].

Группа графических команд управляет выводом на дисплей простых геометрических фигур (прямых и ломаных линий, окружностей, треугольни-

ков, прямоугольников и т.п.), задаёт их расположение, размеры, цвет и режимы отображения, например, заполнение цветом. Сюда же входит такая важная команда, как очистка экрана `gfx_Cls`. Основные графические команды перечислены в таблице 2.

Группа медийных команд управляет взаимодействием модуля с подключённой к нему  $\mu$ SD-картой, её начальной инициализацией, записью-чтением данных с неё, выводом с неё на дисплей изображений, видеокладов, воспроизведением с неё видео. Основные из этих команд перечислены в таблице 3.

Группа команд доступа к памяти предназначена для обеспечения доступа для записи и чтения к управляющим системным регистрам графического процессора. Основные команды этой группы перечислены в таблице 4. В рамках данной статьи эти команды рассматриваться не будут.

Отдельная команда под названием `Joystick` обеспечивает опрос всех подключённых к модулю кнопок (до пяти кнопок) и обнаружение среди них нажатой. Код нажатой на момент опро-

Таблица 3. Основные медийные команды режима `Serial`

Команда (библиотечная функция)	Назначение команды
<code>media_Init</code>	Инициализировать носитель-карту памяти $\mu$ SD/SD/SDHC для проведения с ней дальнейших операций. $\mu$ SD-карта подключается к графическому процессору через интерфейс SPI
<code>media_SetAdd</code>	Задать в памяти носителя внутренний указатель адреса для доступа к не выровненному по границе сектора байту
<code>media_SetSector</code>	Задать в памяти носителя внутренний указатель адреса для доступа к сектору
<code>media_ReadByte</code>	Считать и вернуть значение байта из носителя по адресу, заданному командой <code>media_SetAdd</code>
<code>media_ReadWord</code>	Считать и вернуть значение слова (2 байта) из носителя по адресу, заданному командой <code>media_SetAdd</code>
<code>media_WriteByte</code>	Записать байт в носитель по адресу, заданному командой <code>media_SetSector</code> . Запись байтов или слов в носитель должна запускаться с начала сектора
<code>media_WriteWord</code>	Записать слово (2 байта) в носитель по адресу, заданному командой <code>media_SetSector</code> . Запись байтов или слов в носитель должна запускаться с начала сектора
<code>media_Flush</code>	Подача этой команды после записи любых данных в носитель гарантирует, что сектор, в который производилась запись, будет корректно сохранён
<code>media_Image</code>	Вывести на дисплей изображение, хранящееся в носителе по указанному адресу. Адрес изображения предварительно должен быть задан командой <code>media_SetAdd</code> или <code>media_SetSector</code>
<code>media_Video</code>	Воспроизвести на дисплее видеоклип, хранящийся в носителе по указанному адресу. Адрес видеоклипа предварительно должен быть задан командой <code>media_SetAdd</code> или <code>media_SetSector</code> . Во время воспроизведения видео блокируются все другие процессы
<code>media_VideoFrame</code>	Вывести на дисплей один или несколько кадров видеоклипа, хранящегося в носителе по указанному адресу. Адрес видеоклипа предварительно должен быть задан командой <code>media_SetAdd</code> или <code>media_SetSector</code>

са кнопки в ответе на эту команду возвращается в МК.

Отдельная команда под названием `Beep` обеспечивает генерацию модулем непрерывного звукового сигнала

с заданными тональностью и длительностью. Тональность (частота) задаётся в относительных единицах в диапазоне от 0 до 64. Длительность звучания задаётся в мс.

# SHARP

## LCD-ПАНЕЛИ SHARP ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРИМЕНЕНИЙ



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

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ SHARP

**ProCHIP**  
POWERED BY PROSOFT

Активный компонент вашего бизнеса

ТЕЛ.: (495) 232-2522 / ФАКС: (495) 234-0640 / INFO@PROCHIP.RU / WWW.PROCHIP.RU



Реклама

Таблица 4. Основные команды доступа к памяти режима Serial

Команда (библиотечная функция)	Назначение команды
peekB	Возвратить прочитанное значение младшего байта системного регистра графического процессора с заданным адресом
pokeB	Задать значение младшего байта системного регистра графического процессора с заданным адресом
peekW	Возвратить прочитанное значение слова (2 байта) системного регистра графического процессора с заданным адресом
pokeW	Задать значение слова (2 байта) системного регистра графического процессора с заданным адресом

Таблица 5. Основные системные команды режима Serial

Команда (библиотечная функция)	Назначение команды
sys_GetModel	Возвратить модель дисплея в форме текстовой строки без разделителя NULL
sys_GetVersion	Возвратить версию приложения SPE, загруженного в дисплей
sys_GetPmmC	Возвратить версию «прошивки» PmmC, загруженной в дисплей
SSTimeout	Задать значение тайм-аута экранной заставки в диапазоне 1...65535 мс. Значение 0 отключает экранную заставку
SSSpeed	Задать скорость прокрутки экранной заставки. Диапазоны возможных значений скорости различаются для различных моделей модулей. Для µOLED-128-G2 этот диапазон составляет от 0 (самая быстрая скорость) до 3 (самая медленная скорость)
SSMode	Задать направление прокрутки экранной заставки

Таблица 6. Соответствие между значением ответа на команду Joystick и кнопками на принципиальной схеме, показанной на рисунке 3 (позициями джойстика)

Значение байта ответа	Кнопка на схеме, изображённой на рисунке 3	Позиция джойстика
0	Ни одна кнопка не нажата	RELEASED
1	SB2 «U»	Вверх – UP
2	SB1 «L»	Влево – LEFT
3	SB4 «D»	Вниз – DOWN
4	SB5 «R»	Вправо – RIGHT
5	SB3 «P»	Центр – PRESS

Отдельная команда задания скорости обмена Set Baud Rate обеспечивает выбор скорости обмена через UART из набора стандартных значений в диапазоне от 110 до 600 000 бит/с.

Отдельная команда управления изображением blitComtoDisplay задаёт горизонтальную и вертикальную позиции верхнего левого угла изображения, которое будет выведено на дисплей, ширину и высоту этого изображения, а далее в своём теле содержит само изображение, передаваемое попиксельно в виде 16-разрядных слов, значение каждого из которых определяет цвет пикселя. Эта команда может быть очень длинной.

Группа системных команд обеспечивает вывод на дисплей информации о модели и версиях встроенного ПО (SPE, PmmC) модуля, а также задаёт режим, тайм-аут и скорость прокрутки изображения на дисплее. Основные системные команды перечислены в таблице 5. Чтобы отменить прокрутку любого выводимого на дисплей изображения, заданную в программе SPE по умолчанию, необходимо передать в модуль команду SSTimeout(0).

Заметим, что отобразив, например, на дисплее какие-либо графические изображения, можно тут же рядом с ними или поверх них вывести и текстовые данные. И наоборот. То есть текстовый и графический режимы не разделяются.

Рассмотрим формат команды на примере команды Joystick. Передача через UART всегда ведётся побайтно. Сначала МК передаёт так называемый cmd-код команды (для Joystick cmd = 0xFFD9). Первым всегда передаётся старший байт. Если команда корректно воспринята модулем, он возвращает байт подтверждения ACK, всегда равный 0x06. Какое-либо иное значение байта подтверждения говорит о некорректном приёме команды. Затем модуль возвращает ответ на команду – один байт с номером кнопки, нажатой на момент опроса, то есть на момент поступления команды Joystick. Соответствие между значением ответа и изображёнными на принципиальной схеме кнопками приведено в таблице 6. Заметим, что одновременное нажатие двух и более кнопок является некорректным и приведёт к неоднозначному результату.

Команда позиционирования текстового курсора в определённое положение на дисплее txt\_MoveCursor будет выглядеть следующим образом. Сначала код cmd = 0xFFE4 (2 байта), затем параметры: номер строки (2 байта), номер столбца (2 байта). Ответ форматом этой команды не предусмотрен. Например, чтобы переместить курсор в строку 7 (0x07), ряд 12 (0x0C), МК должен передать в модуль последовательность байтов: 0xFF 0xE4 0x00 0x07 0x00 0x0C, а в подтверждении получить 0x06. Старшие байты в двухбайтовых параметрах должны быть заполнены незначащими нулями. По умолчанию после сброса для вывода на дисплей текстовых данных задан самый мелкий из возможных размеров шрифта – «4D SYSTEM (7x8)» (см. рис. 5). С учётом разрешения дисплея 128 × 128 точек, для такого шрифта доступно тестовое поле из 16 строк и 18 столбцов. Команды вывода на дисплей символа и символьной строки выводят данные, начиная с текущей позиции курсора.

Чтобы нарисовать на дисплее полый (не закрашенный) прямоугольник функцией gfx\_Rectangle, нужно передать код cmd = 0xFFCF (2 байта), координаты позиции X1 (2 байта) в пикселях, позиции Y1 (2 байта) в пикселях, позиции X2 (2 байта) в пикселях, позиции Y2 (2 байта) в пикселях, цвет (2 байта) этого прямоугольника. Ответ форматом этой команды не предусмотрен. Например, для синего (код цвета 0x001F) прямоугольника, рисуемого из точки с координатами X1 = 10 (0x0A), Y1 = 20 (0x14) в верхнем левом углу дисплея в точку с координатами X2 = 80 (0x50), Y2 = 80 (0x50) в правом нижнем углу, МК должен передать в модуль последовательность байтов: 0xFF 0xCF 0x00 0x0A 0x00 0x14 0x00 0x50 0x00 0x50 0x00 0x1F, а в подтверждение получить 0x06.

Каждая переданная от МК команда требует определённого времени для её обработки модулем. Это время между моментами поступления команды и генерации подтверждения на неё или ответа, если последний предусмотрен форматом. Необходимо заметить, что передав в модуль команду, МК не должен передавать что-либо ещё, пока не дождётся от модуля подтверждения, а затем и ответа, если последний предусмотрен форматом. В противном случае логика модуля поведёт себя неоднозначно.

С целью отладки алгоритмов взаимодействия МК с модулями от 4D Systems автором была написана управляющая программа для МК платы EK-LM4F120XL, реализующая как базовые функции модуля (вывод на дисплей текстовых данных с заданным по умолчанию шрифтом), так и медийные (выбор шрифта, вывод на дисплей графики и видео) с использованием немного переработанной библиотеки функций C Serial Library. Исходный текст этой программы (и файл «прошивки» Flash-памяти МК) содержится в каталоге проекта UART\_4D, архив которого доступен для загрузки с сайта журнала ([www.soel.ru](http://www.soel.ru)). Проект был подготовлен и отлажен в интегрированной среде разработки IDE  $\mu$ Vision V5.15 от Keil Software (бесплатная версия с ограниченным размером кода). Программирование и отладка производились с помощью встроенного JTAG-отладчика Stellaris ICDI.

При включении питания макета программа передаёт в модуль команды очистки дисплея, запрета прокрутки изображения, задания размеров текстовых символов, их цветов, позиционирования курсора, а затем циклически (в моменты завершения АЦП МК) осуществляет вывод на дисплей цифровых данных – результата АЦП в вольтах. Входное измеряемое напряжение для АЦП формируется в интерфейсной плате из питающего напряжения +3,3 В цепью R1, C1 и поступает на линию МК PD2, сконфигурированную как аналоговый вход AIN5. Вид дисплея для этого случая показан на рисунке 4. Как видно из рисунка, при достаточно крупном размере символов шрифт на дисплее выглядит не очень эстетично. Восприятие картинки можно улучшить с помощью медийной функции задания шрифтов, о чём будет рассказано во второй части статьи.

Помимо вывода на дисплей результатов АЦП программа циклически (примерно два раза в секунду) передаёт в графический модуль команду Joystick и анализирует ответ на неё. В зависимости от наличия нажатой кнопки и её номера программа выводит на дисплей соответствующий ей символ: «U», «L», «D», «R», «P». Каждое нажатие на любую из кнопок макета (две штатные кнопки

платы EK-LM4F120XL и пять кнопок интерфейсной платы) сопровождается коротким звуковым сигналом высокого тона, генерируемым дисплейным модулем по команде Веер, поступающей из МК.

## ЛИТЕРАТУРА

1. [www.4dsystems.com.au/products](http://www.4dsystems.com.au/products).
2. Долгушин С. Графические контроллеры и дисплейные модули компании 4D Systems. Компоненты и технологии. 2013. №2.
3. Долгушин С. Графический интерфейс пользователя на базе готовых дисплейных модулей компании 4D Systems. Компоненты и технологии. 2013. №4.
4. [www.4dsystems.com.au/product/uOLED\\_128\\_G2](http://www.4dsystems.com.au/product/uOLED_128_G2).
5. Stellaris LM4F120 LaunchPad Evaluation Board. User Manual. [www.ti.com/general/docs/lit/getliterature.tsp?baseLiteratureNumber=spmu289&fileType=pdf&keyMatch=LM4F120H5QR&tisearch=Search-EN-TechDocs](http://www.ti.com/general/docs/lit/getliterature.tsp?baseLiteratureNumber=spmu289&fileType=pdf&keyMatch=LM4F120H5QR&tisearch=Search-EN-TechDocs).
6. 4D Systems Goldelex Serial Environment Command Set. Part of the Workshop 4 IDE.
7. [www.4dsystems.com.au/product/4D\\_Workshop\\_4\\_IDE](http://www.4dsystems.com.au/product/4D_Workshop_4_IDE).
8. 4D Systems Application Note 4D-AN-00043. General 4DGL Colour Constants. ©



**bulgin**  
a brand of Elektron Technology

**Виссaneer 6000**  
**Первый разъём от Vulgin с «ЖЕЛЕЗНЫМ» характером**



- Корпус из металла или пластика (на выбор)
- Степень защиты IP66, IP68 и IP69K
- Прочность и защита от ЭМИ благодаря металлическому корпусу
- 16 А, 277 В для силовых соединителей
- Силовые и интерфейсные разъёмы в одинаковых корпусах
- Удобный и быстрый механизм фиксации Push/pull

-40...+120°C

IP66

IP68

IP69K

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ VULGIN НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ И СТРАН СНГ**

**ProCHIP**  
POWERED BY PROSOFT

Активный компонент вашего бизнеса

ТЕЛ.: (495) 232-2522 / ФАКС: (495) 234-0640 / INFO@PROCHIP.RU / WWW.PROCHIP.RU



Реклама

# Быстрое внедрение технологий PAM-4 в различных приложениях

Фанги Рао, Хейди Барнс, Keysight Technologies, Inc.

В статье речь идёт о PAM-4 – это технология кодирования, используемая в высокоскоростных последовательных каналах на объединительных платах, передающих данные со скоростью более 56 Гбит/с на канал. Её способность обеспечивать повышенную скорость передачи данных при том же качестве канала даёт существенную экономию, которая выражается в стоимости приобретённого оборудования.

Приёмники и передатчики, использующие новые технологии, уже продемонстрировали жизнеспособность сквозных каналов PAM-4. В результате в настоящее время вплотную рассматривается возможность применения этой технологии в новом поколении стандартов OIF и IEEE. Но чтобы в полной мере воспользоваться преимуществами кодирования PAM-4, нужно создать и проверить новые измерительные и моделирующие системы для этой технологии.

## Что такое PAM-4

Любая система, построенная на технологии PAM-4, включает канал связи между передатчиком (Tx) и приёмником (Rx). Компоненты последовательного канала нужно проверять на возможность их применения с таким многоуровневым кодированием. Стандарты IEEE и OIF предлагают формулы частотной зависимости потерь и перекрёстных помех для входных/выходных соединителей и кабелей, но не дают прямой корреляции с реальной статистикой открытия глазковой диаграммы. Эту информацию можно получить либо путём измерения сигналов сквозного канала, либо с помощью моделирования канала.

В ходе измерений сквозного канала генерация сигналов PAM-4 выполняется либо специализированным устройством, собранным из дискретных компонентов, либо высококачественным

генератором сигналов произвольной формы. Схема измерения содержит серийно выпускаемый генератор сигналов PAM-4, физический высокоскоростной канал и цифровой осциллограф, используемый для захвата данных. Приёмник цифрового стробоскопического осциллографа содержит аппаратную схему восстановления тактовой частоты из данных (CDR), а также использует несколько методов программной коррекции (CTLE, DFE, FFE) для открытия глазка при выполнении измерений в зашумлённых каналах. Кроме того, измерения, выполненные с помощью осциллографа, включают методы последующей обработки, используемые для выполнения базового анализа сигналов. Моделирование сигналов PAM-4 выполняется по методу IBIS-AMI с помощью генератора сигналов IBIS-AMI, модели канала с S-параметрами и программного обеспечения удалённого доступа для восстановления данных приёмника.

Затем этот базовый сквозной канал PAM-4 используется для проверки корреляции между моделью и измерением. Такие базовые измерения, как высота глазка, его ширина и коэффициент битовых ошибок (BER), дают хорошую отправную точку для корреляции реальных параметров с результатами моделирования, хотя анализ отношения сигнала к шуму (С/Ш) зачастую позволяет быстрее оценить качество сигнала.

## ФИЗИЧЕСКИЙ КАНАЛ

Чтобы продемонстрировать процесс сопоставления результатов моделирования и измерения, который позволяет оценить пригодность компонента для применения в последовательном канале PAM-4, мы использовали кабель с разъёмами QSFP28. Разъём для печатной платы QSFP28 представляет собой счетверённый компактный соединитель с полосой пропускания 28 Гбит/с на канал. Рассматриваемый физический канал использует непосредственно подключённый медный кабель. Этот кабель совершенно пассивен, поскольку не выполняет никакой обработки, усиления или коррекции сигнала. Он просто передаёт данные. Применение такого кабеля определяется свойствами канала в целом. Промышленные стандарты описывают такой сквозной канал и определяют допустимые потери в кабеле, разъёме печатной платы и в переходных платах модуля (MCB). Чем толще проводники, тем меньше потери на высоких частотах, и тем длиннее могут быть кабели.

Сквозной канал или тестируемое устройство (TU), используемое для проверки корреляции между моделированием и измерением для многоуровневого кодирования PAM-4, показан на рисунке 1. Генератор сигналов передаёт по каналу скорректированный сигнал, а осциллограф захватывает данные на другом конце и может применять дополнительную коррекцию для получения диаграмм с открытым глазком. Используемый четырёхканальный кабель с одинаковыми парами имеет длину 3 м и сечение проводников 0,05 мм<sup>2</sup> (30 AWG).

На переходных платах все высокоскоростные соединения 28 Гбит/с доступны через разъёмы 2,92 мм. На рисунке 2 показана нумерация контактов разъёма QSFP+ для двух используемых в измерении дифференциальных пар приёма-передачи, что позволяет анализировать перекрёстные помехи на дальнем конце. На рисунке 3 показана измеренная кривая вносимых потерь для переходной платы, использующей простое проходное соедине-

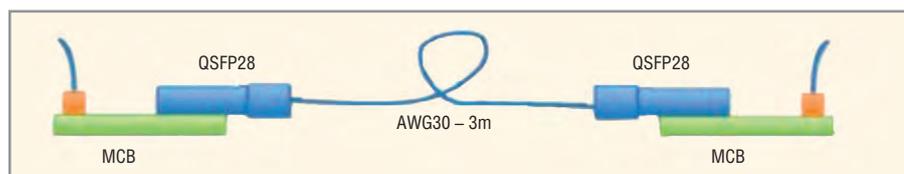


Рис. 1. Сквозной канал с разъёмами QSFP28 и переходные платы (MCB)

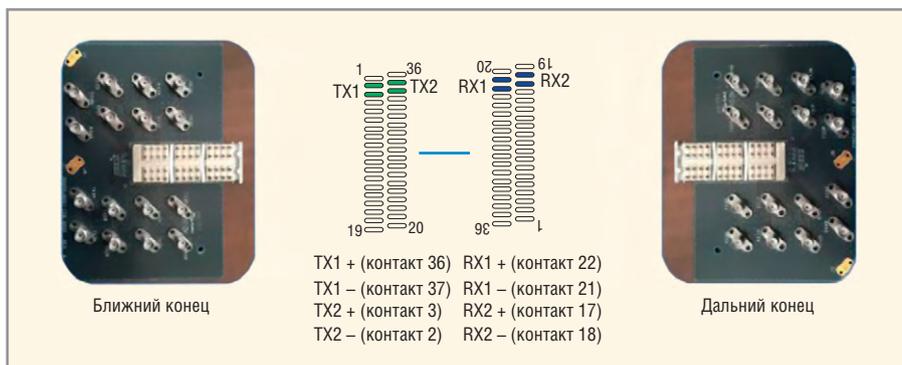


Рис. 2. Назначение контактов в схеме измерения

ние, длина которого вдвое превышает длину сигнального тракта QSFP28. Данные демонстрируют отсутствие резонансов в диапазоне до 21 ГГц (до полутора частот Котельникова для тактовой частоты 14 ГГц), что подтверждает соответствие свойств материала печатной платы и разъёмов 2,92 мм требованиям данного приложения.

**ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕСТИРУЕМОГО УСТРОЙСТВА**

Для измерения параметров высокоскоростной передачи пассивных кабелей можно использовать различные приборы, такие как векторный анализатор цепей (VNA), измеритель отражённого/прямого сигнала (рефлектометр) во временной области (TDR/TDT) или тестер коэффициента битовых ошибок (BERT). Все типы приборов и используемые ими методы измерений имеют свои достоинства и недостатки.

В данном приложении кабель имеет слишком большую длину для скорости передачи данных 28 Гбит/с. Поэтому при измерении, скорее всего, будут зарегистрированы большие потери. Эти потери можно измерить только прибором с достаточно широким динамическим диапазоном, таким как векторный анализатор цепей. Для измерения распределённых параметров иссле-

дуемого канала был выбран анализатор с полосой пропускания 67 ГГц. График дифференциальных потерь для двух пар (см. рис. 2) длиной 3 м и сечением 0,05 мм<sup>2</sup> (30 AWG) показан на рисунке 4.

Данные S-параметров канала сохранялись в формате Touchstone 1.0, который поддерживается всеми векторными анализаторами цепей высшего класса и легко импортируется в средства моделирования каналов. Файл в формате Touchstone представляет собой обычный текстовый файл и предназначен для документирования параметров N-портовых линейных устройств, таких как пассивные кабели. Экспортированный файл представляет собой файл в формате s8p, содержащий данные о перекрёстных помехах на дальнем конце. Однако в начальных тестах учитывался лишь один проходной канал с отключёнными источниками помех и оконечной нагрузкой 50 Ом. В результате файл был преобразован в формат s4p для моделирования канала.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ PAM-4**

Все модели AMI, используемые для моделирования канала PAM-4, создавались так, чтобы отражать поведение передатчика (Tx) и приёмника (Rx). Каждая модель содержит анало-

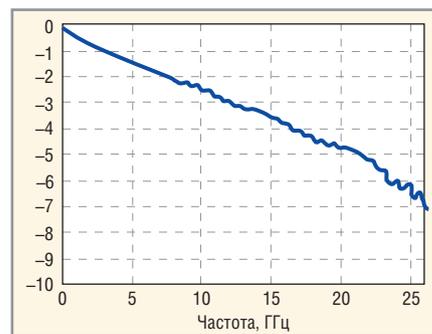


Рис. 3. Кривая вносимых потерь проходной линии на MCB (удвоенная длина трассы до разъёма)

говую часть и алгоритмическую часть. В модели Tx аналоговая часть охватывает выходной импеданс, а алгоритмическая часть – коррекцию Tx. В модели Rx аналоговая часть охватывает входную нагрузку, а алгоритмическая часть – коррекцию Rx и CDR. В данном приложении корректор Tx представляет собой трёхзвенную схему FFE, тогда как модель Rx реализует CTLE, DFE и CDR, чтобы представить обработку данных, выполняемую осциллографом.

Предполагается, что аналоговая модель Tx, физический канал и аналоговая модель Rx линейны, не зависят от времени и могут быть описаны комбинированной импульсной характеристикой аналогового канала, обозначаемой как hAC. В процессе моделирования на алгоритмическую модель Tx подавался четырёхуровневый прямоугольный сигнал, представляющий собой сигнал PAM-4. Для получения входного сигнала алгоритмической модели Rx выполнялась свёртка выходного сигнала Tx с характеристикой hAC. Модель Rx возвращает скорректированный сигнал и выходной сигнал CDR, который используется для построения глазка PAM-4 и расчёта коэффициента символьных ошибок (SER). Описанный процесс моделирования показан на рисунке 5.

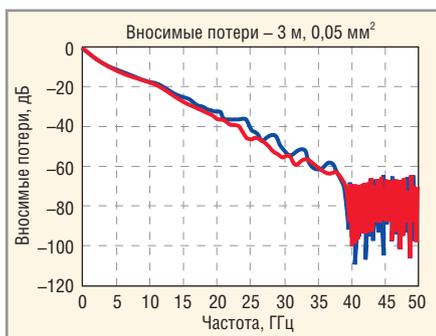


Рис. 4. Дифференциальные вносимые потери (3-метровый кабель с проводниками сечением 0,05 мм<sup>2</sup> (30 AWG))

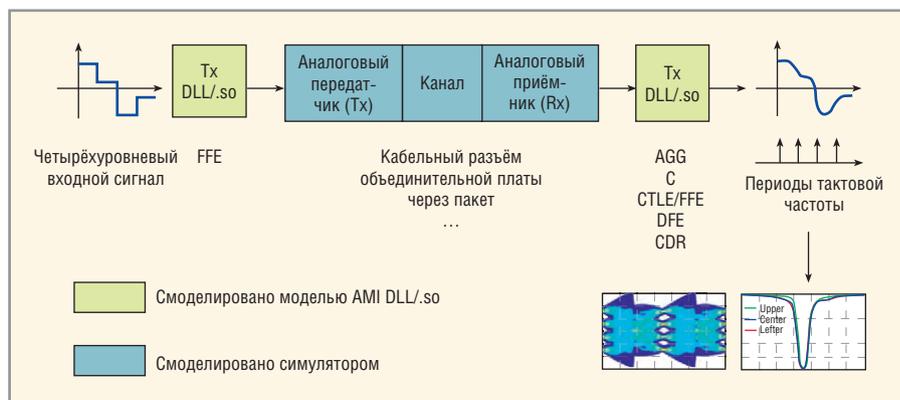


Рис. 5. Схема моделирования канала PAM-4 IBIS-AMI

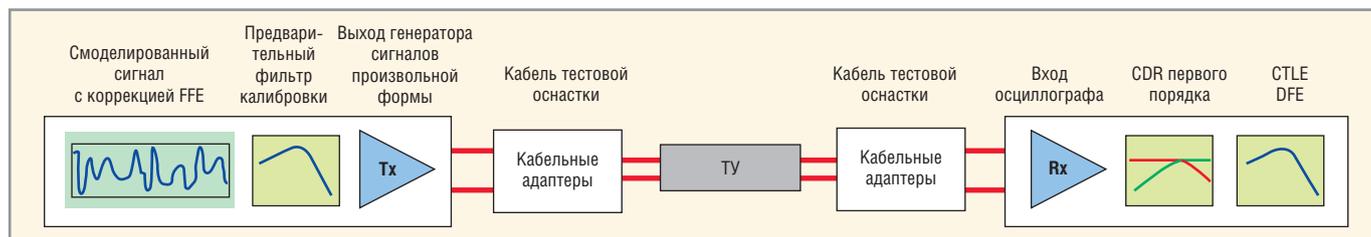


Рис. 6. Структурная схема измерения

Чтобы проанализировать параметры канала PAM-4 при разных уровнях сигнала, для каждого из трёх глазков рассчитывался SER. Для верхнего, среднего и нижнего глазка SER измерялся между символами 3 и 2, 2 и 1, 1 и 0 соответственно. Для каждого глазка генерировался один набор U-образных кривых и контуров SER.

### ИЗМЕРЕНИЕ СИГНАЛОВ PAM-4

Теперь, когда мы рассмотрели схему измерений, нужно описать измерение параметров компонента, предназначенного для применения в системе с кодированием PAM-4. Целью является проверка измерительной схемы, которую можно было бы сопоставлять с моделью. На первый взгляд это может показаться простым делом, но слишком часто отсутствие калибровки и неправильный выбор эталонных плоскостей делает эту задачу очень сложной при скоростях передачи в несколько гигабит. Решение заключается в применении моделирования и измерений для выполнения перекрёстной проверки, которая позволит убедиться в достоверности результатов измерения и моделирования.

Процесс измерения показан на рисунке 6. В первую очередь надо учесть подключение к тестируемому устройству (ТУ), в качестве которого в нашем случае используется кабель QSFP28 с переходными платами. Канал PAM-4 будет обладать значительными потерями на больших скоростях, не говоря уже о меньшем значении C/Ш, которое вытекает из применения многоуровневых сигналов при том же размахе напряжения. Кроме того, нужно откалибровать потери в коаксиальном кабеле, подключённом к ТУ. Для калибровки потерь в соединительных кабелях используются методы калибровки приборов. Это позволяет исключить этапы добавления/исключения при моделировании и минимизирует число отличий результатов моделирования и измерения. Существуют надёжные математические методы «исключения» влияния тестовой оснастки, но на практике оказывают влия-

ние теория квантования, междоменные преобразования и проблемы допусков, которые могут вносить свои погрешности при сравнении результатов моделирования и измерения.

Следующая проблема заключается в проверке соответствия используемого в моделировании сигнала Tx сигналу, используемому в измерении. И снова решающее значение здесь имеет простота. В идеале было бы неплохо использовать в симуляторе модель передатчика, однако для PAM-4 эта задача нетривиальна. PAM-4 представляет собой новую технологию, использующую закрытые конструкторские решения, для которых отсутствуют стандартные методы генерации. Вследствие этого выбор моделей выпускаемых изделий очень мал. Если используется модель PAM-4 собственной разработки, то нет никаких гарантий, что канал будет вести себя одинаково для моделей разных производителей. Кроме того, сигнал передатчика PAM-4 должен включать сложную коррекцию, например, FFE (коррекция с прямой связью), для компенсации больших потерь на частоте Котельникова сигнала PAM-4 и открытия глазка в приёмнике. Открытие глазка в приёмнике позволяет CDR синхронизироваться с сигналом для выполнения измерений.

Чтобы обеспечить согласованность и гибкость оценки корреляции модели с результатами измерений для исследуемого приложения, генерируемый в симуляторе выходной сигнал Tx сохраняется в файле, загружается в генератор сигналов произвольной формы и передаётся в канал для измерения. Благодаря применению генератора сигналов произвольной формы, этот подход не только гарантирует применение одного и того же входного сигнала в измерении и моделировании, но и позволяет определить простую модель IBIS AMI PAM-4 Tx за счёт обработки трёхзвенной схемой FFE положительных и отрицательных перепадов битовой последовательности. Реальные перепады модели могут быть идеальными, поскольку это не реаль-

ное устройство. Настройку длительности перепада можно выполнять с помощью подключённой к выходу модели Tx AMI сосредоточенной ёмкости.

Симулятор использует эту простую модель PAM-4 Tx, чтобы настроить положительный перепад и схему FFE для измерения кабеля QSFP28. При настройке положительного перепада надо учитывать типовые значения для заданной скорости передачи и возможности аппаратной части генератора сигналов произвольной формы. И снова ключевым фактором здесь является простота. Если начать с перепадов с медленным нарастанием, хорошо укладывающихся в пределы регулирования генератора, то это уменьшит отражения/звоны, которые не захватываются используемой в симуляторе простой моделью Tx. Хотелось бы, конечно, чтобы генератор точно воспроизводил моделируемый сигнал и не выходил при этом за пределы регулирования. Чтобы учесть влияние соединительных кабелей тестовой оснастки и обеспечить нужный сигнал на входе приёмника или, в данном случае, осциллографа, используются функции калибровки генератора сигналов произвольной формы. Небольшие отклонения длительности положительных и отрицательных перепадов, уровня амплитуды, шума и случайного джиттера в симуляторе можно скорректировать за счёт применения простой тактовой последовательности.

Затем нужно решить, следует ли использовать осциллограф реального времени или стробоскопический осциллограф (эквивалентного времени). Осциллограф реального времени может захватывать сигналы с очень высокой частотой дискретизации. Это очень полезно, когда вы впервые включаете оборудование PAM-4 и видите только полностью закрытый глазок, чтобы по захваченному сигналу понять, какая нужна коррекция. Однако осциллографы реального времени, как правило, очень дорогие, если сравнивать их стоимость с ценой стробоскопических



Рис. 7. Подача калиброванного PAM-4 сигнала с коррекцией FFE на тестируемое устройство

осциллографов с той же полосой пропускания. Стробоскопическому осциллографу нужен периодически повторяющийся сигнал, чтобы он мог делать выборки сигнала в разные моменты времени и точно воспроизводить весь сигнал. Точность стробоскопических осциллографов эквивалентного времени, малое отношение С/Ш и специализация на работе с периодически сигналами делает их идеальными приборами для измерения компонентов пассивных каналов и сравнения полученных результатов с результатами моделирования.

Чтобы упростить сопоставление результатов измерения Rx, полученных на стробоскопическом осциллографе, с результатами моделирования, можно воспользоваться функциями калировки осциллографа. Осциллограф можно настроить так, чтобы имитировать заданную полосу и топологию CDR, что позволяет использовать в симуляторе универсальную модель Rx AMI. Осциллограф можно настроить на имитацию простой системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) первого порядка с петлевой полосой пропускания, настраиваемой в соответствии с заданной скоростью передачи данных. На скорости 12,5 Гбит/с (6,25 Гбод) петлевая полоса пропускания устанавливается на 3,25 МГц. На скорости 25 Гбит/с она устанавливается на 7,5 МГц. Чтобы получить плоскую групповую задержку, можно настроить АЧХ приёмника стробоскопического осциллографа в соответствии с характеристикой фильтра Бесселя четвёртого порядка, что позволит избежать пульсаций амплитуды из-за ограничения полосы пропускания прибора.

Теперь, после выбора генератора сигналов произвольной формы в качестве передатчика, QSFP28 в качестве тестируемого устройства и стробоскопического осциллографа эквивалентного

времени в качестве приёмника, можно выполнить реальное измерение. Начав с чистого сигнала PAM-4 без коррекции, мы определяем, что после длинного трёхметрового кабеля QSFP28 глазок полностью закрыт даже на малой скорости 12,5 Гбит/с (6,25 Гбод). Таким образом, для тестирования канала PAM-4 нужно добавить коррекцию. Моделирование упрощает оптимизацию трёхзвенной схемы FFE для снижения потерь в кабеле QSFP28. Затем этот скорректированный сигнал Tx загружается в генератор и измеряется осциллографом, чтобы убедиться, что смоделированный сигнал Tx с коррекцией FFE соответствует воздействию сигналу Tx, используемому в измерении. Дополнительно в симуляторе можно настроить параметры амплитуды, уровень шума и случайный джиттер, что позволяет учесть незначительные отличия от генерируемого сигнала.

После этого калиброванный PAM-4 сигнал с коррекцией FFE подаётся на тестируемое устройство, в качестве которого выступает трёхметровый кабель QSFP28 (см. рис. 7), и наблюдается желанный открытый глазок в приёмнике, как в симуляторе, так и в измерении. На рисунке 7 смоделированный сигнал Tx (слева сверху), обработанный трёхзвенной схемой FFE, экспортирован в генератор сигналов произвольной формы, который генерирует измерительный сигнал Tx (слева внизу). Затем сигнал Rx, принятый на выходе канала тестируемого устройства осциллографом (справа внизу), сравнивается с моделируемым сигналом Rx (справа сверху). На рисунке 8 показано непосредственное сравнение смоделированной и измеренной глазковой диаграммы на стороне приёмника. Обратите внимание, что при этом первом испытании на скорости 12,5 Гбит (6,25 Гбод) с последовательностью PRBS7 наблюдается хорошее согласование модели с измерением.

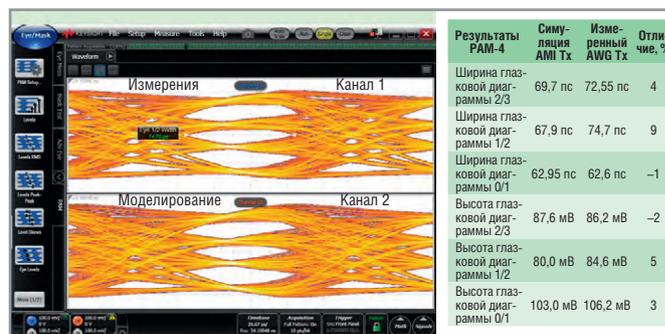


Рис. 8. Сигнал на входе приёмника, включая ТУ с трёхзвенным FFE: сверху – результат измерения в канале 1А; внизу – результат моделирования в канале 2А

И, наконец, нужно определить лучший метод количественной оценки корреляции модели и измерения. Традиционно, измеренные данные всегда подвергались последующей обработке в среде моделирования, однако современные измерительные приборы содержат уникальные инструменты для быстрого измерения и анализа захваченных сигналов. Мгновенное сопоставление результатов моделирования и измерения в измерительном приборе позволяет отображать смоделированные данные в том же виде, в котором отображаются результаты отбраковки «годен / не годен» в процессе производства.

Здесь можно легко использовать заданные при измерении ширину и высоту глазка для сравнения результатов моделирования и измерения. Такое сопоставление модели с измерением на малых скоростях передачи позволяет проверить методологию и гарантирует, что её можно применить к более высоким скоростям и большим потерям в канале.

Возможность моделировать сигналы с коррекцией FFE в среде симулятора, а затем использовать именно эти сигналы в генераторе сигналов произвольной формы в реальном измерении, позволяет получить великолепную корреляцию модели и измерения для последовательного канала PAM-4. Ключ к успеху здесь кроется в том, чтобы начать с простого случая и убедиться, что отличия между моделью и измерением минимальны. Чтобы проверить методологию, скорость передачи данных следует уменьшить. Затем скорость передачи данных можно повысить и добавить дополнительную коррекцию для компенсации больших потерь. Анализируя генерацию сигнала и измерение сквозного канала PAM-4, инженер лучше понимает, какие элементы наиболее важны для обеспечения корреляции модели с измерением для многоуровневых сигналов.

# Зачем переходить с P-CAD на Altium Designer?

Егор Чириков (Москва)

Российские пользователи начинали осваивать компьютерные средства проектирования печатных плат с P-CAD, и очень многие используют эту САПР по сей день. В статье рассмотрен вопрос, зачем пользователям P-CAD переходить на Altium Designer. Описаны преимущества и представлено, в чём конкретно заключается удобство работы с программой Altium Designer

## ALTIUM DESIGNER – ТРАДИЦИИ В ДУХЕ ВРЕМЕНИ

Конкурентоспособность на внешнем и внутреннем рынке вновь создаваемой и модифицируемой радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) определяется, во-первых, инновационной идеей её функционирования, во-вторых, своевременным выходом на потребительский рынок. Сокращение сроков создания изделий в основном достигается за счёт сокращения времени проектирования, что в свою очередь, не должно отражаться на качестве изделия.

На протяжении долгого времени в промышленности России и стран СНГ наиболее популярной среди САПР печатных плат (ПП) была программа P-CAD, разработанная компанией Personal CAD Systems Inc. Она стала своего рода эталоном для российских предприятий в части проектирования топологии. Позднее P-CAD была приобретена компанией Altium Limited и, после выпуска P-CAD 2006 SP2 в 2006 г., компания Altium официально заявила о прекращении разработки данного продукта, а в 2008 г. – вовсе о прекращении его поставки. Взамен системы P-CAD разработчикам была предложена САПР Altium Designer.

Первые версии Altium Designer появились в начале 1980-х гг. Изначально программа называлась Protel и позднее была переименована в Altium Designer. Благодаря хорошему продвижению и удобному интерфейсу программа вошла в число наиболее популярных САПР во всём мире.

Одним из самых трудоёмких этапов проектирования РЭА является этап проектирования ПП. Выбор программного инструмента проектирования (САПР) ПП напрямую определяет эффективность труда инженерного персонала. Большинство разработчиков РЭА России и стран СНГ, понимая эту простую истину, перешли на САПР Altium Designer.

## ПРИЧИНЫ ПЕРЕХОДА НА ALTIUM DESIGNER

Но зачем пользователям P-CAD переходить на Altium Designer? Почему давно пора забыть P-CAD и в чём конкретно заключается удобство работы с программой Altium Designer? Далее проведено сравнение двух продуктов и описаны возможности Altium Designer.

### Функциональные возможности Altium Designer

Использование Altium Designer позволяет проектировать современную конкурентоспособную РЭА, характеризующую сложными алгоритмами функционирования, достигаемыми за счёт применения:

- большого количества электронных компонентов;
- электронных компонентов высокой степени интеграции;
- высокоскоростных интерфейсов (DDR2, DDR3, LVDS и т.п.);
- сложных конструкций ПП.

Компания Altium Limited в рамках одной программы Altium Designer объединила:

- схемотехническое проектирование;
- работу с ПЛИС;
- топологическое проектирование ПП;
- управление проектными данными;
- создание и проверку правил и ограничений;
- интеграцию цепочек поставки;
- взаимодействие с MCAD-системами;
- формирование конструкторской документации;
- формирование данных для производства.

Все эти элементы интегрированы в единый интерфейс, что помогает пользователю просто и быстро переключаться между проектными задачами. При этом Altium Designer автоматически выводит команды и инструменты, необходимые для данной конкретной задачи, а гибкие настройки позволя-

ют отрегулировать рабочее пространство под индивидуальные потребности и привычки разработчика.

### Интерфейс

Одним из основных достоинств Altium Designer безусловно является простота и понятный интерфейс. Даже начинающий пользователь, у которого есть начальный опыт работы в других САПР, сможет сравнительно быстро научиться работе в Altium. Система управления в программе интуитивна и основана на стандартах большинства приложений, работающих под ОС Windows. Важной особенностью данной САПР является единое окно для всех редакторов, входящих в неё. Если в P-CAD каждый редактор запускался как самостоятельное приложение, то в Altium всё интегрировано в единую программную оболочку под названием DXP. Это не мешает пользователю размещать на отдельных мониторах разные редакторы. Между редакторами работают механизмы перекрёстного выделения и поиска.

Тридцатилетний опыт компании показывает, что это самый эффективный способ разработки электроники, который применим как в индивидуальной работе, так и для работы всей проектной группы. Несколько инженеров могут одновременно работать над различными аспектами одного и того же проекта, используя один и тот же интерфейс, при этом не тратя времени на передачу проектных данных между разными модулями разработки.

Многие операции, которые в P-CAD приходилось выполнять вручную, в Altium автоматизированы. Важным инструментом здесь являются рабочие панели, такие как Files, Projects, Libraries и др. Свойства каждого объекта можно быстро изменить на панели Inspector. Удобной функцией является поиск подобных объектов (Find Similar Objects), который, в сочетании с Inspector, позволяет быстро и эффективно изменять свойства для большого числа объектов на схеме, плате и в библиотеке. Практически на все часто используемые команды в Altium есть горячие клавиши. Для каждого типа объектов список горячих клавиш всегда доступен через клавишу «~». Это очень

удобно, так как не требуется много времени на поиск соответствующего раздела в документации к программе. Основные разделы документации переведены на русский язык, а сама она выложена на Интернет в свободном доступе [1].

**Лицензии**

Компания Altium предоставила для своих пользователей простую, но в то же время гибкую систему лицензирования. На текущий момент в Altium существует три основные конфигурации по функционалу:

- бесплатный Altium Designer Viewer для просмотра файлов Altium без возможности их редактирования;
- Altium Designer SE – комплектация только для разработчиков схем с поддержкой моделирования на языке SPICE и VHDL, поддержкой аппаратной платформы NanoBoard для отладки программного кода ПЛИС;
- полный комплект Altium Designer, включая редактор топологии и подсистему анализа целостности сигналов.

В свою очередь все конфигурации лицензий имеют три варианта установки на рабочие места:

- Standalone (одиночная) – лицензия даёт право работы только на одном рабочем месте, на котором активирована данная лицензия (авторизация лицензии может быть выполнена либо с сервера Altium, либо через файл лицензий);
- Private Server (сетевая) – лицензия даёт право работать на том количестве мест, которое указано в лицензии (авторизация выполняется через сервер лицензий, который установлен в локальной сети);
- On Demand (удалённая) – лицензия даёт право работать на любом рабочем месте, на котором выполнена авторизация (авторизация возможна только через интернет).

Такой подход лицензирования решает три основные задачи (просмотр готового проекта, работа схемотехников, работа топологов) и даёт пользователю возможность выбирать удобный способ распределения лицензий на рабочие места.

Чтобы сделать переход на Altium Designer более привлекательным для российских пользователей, компания Altium Limited объявила о начале действия спе-

циального предложения по переходу на Altium Designer с P-CAD. В рамках акции те пользователи, у которых уже установлено лицензионное программное обеспечение P-CAD, смогут перейти на полнофункциональную версию системы Altium Designer по специальной стоимости, которая на 50% ниже рекомендованной цены ключевого решения компании (с подпиской на обновления и технической поддержкой сроком 12 месяцев с момента приобретения).

**Экспорт в сторонние программы и импорт**

Возможность передавать данные в сторонние программы и импортировать из них в Altium Designer также является сильной стороной программы. Поддерживается большое количество различных форматов файлов для импорта/экспорта.

Altium предоставляет возможность импортировать проекты и библиотеки, ранее созданные в других программах. Для этой задачи Altium Designer предлагает специальный мастер импорта данных из других систем, таких как Cadence OrCAD/Allegro, Mentor PADS/Expedition и др.

**Специальные предложения по Altium Designer от компании «Родник»!**

Компания «Родник», официальный реселлер компании Altium Ltd., сообщает об акции по переходу с программы P-CAD на современную систему проектирования электронных устройств Altium Designer.

В рамках акции вы можете обновить P-CAD до Altium Designer по специальной цене. Под акцию попадают коммерческие лицензии программы P-CAD, а также Сертификаты на P-CAD, приобретенные в рамках программы легализации.

Комплексный пакет разработки электронных устройств на базе печатных плат и ПЛИС Altium Designer позволяет разработчикам вести совместный проект, начиная с создания принципиальной схемы, до подготовки проектов к производству. Выбор данного пакета будет наиболее оптимальным для пользователей программы P-CAD, широко известной и распространенной в России и на территории стран бывшего СССР.

Также действует специальное предложение по поддержке малого и среднего предпринимательства. В рамках акции вы можете приобрести лицензии Altium Designer по специальной цене.

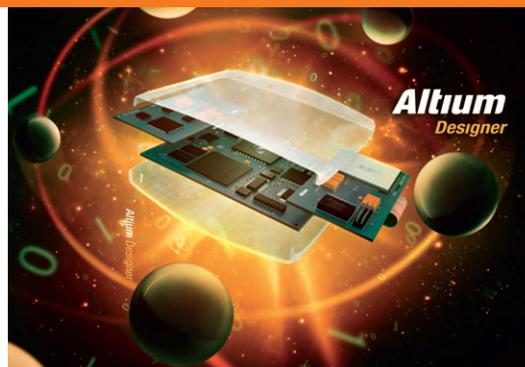
Согласно данному специальному предложению предприятия получают возможность приобрести постоянную лицензию Altium Designer на выгодных условиях и получить право на использование P-CAD 200x сроком на 12 месяцев с момента приобретения.

Приобретенные сертификаты на P-CAD в рамках предложения по поддержке малого и среднего предпринимательства подлежат обмену на полнофункциональный Altium Designer в течение 12 месяцев с момента приобретения по специальной цене.

Указанным специальным предложением могут воспользоваться все предприятия, подпадающие под критерии субъектов МСП согласно Федеральному закону «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации» от 24.07.2007 N 209-ФЗ (действующая редакция, 2016).

Подробности можно узнать у сотрудников отдела САПР компании «Родник».

Адрес компании: Россия, 117556, г. Москва, Нахимовский проспект, 1, корп. 1, тел.: (499) 613-7001, e-mail: sales@rodnik.ru, www.rodnik.ru



Для российского пользователя важно наличие хорошего транслятора проектов и библиотек P-CAD, который обеспечивает наиболее плавный переход. Разработчики компании Altium понимают важность подобного функционала и оказывают поддержку всем клиентам, переходящим на Altium Designer, в особенности при переходе с P-CAD. Хорошее знание обоих продуктов специалистами компании-разработчика позволяет предложить безболезненный переход на новый продукт. На сайте компании представлена подробная пошаговая инструкция импортирования проекта и библиотек из P-CAD в Altium [2].

### Библиотеки компонентов

Идеология библиотек Altium Designer отличается от концепции, представленной в P-CAD. Основная идея заключается в том, что символ, созданный в редакторе символов, по сути, является компонентом. Атрибуты компонента – это атрибуты символа. К такому компоненту могут быть подключены модели для реализации в соответствующих прикладных областях: Footprint – для ПП, IBIS – для анализа целостности сигналов, SPICE – для моделирования.

Создавая такую концепцию, в Altium решали задачу максимального упрощения процесса разработки.

Также существует несколько различных вариантов организации библиотеки.

- Project Library (библиотека проекта). В этом случае внутри проекта находятся минимум два файла, один из которых содержит символы, другой – посадочные места (ПМ). Такая библиотека удобна, когда всю разработку от схемы до платы ведёт один исполнитель.
- Integrated Library (интегрированная библиотека, ИБ). Предварительно созданные библиотеки символов и ПМ собираются в один файл (заархивированы), и могут быть использованы для работы в разных проектах. Только интегрированная библиотека обеспечивает целостность создаваемой базы, т.к. при компиляции происходит проверка на факт соответствия символов и посадочных мест, которые к ним подключены.
- Database Library (библиотека в виде базы данных, БД). В этом случае файл библиотеки представляет собой интерфейс связи с внешней БД (Access, Excel и др.), в которой для каждого компонента прописан символ, ПМ, а также другие модели и атрибу-

ты. Такой подход считается наиболее правильным, т.к. позволяет заниматься администрированием библиотеки и синхронизировать её с другими БД предприятия (например, склад).

- Component Library (библиотека Vault). Библиотеки формируются с использованием Altium Vault, который расширяет функционал управления библиотечными компонентами, предоставляя такие возможности, как: управление компонентами и их ревизиями, управление жизненным циклом компонента, работа с поставщиками компонентов, отслеживание применимости компонента в проектах и т.п.

### Управление контролем версий

В современном процессе проектирования не обойтись без сетевых решений и возможностей многопользовательского доступа. На большинстве предприятий библиотечные базы выложены на общедоступном сервере (Проектное хранилище), на котором, к тому же, хранятся и текущие разработки. Проектное хранилище является центральным хранилищем, из которого члены проектной группы могут получать данные и возвращать их. При этом ведётся полная история всех вносимых изменений. Таким образом, проект хранится в виде последовательности версий исходного проекта и исходных документов, постепенно формируя представление замысла проектировщиков. Использование проектного хранилища с контролем версий позволит гарантировать, что ни одна версия проекта не будет утрачена. Это позволит безопасно работать над одним проектом нескольким членами проектной группы, которая может быть географически распределённой.

В рамках системы управления проектными данными Altium Designer поддерживается создание проектных хранилищ, использующих систему контроля версий Subversion или CVS [1]. В свою очередь для выполнения синхронизации версии проекта на локальном и сетевом ресурсах используется специальная панель Storage Manager. На этой панели показаны все сохранения и статусы синхронизации документов, благодаря чему администратор системы всегда может отследить, кто из пользователей и когда вносил изменения в проект, сравнить две разные версии проекта и сделать при необходимости откат на более раннюю версию.

Дополнительно к Altium Designer может быть подключена программа

Altium Vault, которая значительно расширяет функционал управления данными в Altium.

### Интерактивные помощники и визуализация

При проектировании плат и заполнении библиотек пользователю часто приходится выполнять много однотипных операций. В программе Altium Designer все процедуры, которые можно свести к строгому алгоритму действий, реализованы в виде помощников (Wizard). Помощники могут быть использованы при создании компонентов (Symbol) и их моделей (SPICE, Footprint), правил проектирования, дифференциальных пар, контура платы и т.д. Для упрощения работы в Altium Designer термины во многих диалоговых окнах иллюстрируются. Например, при создании модели посадочного места (Footprint) пользователь всегда видит картинку, визуальную представляющую настройки конкретного шага мастера (см. рис. 1).

### Поддержка ПЛИС

Использование ПЛИС в современной радиоэлектронике становится обыденностью. Одна микросхема по своим функциональным возможностям заменяет целый узел схемы, занимая при этом на ППП совсем немного места. Создание программы для ПЛИС и разработка схемы зачастую ведутся параллельно, а уже после начинается процесс разработки платы. В настоящее время для программирования ПЛИС используются системы проектирования, предлагаемые самими производителями ПЛИС, причём эти системы никак не связаны с САПР ПП. Поддерживая системный подход в проектировании, Altium Designer предлагает единую среду, в которой можно разрабатывать и проекты на базе ПЛИС. Встроенные в Altium Designer синтезатор и логический анализатор позволяют провести полный цикл программирования ПЛИС. При этом сохраняется связь со схемой, в которой используется эта ПЛИС, и платой, где эта ПЛИС установлена. Это позволяет безболезненно вносить изменения в любой документ и затем передавать их во взаимосвязанные документы на других этапах – из схемы в плату, из платы в ПЛИС и т.д.

### Иерархические и многоканальные схемы

С появлением ПЛИС и микроконтроллеров размер схемы существенно умень-

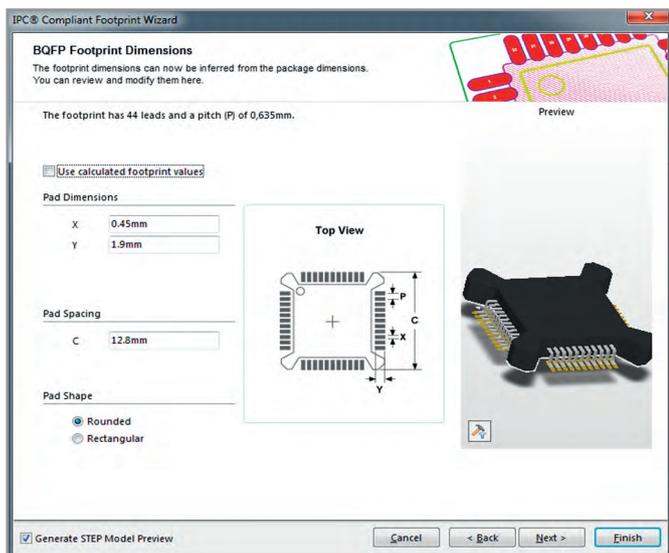


Рис. 1. Мастер создания посадочного места (Footprint)

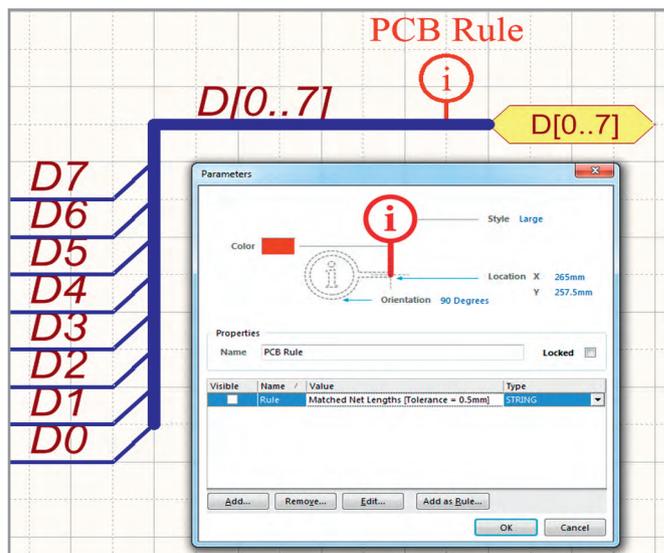


Рис. 2. Создание правила проектирования на схеме

шился, так как большая часть функций устройства стала реализовываться именно в микросхемах. Но, несмотря на это, современные схемы трудно уместить на одном листе. Если схема устройства реализуется на нескольких листах, то её можно назвать многостраничной. Листы могут просто увеличивать общую площадь схемы, но чаще с их помощью устройство делится на функциональные блоки. В российских стандартах для этого существует термин «функциональная группа» – совокупность элементов, выполняющих в изделии определённую функцию и не объединённых в единую конструкцию [3]. В практике зарубежных схемотехников каждый функциональный блок (группа) изображается на отдельном листе (листе нижнего уровня, или подчинённом), а взаимосвязь этих блоков – на листе верхнего уровня, или главном листе. Схема, содержащая листы верхнего и нижнего уровней, называется иерархической. Функциональный блок, в свою очередь, также может состоять из нескольких блоков, реализуя многоуровневую иерархию. Если один и тот же функциональный блок повторяется в схеме несколько раз, он выполняется на отдельном листе и повторно используется на главном. Такая схема будет считаться многоканальной. Altium Designer полностью поддерживает иерархическую и многоканальную методологию проектирования, которая распространяется от принципиальной схемы до ПП.

**Создание правил проектирования, классов цепей и дифференциальных пар на схеме**

Помимо создания правил проектирования, классов цепей и дифферен-

циальных пар на ПП, в Altium Designer имеется возможность их создания на схеме. В редакторе схем можно задавать правила, которые относятся к цепям или шинам. Для определения области применения правила достаточно «повесить» метку с правилом на нужную цепь или шину. Такой вариант актуален в случае установки правил для дифференциальных пар или шин, проводники которых должны быть выровнены по длине (см. рис. 2).

**Текстовая документация в соответствии с ЕСКД**

При развитии программы много внимания уделяется особенностям российского рынка, который имеет много специфических требований за счёт жёстких национальных стандартов. Всё чаще в Altium Designer начали появляться возможности для адаптации программы под ГОСТ.

В версии Altium Designer 15 появился новый плагин (Extension) для формирования текстовой документации в соответствии с ГОСТ (см. рис. 3).

Плагин по формированию текстовой документации содержит три базовых шаблона для спецификации, перечня элементов и ведомости покупных изделий. Все шаблоны доступны для редактирования графической части штампа и гибко настраиваются в плане порядка формирования отчётов. У пользователей имеется возможность указать любой уровень группировки компонентов, наименований разделов, шрифтов и других настроек. Для спецификации имеется возможность формирования дополнительных разделов, таких как Сборочные единицы, Детали и др.

**Редактор PCB**

Редактор PCB обладает большой гибкостью в настройках и продвинутыми инструментами интерактивной трассировки. Для того чтобы исключить ошибки или значительно снизить вероятность их появления, встроена уникальная система проверки ограничений. В редакторе PCB реализована методология трассировки с ограничениями. Поддерживаются все основные правила для высокоскоростных проектов: контроль дифференциальных пар, задержки сигналов, полная длина проводников и т.д.

Altium Designer одинаково хорошо работает как с метрической, так и с дюймовой системой мер, причём заложенная точность на два порядка выше, чем в системе P-CAD, а переключение системы единиц может быть выполнено в любой момент работы над проектом с помощью горячей клавиши.

Редактор PCB имеет ряд специальных функций, упрощающих работу с компонентами, имеющими разный шаг между выводами, в том числе и в разных системах единиц, поскольку имеет так называемую электрическую сетку (Electrical Grid), задающую некоторую окрестность вокруг электрического объекта (конца проводника, контактной площадки, переходного отверстия), попадая в которую указатель мыши притягивается точно к её центру независимо от установок сетки Snap Grid. Это существенно упрощает работу с разнородными компонентами. В других системах проектирования, как правило, проблемы начинаются, если на одной плате используются топологические посадочные места с метрическим и дюймовым шагом выводов.



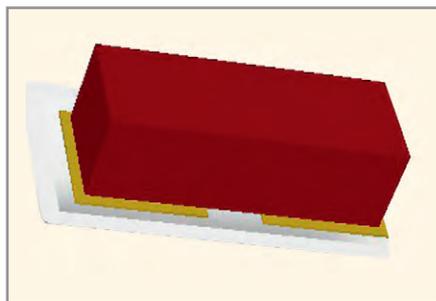


Рис. 4. Создание упрощённых 3D-моделей компонента

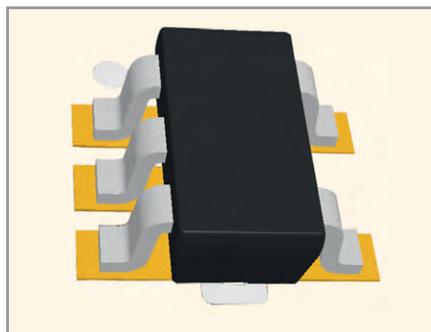


Рис. 5. 3D-модель компонента в формате STEP

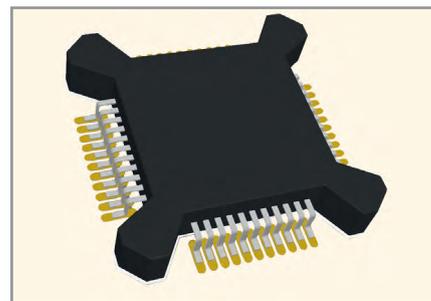


Рис. 6. 3D-модель компонента, созданная в IPC Compliant Footprint Wizard

отверстий, ширины трека, минимальных расстояний и дифференциальных пар. Также из Altium Designer можно импортировать несколько наборов слоёв (что присуще для гибко-жестких ПП, внести изменения согласно рассчитанному импедансу в ICD Stackup Planner и передать обратно в Altium Designer уже изменённый стек слоёв [4].

**Библиотеки контактных площадок и переходных отверстий**

Объекты Контактная площадка (КП) и Переходное отверстие (ПО) являются одними из основных элементов ПП, которые удобнее размещать с заранее настроенными параметрами.

Потребность в повторном использовании и стандартизации свойств КП и ПО при разработке проектов ранее регламентировалась только набором стандартов и соответствующих правил для каждого размещаемого КП и ПО (т.е. не могла проверяться автоматизированно).

В Altium Designer появились авто-создаваемые шаблоны КП и ПО, были добавлены библиотеки шаблонов и несколько панелей, связанных с их управлением. С добавлением библиотек, содержащих набор шаблонов контактных площадок и переходных отверстий для более простого повторного использования в новых и существующих проектах ПП, значительно улучшилось управление КП и ПО. Для управления такими шаблонами в РСВ появился новый редактор шаблонов Templates Editor и панель PCB Pad Via Templates (см. рис. 10).

**Создание чертежей**

В Altium Designer имеется редактор Draftsman (см. рис. 11), предназначенный для формирования чертежей на ПП, разработанные в программе. Его особенностью является прямая связь всех чертежей с файлом топологии. Все элементы чертежей, включая виды платы, таблицу сверловки, схему слоёв,

спецификацию, формируются автоматически на основе шаблона пользователя. Причём эти элементы интеллектуально зависимы и обновляются автоматически при внесении изменений в топологию. Ручная трансляция данных, как в случае с оформлением доку-

ментации через MCAD-систему, здесь исключена. Инженеру не требуется при частых изменениях постоянно экспортировать информацию в MCAD. Выноски на чертежах и изображениях установки компонентов могут содержать ссылки на технические требования.

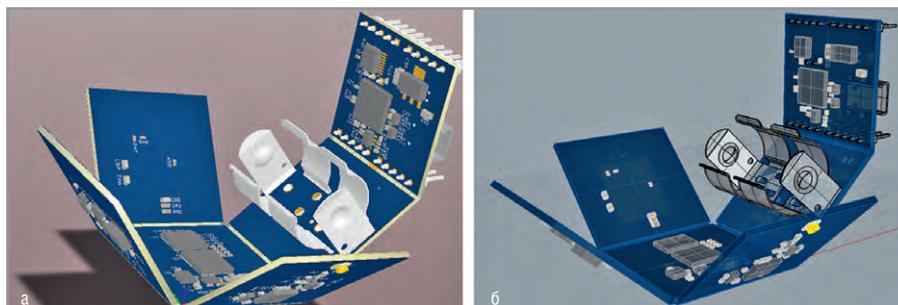


Рис. 7. 3D-модель платы: а – в Altium Designer; б – экспортированная в MCAD-систему

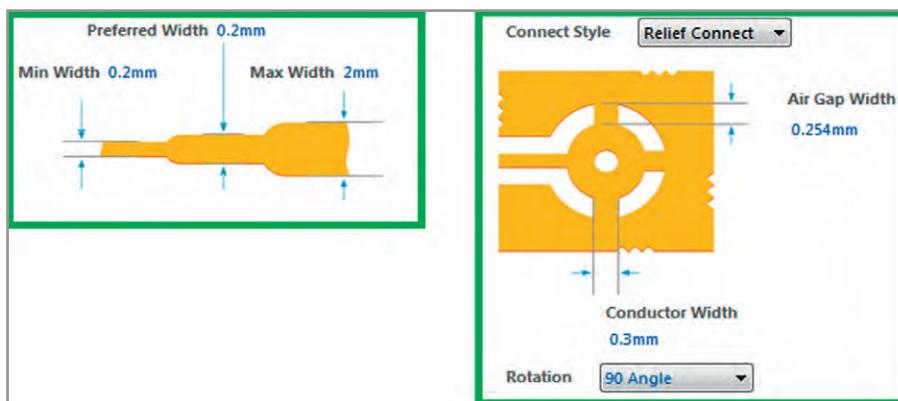


Рис. 8. Интуитивно понятные картинки правил проектирования в Altium Designer

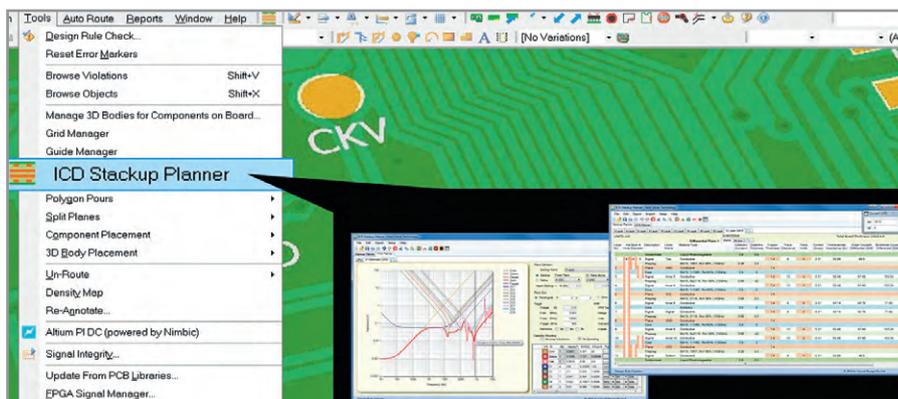


Рис. 9. Приложение ICD Stackup Planner для стека слоёв в Altium Designer

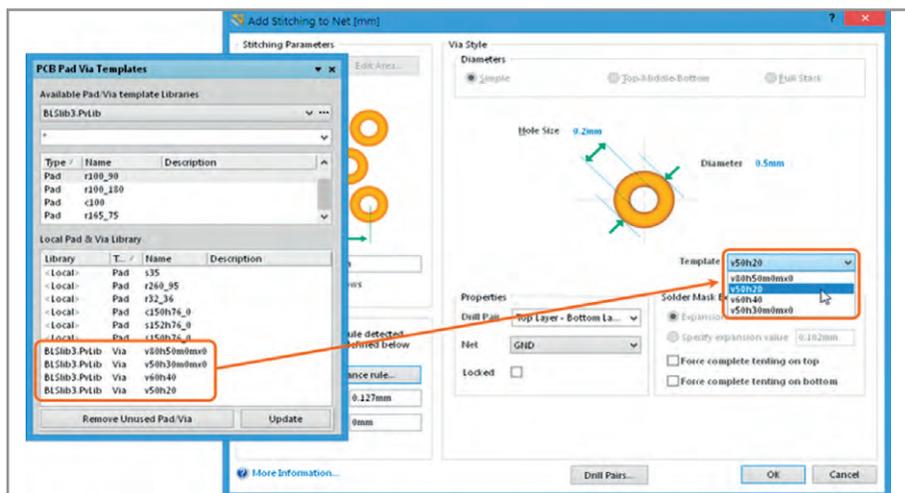


Рис. 10. Использование шаблонов контактных площадок и переходных отверстий

Можно выделить следующие ключевые возможности данного редактора Draftsman:

- синхронизация чертежа с исходным файлом платы;
- создание многостраничного документа;
- использование индивидуальных шаблонов для каждого листа чертежа;
- автоматическая генерация чертежа по предустановленному шаблону;
- добавление основных и дополнительных чертёжных видов (Assembly View, Fabrication View, Section View или Drill Drawing View);
- формирование графики сборочного чертежа из 3D-моделей (добав-

ление отдельных слоёв для чертежа в библиотеку не требуется);

- добавление настраиваемого вида слоёв платы с возможностью добавления справочной информации;
- добавление таблицы BOM, которая может отображать все элементы платы или элементы выбранного сборочного вида;
- добавление выносок для индикации позиций BOM или пунктов списка технических требований;
- поддержка исполнений (вариантов) платы;
- пользовательские настройки всех объектов редактора чертежей;

- вывод чертежа на принтер или в PDF;
- вывод чертежа через OUTJOB-файл.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье описаны не все преимущества Altium Designer. Перечислять их можно довольно долго. Но подведём итоги. Сегодня многие отечественные предприятия используют в цикле проектирования своих изделий на базе ПП от двух до пяти разнородных САПР, суммарная стоимость которых может достигать €200 тыс. Altium Designer позволяет реализовать сквозной цикл проектирования, не требуя сторонних средств, и снизить затраты на лицензии. При этом в Altium Designer можно реализовать схему устройства, описать ПЛИС, выполнить топологию платы, оформить конструкторскую документацию, и при этом никакая информация не потеряется.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Altium Wiki. [www.wiki.altium.com](http://www.wiki.altium.com).
2. Переход с P-cad. [www.altium-ru.com/migrating-from-pcad](http://www.altium-ru.com/migrating-from-pcad).
3. ГОСТ 2.701-2008 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
4. Сайт компании In-Circuit Design Pty Ltd. [www.icd.com.au](http://www.icd.com.au).
5. Сабунин А.Е. Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных устройств. М. Солон-Пресс. 2009.

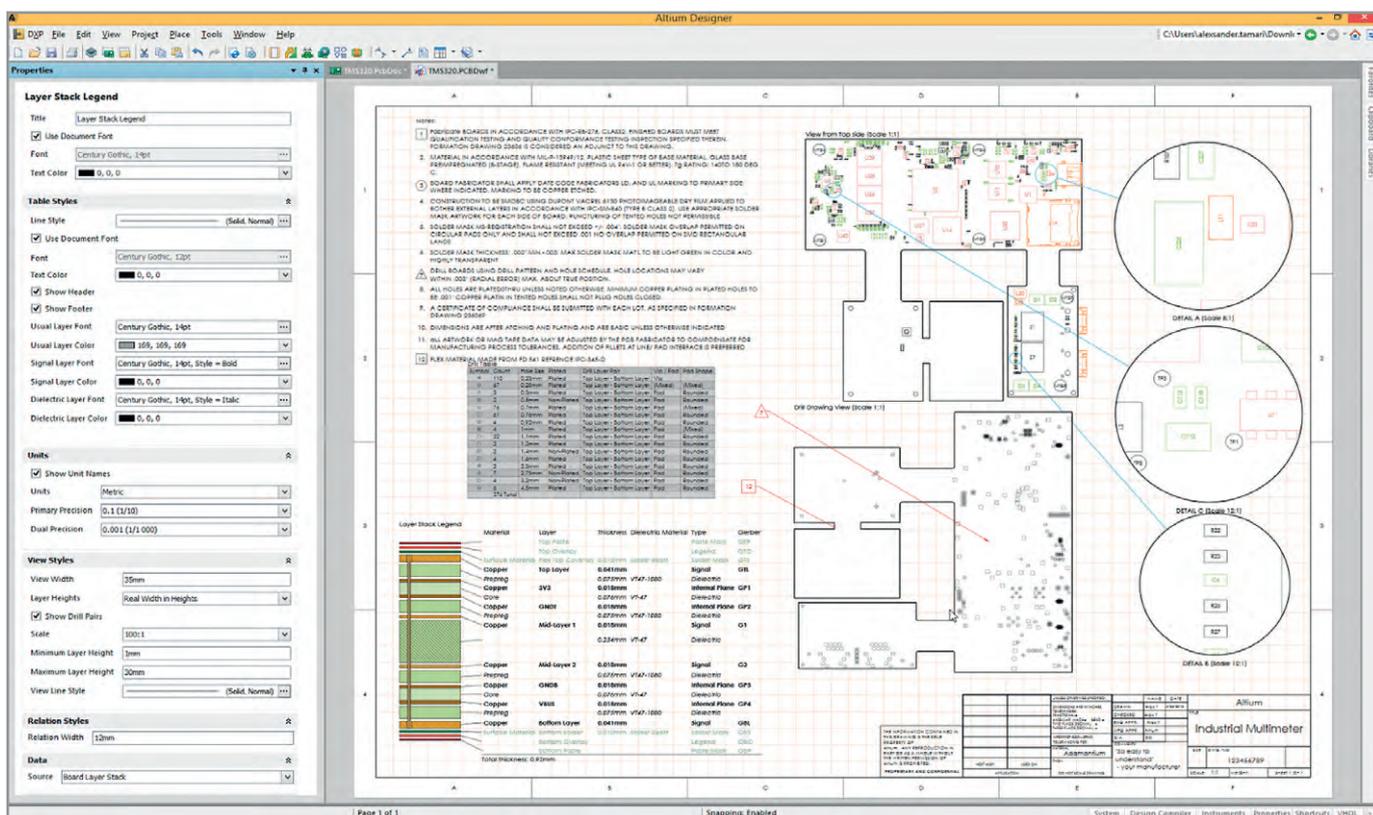


Рис. 11. Вид чертежа в Altium Designer Draftsman

## Новости мира News of the World Новости мира

### Новые возможности для нитрида галлия

Компания e2v стала поставщиком силовых транзисторов GaN Systems на мировой рынок аэрокосмической и оборонной промышленности.

Компании e2v и GaN Systems подписали единый договор об эксклюзивной дистрибуции. Для e2v, лидера на рынке полупроводников высокой надёжности, заключение этого договора – возможность стать эксклюзивным поставщиком 100- и 650-вольтовых транзисторов на основе нитрида галлия (GaN) от GaN Systems. Эти транзисторы востребованы, прежде всего, на аэрокосмическом и оборонном рынках.

Для GaN Systems эта сделка – возможность использовать инфраструктуру e2v и её 30-летний опыт работы, чтобы вывести на рынок высоконадёжных полупроводников лучшие в своём классе транзисторы и отладочные платы. Благодаря им, e2v предложит компактные, лёгкие и мощные решения – то, что нужно заказчикам на рынке высоконадёжных компонентов.

В опубликованном пресс-релизе вице-президент по развитию бизнеса e2v Монт Тейлор рассказал, что благодаря этому договору заказчики, работающие в области аэрокосмической и оборонной промышленности, получают новые продукты, соответствующие растущим требованиям, главные из которых – уменьшение размера и веса устройства одновременно с увеличением плотности мощности.

Со стороны GaN Systems сделку прокомментировал вице-президент Ларри Спацциани. По его словам, разработчики силовых решений спокойно могут уменьшить готовые устройства в 4–6 раз, заменив кремниевые транзисторы на GaN-транзисторы, а сотрудничество с e2v – возможность для сотен разработчиков работать с GaN-компонентами, пользуясь полной технической поддержкой его компании. Существующая сеть заказчиков e2v – это сеть потенциальных заказчиков продуктов GaN Systems, оптимальных по соотношению «размер–вес–мощность».

*Компания e2v*

### Softbank и Саудовская Аравия создают инвестфонд на \$100 млрд

Японская корпорация Softbank и Саудовская Аравия собираются создать инвестфонд, капитал которого составит \$100 млрд. Об этом сообщается в опубликованном Softbank заявлении. Сам Softbank планирует в ближайшие пять лет инвестировать \$25 млрд, а сау-

довский суверенный фонд Public Investment Fund – \$45 млрд. Также в соответствии с заявлением переговоры об участии в фонде уже ведут некоторые крупные инвесторы. Новый инвестфонд должен стать одним из крупнейших в мире, он будет инвестировать в технологические разработки. Предположительное название инвестфонда – SoftBank Vision Fund. Его штаб-квартира разместится в Лондоне.

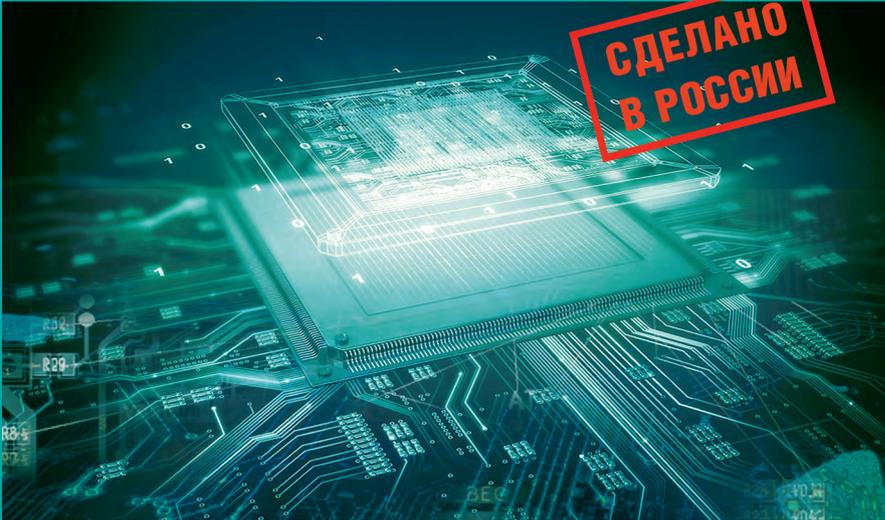
SoftBank не первый раз демонстрирует интерес к инвестициям в технологическую сферу. Так, в июле компания приобрела британского разработчика процессоров ARM Holdings. Как заявил глава подразделения по кредитной стратегии компании Nomura Тошихиро Уомото: «Softbank, вероятно, стремится расширить свою «экосистему», инвестируя в сферах, которые могут помочь укрепить его бизнес ARM».

*Коммерсантъ*



Иновационный подход к проектированию электроники

## САПР электроники



СДЕЛАНО В РОССИИ

 **DeltaDesign** — система сквозного проектирования электронных устройств на базе печатных плат

---

- Менеджер библиотек LIBerty
- Схемотехнический редактор FlexyS
- Схемотехническое моделирование SimOne
- HDL-симулятор Simtera
- Ведение правил DRM
- Редактор печатных плат RightPCB
- Топологический трассировщик TopoR

WWW.DD.RU

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПОСТАВЩИК ПРОДУКЦИИ EREMEX

**PROSOFT® 25 ЛЕТ**

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



РЕКЛАМА

# Проектирование и моделирование печатных плат в САПР Allegro

## Часть 1

Александр Панов (Москва)

Компания Parallel Systems выпустила материал для обучения новых пользователей возможностям САПР Allegro/OrCAD, таким как создание и моделирование схем и трассировка плат. Востребованность этого материала побудила автора к написанию цикла статей по проектированию и моделированию печатных плат в бесплатной версии программы – OrCAD Lite.

Несмотря на то, что инструменты Cadence Allegro и OrCAD предназначены для решения самых сложных инженерных задач, в рамках данной статьи и последующих будут рассмотрены только основные элементы процесса разработки, ограниченные следующими правилами:

- всё описанное можно будет выполнить в бесплатной версии программы OrCAD Lite, доступной для скачивания с сайта [www.orcad.com](http://www.orcad.com);
- будут охвачены основные приёмы работы в OrCAD Capture, PSpice и Allegro PCB Editor;
- все действия разбираются настолько детально, что любой пользователь, не имевший до этого дела с продуктами

OrCAD, сможет их понять и выполнить;

- будут пройдены все этапы типового процесса проектирования, начиная с пустого листа схемы и загрузка готовой топологией;
- потребуется всего несколько часов, чтобы выполнить весь цикл проектирования.

Для установки OrCAD Lite необходимо скачать его по ссылке [www.orcad.com/ru/buy/try-orcad-for-free](http://www.orcad.com/ru/buy/try-orcad-for-free) и выполнить установку. Процесс инсталляции займёт не более 15 мин. Необходимо выбрать полный вариант установки и типовые пути к корневым каталогам установки САПР.

В этой и последующих статьях цикла проектирование и моделирова-

ние печатных плат в OrCAD Capture и PSpice описывается на примере создания простой схемы усилителя звука для наушников. На рисунке 1 показана схема, уже подготовленная для spice-моделирования, с разъёмами для размещения на плате.

### ВВЕДЕНИЕ В РЕДАКТОР СХЕМ

#### Создание проекта

Процесс работы начинается с запуска OrCAD Capture, Allegro Capture CIS или OrCAD Capture CIS Lite. В открывшемся приложении Capture используйте команду File > New > Project..., чтобы создать новый проект (см. рис. 2), выберите Project Type – PSpice Analog Mixed A/D, чтобы в дальнейшем иметь возможность промоделировать схему. Укажите папку для проекта и его имя, например, Headphone (наушники).

Затем в следующем окне можно выбрать шаблон проекта empty.obj (см. рис. 3).

При наличии разных вариантов программы, которые можно использовать для дальнейшей симуляции, нуж-

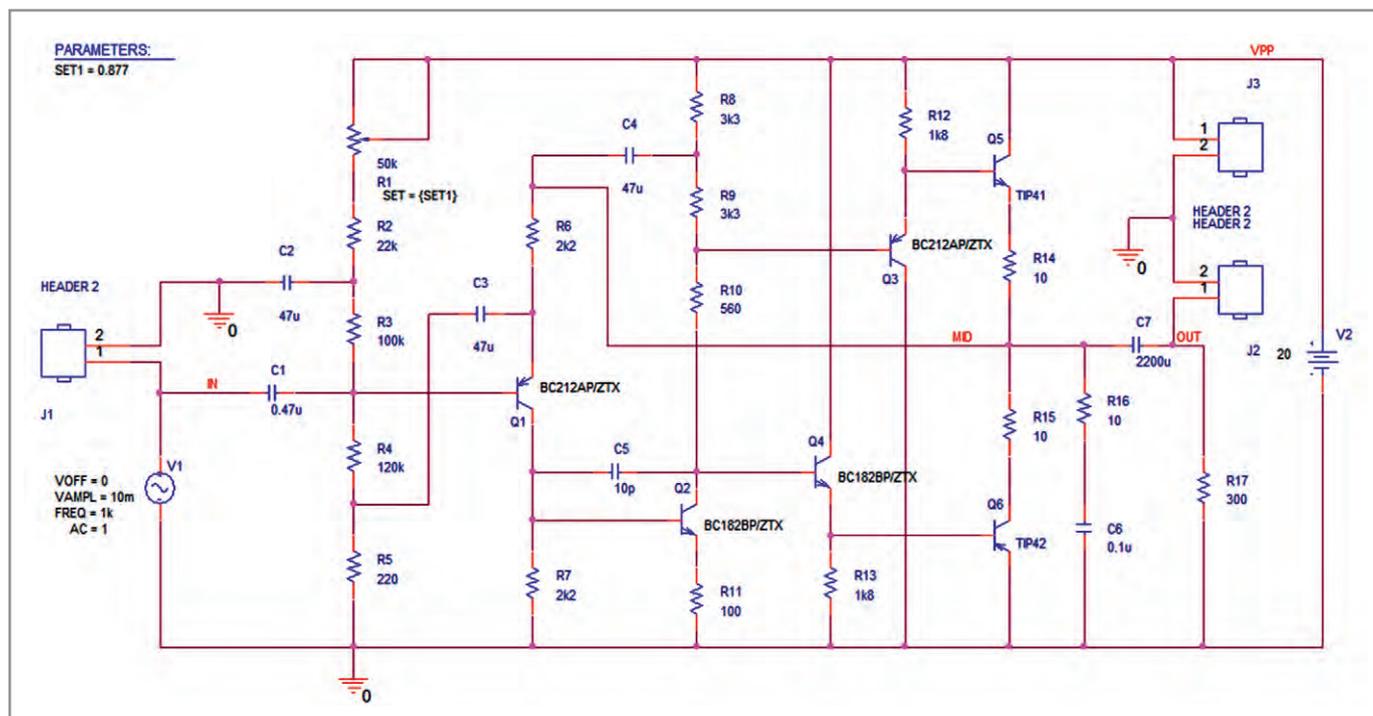
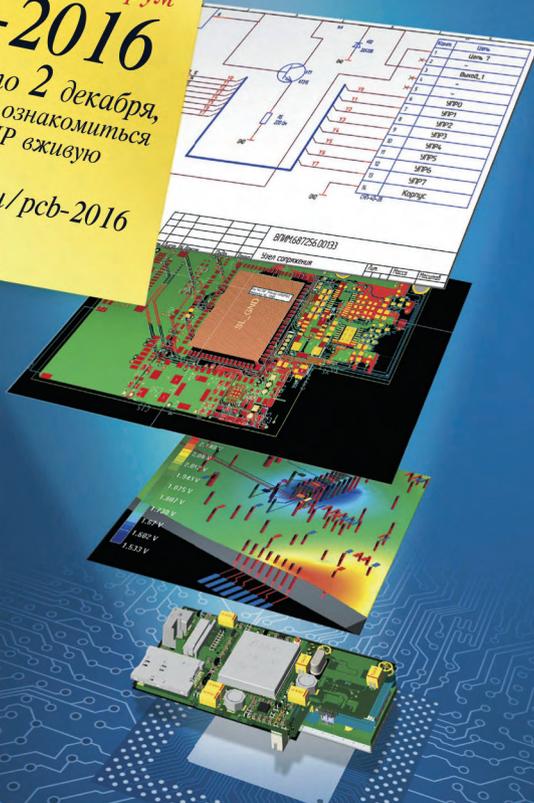


Рис. 1. Полная схема устройства

# САПР печатных плат Cadence для проектирования скоростных плат. Поддерживается импорт из P-CAD\*

- \* закажите новый каталог ПО 2016 г.
- \* ознакомьтесь с новым релизом 17.2
- \* запросите новые цены на САПР Allegro, OrCAD и Sigrity
- \* получите скидку до конца 2016 г.

Не пропустите Форум  
**PCB-2016**  
с 28 ноября по 2 декабря,  
где можно будет ознакомиться  
с этими САПР вживую  
[www.pcbsoft.ru/pcb-2016](http://www.pcbsoft.ru/pcb-2016)



Маршрут проектирования  
печатных плат Cadence:  
«От идеи  
до готового решения»

**Cadence® OrCAD®**  
схемный ввод и разработка  
печатных плат

**Cadence® Allegro®**  
продвинутая  
и высокоскоростная  
трассировка

**Cadence® PSpice®**  
аналого-цифровое  
моделирование  
и анализ надежности

**Cadence® Sigrity™**  
моделирование целостности  
сигналов и питаний

Эта плата разработана в САПР  
Allegro. У вас тоже сложные платы?  
Берите Allegro и получайте результат  
быстро и качественно. Для плат  
попроще – берите недорогой OrCAD.

ООО «ПСБ СОФТ»  
г. Москва  
[www.pcbsoft.ru](http://www.pcbsoft.ru)  
[info@pcbsoft.ru](mailto:info@pcbsoft.ru)  
+7 (499) 558-02-54  
+7 (800) 333-97-22

 **PCBSOFT**  


В 2015 году компания **Cadence Design Systems, Inc.** подписала контракт с новым официальным дистрибьютором – компанией **PCB SOFT** (группа компаний **PCB technology**). С 2016 года компания **PCB SOFT** является единственным официальным дистрибьютором программного обеспечения **Cadence** в России, Беларуси и Казахстане.

В честь своего 5-ти летнего юбилея компания **PCB SOFT** продлевает скидки до конца 2016 года для заказчиков на продукты **OrCAD** (вся линейка), **Allegro** (вся линейка) и **Sigrity** (линейка моделирования SI/PI на печатных платах).

Компания **PCB SOFT** предлагает дополнительные услуги по конвертации старых проектов и библиотек в формат **OrCAD/Allegro** из **P-CAD2006**, **Altium**, **Mentor**, разработке новых библиотек, переобучению специалистов по ускоренной программе, а также настройку и русификацию САПР **Cadence** для стыковки с **PLM/PDM**, механическими САПР и требованиями ЕСКД.

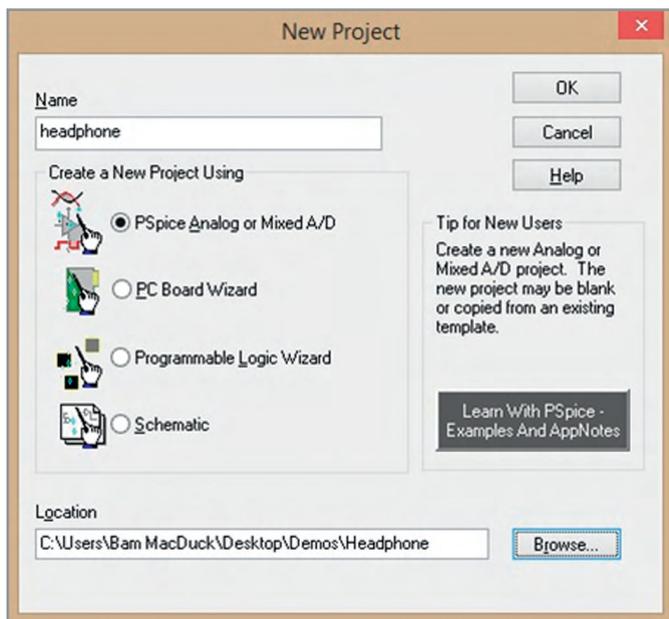


Рис. 2. Создание нового проекта

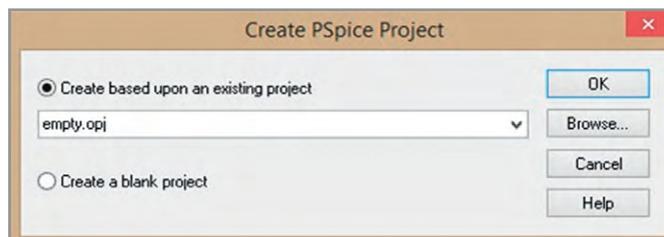


Рис. 3. Выбор шаблона проекта

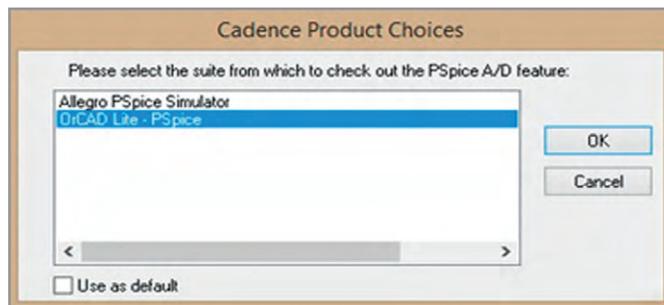


Рис. 4. Выбор САПР из доступных вариантов

но выбрать самый простой вариант – OrCAD Lite (см. рис. 4).

**Добавление библиотек к проекту**

Работа со схемой начинается с выбора и добавления библиотек. Для этого раскройте последовательно закладки в дереве проекта и найдите лист Page 1. Откройте его двойным щелчком левой кнопки мыши (ЛКМ) и выберите команду Place > Part из меню либо из панели инструментов. Затем нажмите кнопку добавления необходимых библиотек (см. рис. 5).

Когда откроется окно проводника для выбора библиотек, перейдите в папку C:\Cadence\SPB\_17.2, затем в папку tools\Capture\library\pspice (см. рис. 6), где будут находиться библиотеки со spice-моделями. Добавьте их все, выделив первую 1\_shot и, зажав

кнопку Shift, последнюю Zetex (выделятся все между ними). Далее нажмите кнопку Открыть. Указанные пути к библиотекам используются по умолчанию при установке программ. Если при установке они были изменены, следует ориентироваться на новые корневые каталоги.

**Размещение символов**

В качестве основы используется готовая схема, приведённая на рисунке 1. Используя её, нарисуем собственную в схемном редакторе Capture. Конечно же, точное размещение элементов не требуется, но необходимо следить за взаимным подключением компонентов, чтобы получить идентичный результат. После того как были добавлены библиотеки, выберите символ POT (переменный резистор)

из библиотеки Breakout. Для этого в меню Place > Part в окне Part нужно написать POT. Это позволит перейти к данному компоненту в списке. Необходимо следить за тем, чтобы в списке ниже была выбрана необходимая библиотека (её имя должно иметь синий фон). Когда символ выбран для размещения, его можно поворачивать с помощью клавиши R или команды Rotate из меню, вызываемого нажатием правой кнопки мыши (ПКМ). Разместите все переменные резисторы, а затем прервите команду с помощью нажатия Esc или ПКМ > End Mode.

Двойным нажатием на символ откройте таблицу с его свойствами и поменяйте значение Value с первоначального 1k на 50k. Либо можно выделить сам параметр, два раза нажать на

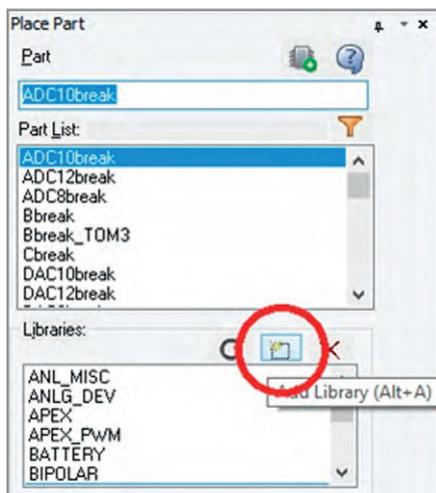


Рис. 5. Выбор необходимых библиотек из стандартного набора

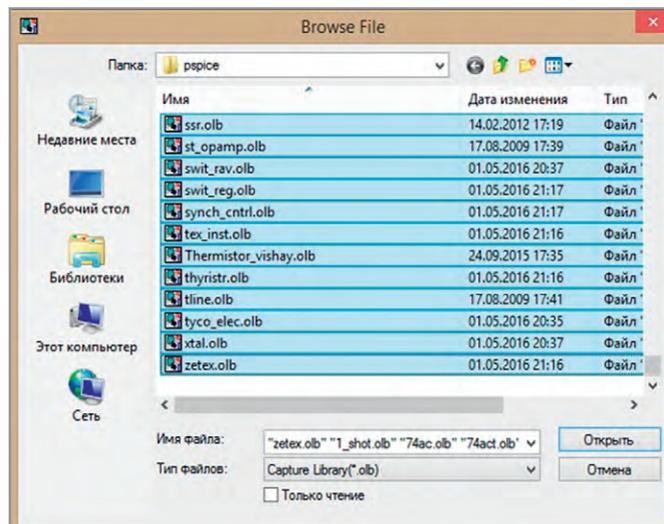


Рис. 6. Просмотр пути к файлам доступных библиотек

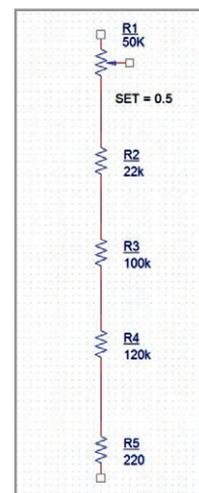


Рис. 7. Размещение резисторов на схеме

текст 1k, поменять его значение на 50k и сохранить изменения нажатием ОК. Текст и символы на схеме можно перемещать, выполнив выделение одиночным нажатием ЛКМ, а затем перетягивая их на нужное место. Сохраните внесённые изменения, используя команду File > Save.

Теперь разместим подобным образом обычные резисторы, используя символ R из библиотеки Analog. Резисторы можно размещать, накладывая концы их выводов друг на друга. Тогда они будут сразу же соединяться. Останется только растянуть их на нужное расстояние. Можно поставить несколько резисторов, добавить им необходимые номиналы, а остальные, такие же, вставить, используя копирование. Для этого выделите символ и потяните его с зажатой кнопкой Ctrl. В итоге должна получиться цепочка, подобная изображённой на рисунке 7.

После резисторов разместите конденсаторы C1...C3. Поскольку речь касается моделирования в PSpice, используются неполяризованные конденсаторы. В реальной плате с большими номиналами могут потребоваться электролиты, но сейчас это не играет роли. Используйте символы C из библиотеки Analog, укажите у них необходимые номиналы. В случае если позиционные обозначения были указаны вручную, они будут подчёркнуты. Позже, после проведения перенумерации, подчёркивание пропадёт. Если понадобится, для соединения выводов используйте команду Place Wire. Её можно вызвать нажатием клавиши W либо из меню Place > Wire, либо нажатием кнопки на панели инструментов. Нажав ЛКМ, начинаем вести цепь из конца вывода компонента. Также используем нажатия ЛКМ для прокладки пути. Необходимо обратить внимание на места пересечения проводников: в случае подключения их друг к другу там должна появляться соединительная точка.

Перейдём к размещению транзисторов. При размещении транзистора BC212 PNP можно выполнить его зеркальное отражение через нажатие ПКМ > Mirror Vertically. Оба компонента, BC182BP и BC212BP, находятся в библиотеке Zetex.

Остаётся дорисовать правую часть схемы, используя транзисторы TIP41 и TIP42 из библиотеки PwrBjt и резисторы из библиотеки Analog. Проследите

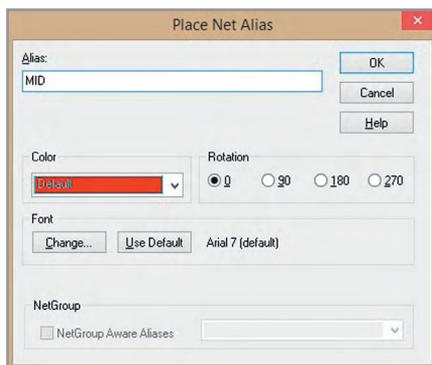


Рис. 8. Выполнение команды Place > Net Alias (присвоить имя цепи)

за расположением эмиттера у транзисторов и при необходимости используйте команды по зеркальному отражению, которые вызываются из контекстного меню нажатием ПКМ.

### Именованые цепей

Всем соединениям, которые нарисованы на схеме, автоматически присваивались названия в формате N плюс индивидуальный номер. Чтобы в дальнейшем было легче ориентироваться, можно задать цепям другие имена. Для этого необходимо воспользоваться командой Place > Net Alias (можно вызвать её нажатием клавиши N). Окно команды изображено на рисунке 8.

Сверху окна указывается новое имя цепи. При желании можно указать цвет и ориентацию названия. Введём MID и нажмём ОК. Новое имя будет прикреплено к курсору, пока его не назначат какой-либо цепи. Следует помнить следующие нюансы. Если название цепи заканчивается на номер, то при расстановке его на схеме, будет происходить автоматическое увеличение номера (после A0 будет присвоено A1 и так далее). Также надо помнить, что, если двум отдельным цепям на одном листе будет присвоено одно и то же название, то в дальнейшем они будут считаться электрически соединёнными, даже если они не связаны линией. Назначим название MID цепи на стыке двух выходных транзисторов справа (см. рис. 1).

### Добавление источников питания и символа земли

Для завершения схемы добавим источники питания. Добавьте символ VSIN из библиотеки Source (V1 на рисунке 1) и задайте ему параметры VOFF=0, VAMPL=10m, FREQ=1k и AC=1.

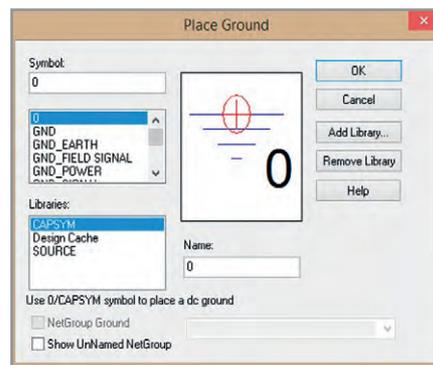


Рис. 9. Символ земли в стандартной библиотеке

Это будет обозначать источник синусоидального напряжения с амплитудой 10 мВ и частотой 1 кГц для моделирования переходных процессов, а также источник напряжения в 1 В для моделирования AC Sweep. Подробно о них будет рассказано в следующих статьях. Добавляем символ VDC из библиотеки Source (V2 на рисунке 1). Заменяем ему значение 0Vdc на 20 (PSpice-симулятор «знает», что это величина постоянного напряжения, поэтому суффиксами Vdc или V можно пренебречь).

Остаётся добавить символ земли, который необходим в PSpice-моделировании для задания 0 в схеме. Он находится в библиотеке Capsym. Для этого используйте команду Place > Ground (см. рис. 9).

После этого назначьте имена цепям IN, OUT и VPP, используя команду Place > Net Alias. Во время размещения можно нажать Ctrl+E для входа в меню команды и задания новых имён.

### Перенумерация компонентов

Чтобы обозначения располагались по порядку сверху-вниз, необходи-

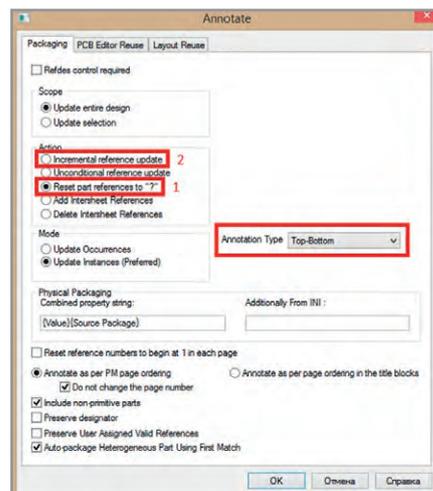


Рис. 10. Выполнение автонумерации компонентов

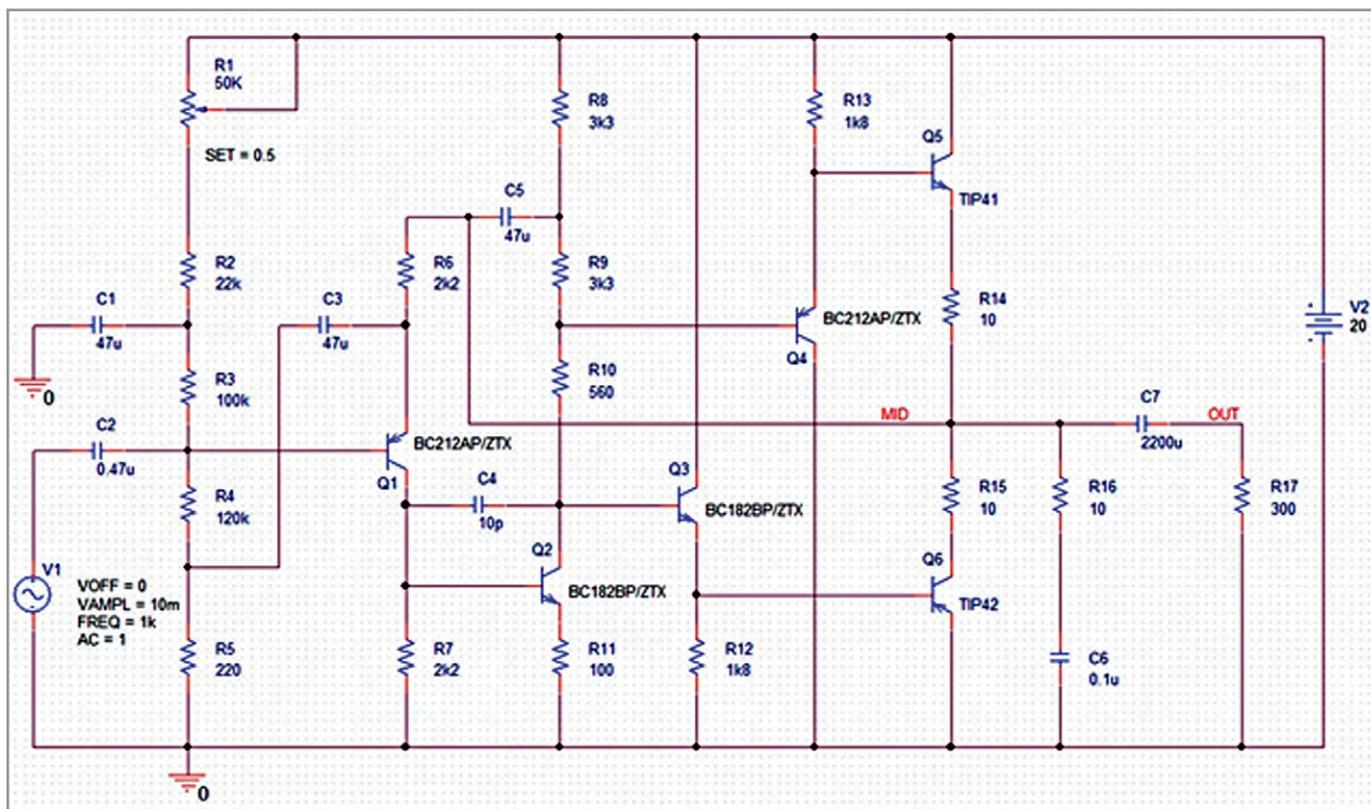


Рис. 11. Схема после перенумерации компонентов

мо выполнить перенумерацию компонентов. Для этого выделите проект `headphone.dsn` в дереве проекта и запустите команду `Tools > Annotate...` с настройками, как это показано на рисунке 10. Сначала сбросьте все значения, используя пункт `Reset part`

reference to «?», затем пронумеруйте, переключившись на `Incremental reference update` с опцией `Annotate type – Top-Bottom`. Результат перенумерации показан на рисунке 11. На этом можно закончить и сохранить проект (`File > Save`).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнив описанные действия, вы создали схему, содержащую все необходимые для работы усилителя звука компоненты. В следующей статье будет описано моделирование работы полученной схемы. 

## Новости мира News of the World Новости мира

### Qualcomm собирается купить NXP Semiconductors за \$37 млрд

Американский разработчик микропроцессоров Qualcomm близок к приобретению голландской полупроводниковой компании NXP Semiconductors. Благодаря этой сделке покупатель сможет освоить новые сегменты процессорного рынка. О планах Qualcomm по поглощению NXP агентству Reuters стало известно от осведомлённого источника. По его информации, речь идёт о сумме в \$37 млрд или \$110 за акцию голландской компании.

Qualcomm является самым крупным в мире поставщиком систем-на-кристалле для различных мобильных устройств и телекоммуникационного оборудования. Согласно данным IHS, в прошлом финансовом году выручка компании составила более \$25,28 млрд (\$17,15 млрд принесли продажи микросхем, \$7,95 млрд – лицензирова-

ние технологий), что делает Qualcomm четвёртым поставщиком микросхем в мире по уровню дохода.

В случае успешного завершения сделки Qualcomm, которая является одним из главных поставщиков чипов для Apple, а также Android-производителей, выйдет на рынок чипов для автомобилей. Это важный шаг для компании, особенно в условиях замедления продаж смартфонов и роста конкуренции со стороны китайских и тайваньских производителей.

Руководство Qualcomm ранее избегало крупных приобретений, опасаясь брать на себя риски, связанные с покупкой компаний, которые выходят за рамки довольно узкой специализации Qualcomm.

По итогам прошлого года NXP Semiconductors была седьмым по объёму выручки поставщиком микросхем с доходом \$9,72 млрд. Нужно заметить, что сделать скачок с пятнадцатого места ей помог-

ло приобретение Freescale Semiconductor. Последняя обошлась голландскому чипмейкеру в \$12 млрд. В результате объединения появилась полупроводниковая компания с рыночной стоимостью \$40 млрд.

NXP Semiconductors производит аналоговые и цифровые микрочипы для автомобилей, медицинского оборудования и др. Bloomberg утверждает, что заключение сделки может последовать сразу же после выхода квартального отчёта NXP, или может быть отложено до отчёта Qualcomm. Однако договор о покупке пока не подписан.

Прошлый год стал рекордным с точки зрения суммарной стоимости M&A-соглашений между производителями микросхем – \$103,8 млрд (данные IC Insights). За этот год в полупроводниковой отрасли было объявлено о 20 сделках на общую сумму \$55,3 млрд.

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

## Новости мира News of the World Новости мира

### Achronix предлагает встраивать FPGA в процессоры

На заре своего появления в 1980-х гг. программируемые матрицы FPGA (ПЛИС) выступали в качестве связующего звена между дискретной логикой и, по сути, представляли собой гибко программируемый интерфейс. По мере совершенствования и с увеличением плотности и числа вентилей в их составе, матрицы стали способны на большее – работать в качестве ускорителей вычислений определённых задач. Сегодня матрица FPGA может считаться полноценным сопроцессором, а стараниями компании Intel матрицы могут располагаться на одной и той же подложке с центральным процессором. Может ли быть что-то лучше? Очевидно, только матрица, интегрированная в кристалл процессора.

Матрицы для интеграции в состав однокристалльных схем (и процессоров) предложила компания Achronix. Специалисты компании разработали полностью функциональный и готовый к интеграции в сторонние решения блок встраиваемой

матрицы или eFPGA. Решение распространяется на основе приобретения лицензии на данную интеллектуальную собственность Achronix. В компании рассчитывают, что распространение eFPGA значительно увеличит годовую выручку компании, которая только в этом году вернулась к прибыльности. Так, в текущем году выручка Achronix обещает достичь \$12 млн, а в 2017 г., благодаря продвижению eFPGA, превысит \$40 млн.

Интеграция матрицы в SoC устраняет эффект «бутылочного горлышка» – максимально раскрывает потенциал по обмену данными между матрицей и вычислительными ядрами процессора. Задержки при обращении к eFPGA снижаются до 2 нс, тогда как типичные задержки при обращении к отдельно стоящей матрице равны 30 нс и могут достигать 100 нс. Также уменьшается площадь кристалла, выделенного под матрицу, и снижаются её энергопотребление и себестоимость – всё это, прежде всего, за счёт избавления от «лишних» интерфейсов, которые необходимы FPGA, устанавливаемым отдельно.

Надо отметить, что предложенные компанией Achronix блоки eFPGA Speedcore IP базируются на той же самой архитектуре и используют те же самые инструменты для работы, что и предыдущие «дискретные» матрицы Speedster 22i. Иными словами, клиенты Achronix не будут испытывать проблем, переходя на работу со встроенными матрицами eFPGA Speedcore.

Матрицы Speedster 22i по заказу Achronix выпускает компания Intel, для чего использует 22-нм FinFET техпроцесс. Компания Achronix – одна из немногих, кто передал заказ на изготовление чипов контрактному подразделению Custom Foundry компании Intel. Блоки eFPGA Speedcore IP, напротив, созданы с прицелом на производство компанией TSMC с использованием техпроцесса 16FF+. Также в компании сообщили, что ведутся разработки новой версии eFPGA IP для выпуска с использованием технологических норм 7 нм.

[www.3dnews.ru](http://www.3dnews.ru) со ссылкой на [www.eetimes.com](http://www.eetimes.com)

**swissbit®**  
INDUSTRIAL MEMORY SOLUTIONS



### Серия S-40: карты памяти SD и MicroSD для эффективных промышленных применений

- 4–32 Гбайт (MLC NAND Flash)
- SD 3.0 (2.0), SDHC, Class 6
- Передача данных до 24 Мбайт/с
- Автономная система управления данными
- Защита от провала напряжения
- Долгое время хранения данных при экстремальных температурах
- Резервирование встроенного программного обеспечения
- Сложный механизм распределения нагрузки и управления сбойными блоками
- Обновление параметров и встроенного программного обеспечения
- Контроль изменений в комплектации
- Инструменты для диагностики

**Надежные, прочные, экономичные**

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ SWISSBIT

**PROSOFT® 25 ЛЕТ**

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



Реклама

# Реализация формата данных с плавающей запятой для ЦОС на базе ПЛИС Xilinx

Александр Капитанов (Москва)

В статье представлен один из способов реализации форматов чисел с плавающей запятой на базе современных ПЛИС фирмы Xilinx. Рассматривается специализированный формат FP23 для задач цифровой обработки сигналов (ЦОС). В статье приводится подробное описание узлов преобразования данных и математических операций в формате с плавающей запятой FP23.

## ФОРМАТ ДАННЫХ

В статье пойдёт речь о числах в формате с плавающей запятой и о реализации специализированного формата FP23 (от англ. Floating Point) на ПЛИС фирмы Xilinx. Числа с плавающей запятой активно используются в современных сигнальных процессорах (DSP), применяются практически во всех видеокартах и процессорах общего назначения и даже в ПЛИС. В соответствии со стандартом IEEE 754, они представляются в виде совокупности экспоненты (показателя степени), мантиссы и знака числа. Числа в стандарте IEEE 754 имеют 32 бита (float) полезных данных. С целью однозначности, числа с плавающей запятой записываются в нормальной форме или приводятся к нормализованному виду после любых математических операций и логических преобразований над ними. Диапазон возможных значений и точность представления чисел зависит от количества бит для мантиссы и экспоненты. Для стандартного float характерна фиксированная относительная точность и переменная абсолютная точность. Основные преимущества и недостатки чисел в формате с плавающей запятой по сравнению с числами с фиксированной запятой:

### 1. Достоинства:

- обеспечивается очень широкий диапазон возможных значений;
- достигается высокая точность вычислений.

### 2. Недостатки:

- округление очень больших чисел до возможных из сетки значений;
- потеря точности при суммировании чисел, отличных друг от друга на несколько порядков;
- сложность конкретной реализации и применения на ПЛИС.

Так или иначе, для современных ПЛИС разработка собственного формата чисел с плавающей запятой и выбранной мантиссы и экспонентой не составляет большого труда. Для продукции ведущих производителей (Xilinx и Altera) существуют готовые программные IP-ядра, реализующие float по стандарту. Помимо этого, для Altera в последних семействах Arria 10 представлены аппаратные IP-ядра, реализующие формат IEEE 754 на встроенных DSP-блоках.

## ЭЛЕМЕНТАРНАЯ БАЗА

Основная элементная база для выполнения математических операций и задач ЦОС – передовые семейства кристаллов ПЛИС. По сравнению с Xilinx, Altera в области использования формата с плавающей запятой ушла далеко вперёд. Для кристаллов Altera типа Arria 10 и Stratix 10 имеются жёсткие ядра вычислителей в формате с плавающей запятой внутри ПЛИС. В связи с этим становится актуальной задача по разработке быстрого формата данных с плавающей запятой на кристаллах ПЛИС фирмы Xilinx, которые не содержат жёстких блоков вычислителей с плавающей запятой.

Основные ресурсы современных кристаллов ПЛИС – это блоки конфигурационной логики и встроенной памяти. Но первоочередной практический интерес представляют универсальные блоки цифровой обработки и математики – DSP48E1 (для ПЛИС Xilinx серии Virtex 6 и 7 семейства) и DSP48E2 (для ПЛИС семейства Xilinx UltraScale). Эти блоки позволяют выполнять функции сложения и вычитания чисел, сдвига и переноса, быстродействующего умножения, перемножения с накоплением (MACC – Multiply Accumulate), поиска

контрольной суммы и т.д. На ячейках DSP48 в современных ПЛИС выполняется множество задач: разработка CIC- и FIR-фильтров для классических задач радиотехники, скоростное вычисление FFT/IFFT для создания цифровых анализаторов спектра и устройств быстрой свёртки, реализация цифровых синтезаторов частоты (DDS и CORDIC), создание различных форматов представления данных и набора базовых операций для них.

Вторым основным компонентом ПЛИС является блочная память. Для ПЛИС Xilinx это ячейки RAMB36E1 (или RAMB18E1) – элементы двухпортовой памяти, реализованные внутри кристаллов ПЛИС в виде столбцов идентичных блоков. Количество столбцов встроенной памяти и их длина зависят от объёма кристалла. Максимальный объём блока памяти составляет 36 Кбит без использования каскадирования, при этом он может быть сконфигурирован как два независимых блока по 18 Кбит каждый. Блочная память может быть использована с шириной шины данных от 1 до 72 разрядов для типовых задач, а ширина шины адреса программируема. При отсутствии свободных ресурсов блочной памяти ПЛИС можно задействовать распределённую память в специальных конфигурационных ячейках SLICEM. Для ПЛИС Ultrascale объём распределённой памяти достигает 512 бит с однобитной шиной данных и возможностью реконфигурации глубины и разрядности шины.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

С учётом перечисленных особенностей для реализации цифровой части задача формируется следующим образом. Пусть разрядность данных, поступающих в кристалл ПЛИС с микросхем АЦП, равна 16 бит. Положим, что адекватная скорость обработки данных, которая может считаться «высокой» в современных ПЛИС, – порядка 200–300 МГц. Для современных высокоскоростных систем сбора и обработки информации это типовые значения разрядности данных и такто-

вых частот. В качестве ПЛИС выбрана микросхема 6 или 7 серии, например, Kintex-7. Задача состоит в переводе 16-разрядного знакового целого числа FIX16 в специализированный формат с плавающей запятой FP23 и обратно, обеспечивая при этом максимальную скорость обработки внутри ПЛИС при минимальных затратах ресурсов кристалла. Кроме того, необходимо обозначить и реализовать набор базовых математических операций – сложение, вычитание и умножение.

### РЕАЛИЗАЦИЯ ФОРМАТА ДАННЫХ С ПЛАВАЮЩЕЙ ЗАПЯТОЙ

Число FP23 – это особый формат представления данных с плавающей запятой. В отличие от стандарта IEEE 754, длина информационного слова в формате FP23 не 32 бита, а всего 23 бита и один скрытый бит мантиссы. Данная формула в упрощённом виде отражает представление числа A в формате FP23:

$$A = (-1)^{\text{SIGN}(A)} \times 2^{\text{EXP}(A)-32} \times \text{MAN}(A).$$

Мантисса (mantissa) в формате FP23 – это 17-битное положительное число. Она всегда отображается в нормализованном виде в результате всех преобразований, то есть самый старший бит мантиссы для ненулевого числа всегда равен 1. Для экономии ресурсов кристалла и упрощения записи 17-й бит мантиссы никогда не отображается в упакованном результирующем 23-битном слове (см. рис. 1). Поэтому при вычислении математических операций и переводе из одного формата в другой необходимо помнить, что мантисса нормализована, и к 16-разрядному ненулевому числу необходимо прибавить значение  $2^{16} = 65536$ . Экспонента или показатель (exponent) в формате FP23 – это 6-битное положительное число, определяющее, на какую величину умножается мантисса. Для формата FP23 с 16-битной мантиссой достаточно экспоненты с шириной данных в 5 бит, но в практических целях введён дополнительный шестой бит для задач, где требуется накопление большого массива данных. Под знак выделен оставшийся один бит, причём нулевое значение бита соответствует положительным числам, а единичное значение определяет отрицательные числа. Для нулевой экспоненты значение знака не важно и отражает число +0 или -0. Таким образом, число A в формате FP23 описывается тремя битовыми

полями: «экспонентой» (EXP(A)), «знаком» (SIGN(A)) и «мантиссой» (MAN(A)).

Итак, первый этап при разработке формата данных с плавающей запятой на ПЛИС состоит в переводе знакового целого числа фиксированной разрядности в формат с плавающей запятой FP23, обеспечивая при этом максимальную скорость обработки внутри ПЛИС. Вторым этапом является обратное преобразование чисел из формата FP23 в формат с фиксированной запятой с возможностью масштабирования выходных данных под определённый коэффициент деления. И наконец, на третьем этапе для полноценного использования всех преимуществ формата FP23 необходимо реализовать математические операции – сложение, вычитание и умножение.

В таблице 1 приведены разрядность данных, диапазон возможных значений мантиссы и экспоненты и т.д.

Почему разрядность данных в формате FP23 именно 23 бита? Ответ складывается из нескольких составляющих. Во-первых, один бит используется для знака и 15 оставшихся битов – для целой части, поэтому мантисса и знак занимают, как минимум, 16 битов. Для экспоненты, с учётом смещения в формуле, необходимо минимум 5 битов. Чем больше битов отводится под экспоненту, тем больше результат (расширяется диапазон возможных значений), но при фиксированной разрядности мантиссы точность для больших чисел падает. Пусть экспонента имеет 6 разрядов, а мантисса представлена как 16-разрядное число, на знак отводится 1 разряд. Для умножения и сложения мантисс используется узел DSP48, минимальная разрядность одного из входов которого равна 18 битам, а с учётом беззнаковых чисел – 17 битов. Следовательно, используя один блок DSP48, невозможно совершать арифметические действия над мантиссой шире 17 битов при минимальных затратах ресурсов ПЛИС.

Кроме того, значение 23 выбрано не случайно, так как в дальнейшем в задачах цифровой обработки для хранения

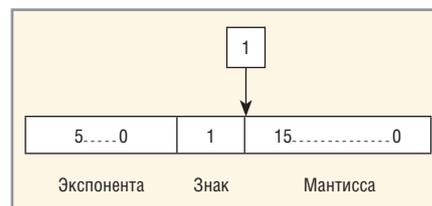


Рис. 1. Представление числа в формате FP23

вектора комплексных значений требуется память ПЛИС. Пара чисел, вещественное и мнимое, без отображения скрытого бита имеет суммарную разрядность, равную 46, а с учётом флага переполнения – 48 битов, что по ширине данных укладывается ровно в три блока памяти RAMB18E1, либо в один блок RAMB36E1 и один блок RAMB18E1. Также для пары значений можно использовать дополнительные функции блока DSP48E1 – быстрое сравнение двух чисел, проверка на чётность и быстрое суммирование в режиме SIMD.

Таким образом, для представления чисел в формате FP23 используется именно 23 бита. Если использовать скрытый бит мантиссы, который равен 1 при ненулевых значениях или 0 при нулевых значениях двоичного числа, то разрядность равна 24. Дополнительные особенности формата FP23, отличные от классического IEEE 754 floating:

- отсутствуют специализированные команды NaN, а также положительная и отрицательная бесконечность;
- отсутствуют денормализованные числа (всегда нормализованы);
- флаги переполнения (overflow) и исчезновения числа (underflow) реализованы в виде отдельных сигналов, а не специализированных команд числа, либо вообще не используются;
- единица представляется как  $\text{EXP}(A) = 16$ ,  $\text{SIGN}(A) = 0$ ,  $\text{MANT}(A) = 0$ ;
- дробные числа меньше нуля принимают значения экспоненты  $\text{EXP}(A) = [0; 15]$ .

### ПРЕОБРАЗОВАНИЕ FIX16 В FP23

Для преобразования данных из целочисленного знакового типа FIX16 в формат FP23 необходимо использо-

Таблица 1. Число в формате FP23

Название	Обозначение	Диапазон значений	Длина, бит	Положение битов в слове
Экспонента	EXP	0...63	6	21...16
Знак	SIGN	0...1	1	22
Мантисса	MAN	0...131071	17	15...0

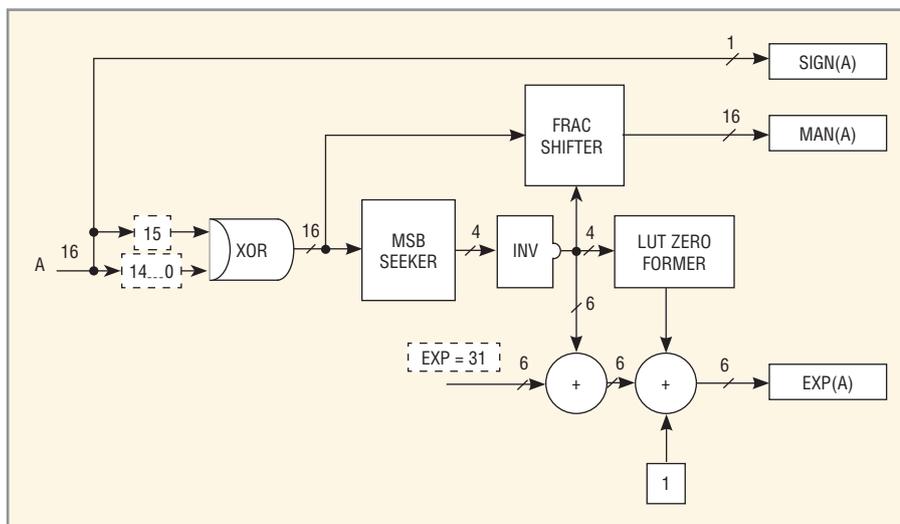


Рис. 2. Блок-схема преобразования числа формата FIX16 в формат FP23

вать конфигурационную логику кристалла ПЛИС и встроенные узлы умножения DSP48E1. На рисунке 2 изображена структурная схема преобразования данных в формат FP23.

Максимальная разрядность множителей блоков DSP48E1 – 25 и 18 соответственно, где старший бит – знаковый. Для перемножения чисел без учёта знака в модуле DSP48E1 эффективная разрядность входных данных понижается на один бит. Блочную память RAMB18E1 преобразователь не использует.

Соответственно, чтобы найти знак числа, необходимо взять старший (знаковый) бит входных данных. Алгоритм поиска мантиссы MAN(A) на базе примитивов кристалла ПЛИС следующий:

- взять модуль входного числа (операция «исключающее ИЛИ»);
- произвести поиск старшего значащего бита (MSB SEEKER);
- по старшему значащему биту сформировать величину сдвига мантиссы;

- перемножить модуль числа и значение сдвига, получив нормализованную мантиссу (FRAC SHIFTER).

Для поиска экспоненты EXP(A) необходимо:

- взять модуль входного числа (операция «исключающее ИЛИ»);
- произвести поиск старшего значащего бита (MSB SEEKER);
- вычесть из числа 32 инвертированный индекс значащего бита;
- прибавить 1 к полученному результату с учётом логики поиска ненулевого входного значения (LUT ZERO FORMER).

Поскольку мантисса получается путём умножения модуля действительного числа на некоторую «маску», от которой зависит сдвиг входного числа без знака, то для её поиска необходим блок DSP48E1. Процедура поиска и формирования мантиссы происходит в узле FRAC SHIFTER и проиллюстрирована на рисунке 3.

Как видно, мантисса формируется в два этапа. На первой стадии с помощью

логических ресурсов LUT из входного числа создаётся множитель LUT INIT =  $2^{16 - MSB}$ . На второй стадии входные данные умножаются на величину сдвига в узле DSP48E1. На выходе умножителя образуется нормализованная мантисса FRAC(A). Согласно описанию, для умножения чисел без знака максимальная разрядность одного из множителей блока DSP48E1 равна 17, следовательно, мантисса и формируемый сдвиг не могут иметь большую разрядность. Это ограничение ещё раз обуславливает тот факт, что мантисса чисел в формате FP23 имеет разрядность 17. Старший бит мантиссы для ненулевых чисел равен 1, зарезервирован и применяется в операции поиска результирующей мантиссы, но не отображается в выходном представлении числа для нормализованного вида. Этот бит можно вывести и использовать в общем представлении слова, тогда разрядность выходного слова равна 24 битам.

Для уменьшения объёма занимаемых ресурсов кристалла блок DSP48E1 можно исключить. Тогда узел поиска мантиссы преобразуется в быстрый сдвиговый регистр (Barrel Shifter), но при этом несколько уменьшается производительность вычислительного узла. Для некоторых кристаллов ПЛИС количество DSP48E1 невелико, и лишние траты ресурсов критичны, поэтому при частом использовании блоков FP23 есть возможность выбрать тот или иной вариант. Кроме того, для варианта с использованием быстрого сдвига суммарная задержка на полное выполнение операции преобразования уменьшается на один такт, что крайне важно для задач, где требуется минимальная задержка на выполнение операций и преобразований данных.

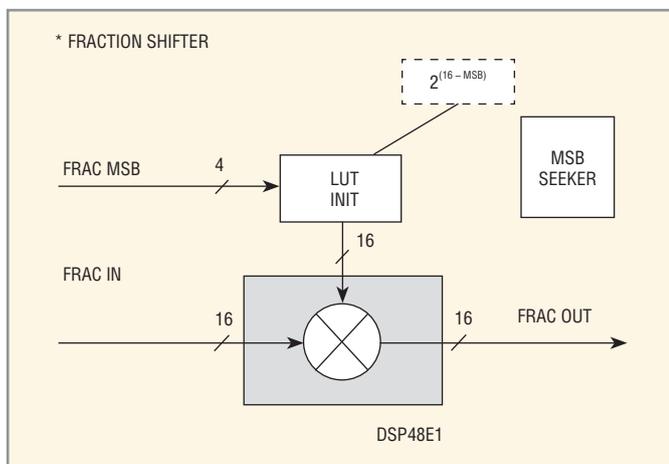


Рис. 3. Формирование нормализованной мантиссы

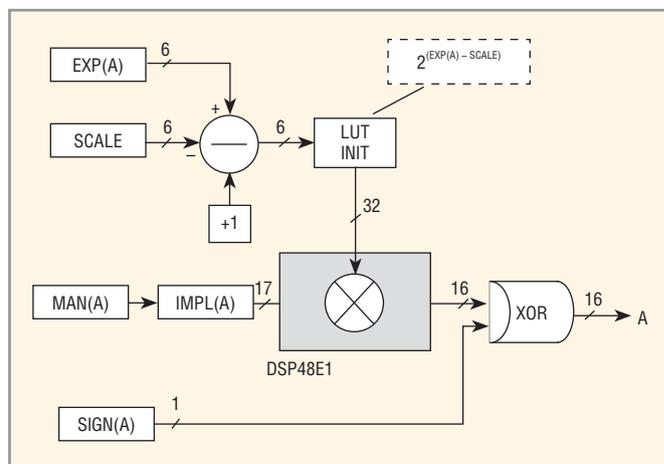


Рис. 4. Блок-схема преобразования числа формата FP23 в FIX16

Узлы суммирования для поиска экспоненты сделаны в виде полных двоичных сумматоров, для реализации которых применяются логические компоненты MUXCY, XORCY и CARRY CHAIN, входящие в состав базовых ячеек SLICEL и SLICEM. Подробное описание можно найти в любой литературе, посвящённой программируемой логике.

### ПРЕОБРАЗОВАНИЕ FP23 В FIX16

Преобразование данных из формата FP23 в FIX16 производится в четыре простых логических этапа. На рисунке 4 изображена структурная схема преобразования данных из формата FP23 в натуральный двоичный код.

Алгоритм поиска двоичного знакового числа A состоит из нескольких последовательных действий:

- из экспоненты EXP(A) вычесть значение SCALE (масштабирование выходных данных);
- сформировать сдвиговую маску  $2^{(EXP(A) - SCALE)}$ ;
- к мантиссе прибавить скрытый бит IMPL(A) и умножить результат на величину сдвига;
- учесть знак числа SIGN(A) путём взятия операции «исключающее ИЛИ».

Как и для узла прямого преобразования в формат FP23, в этой схеме для экономии ресурсов ПЛИС блок DSP48E1 можно заменить быстрым сдвиговым регистром, выполненным на ячейках SLICEM.

### УМНОЖЕНИЕ

Умножение чисел в формате FP23 – одна из самых простых и логичных операций. Аппаратно алгоритм умножения реализован следующим образом (см. рис. 5):

- умножение мантисс в узле DSP48E1;
- нормализация мантиссы (взятие в качестве мантиссы разрядов из битовой сетки [32...17] или [31...16], в зависимости от значения старшего значащего бита);
- арифметическое сложение экспонент;
- вычитание из суммы экспонент числа 16;
- если 33-й бит произведения мантисс равен 0, то из экспоненты результата вычитается ещё 1;
- определение знака произведения с помощью операции «исключающее ИЛИ».

В схеме не отражена логика умножения на нулевое число, но алгоритмически она сводится к тому, что если экспонента любого входного числа рав-

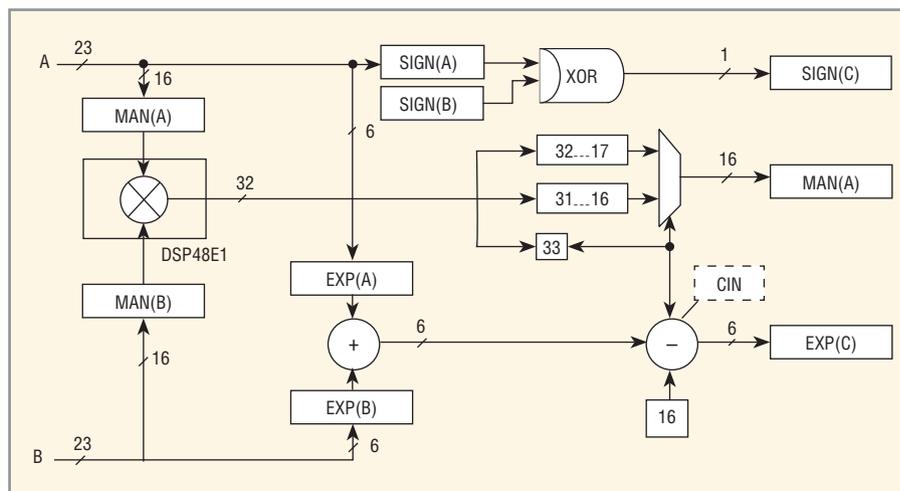


Рис. 5. Умножение чисел в формате FP23

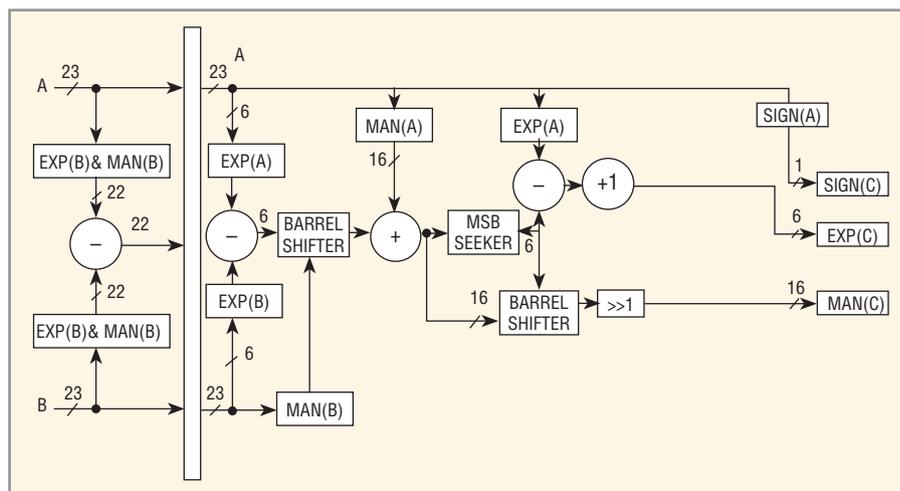


Рис. 6. Сложение чисел в формате FP23

на нулю, то результат на выходе также равен нулю. На ПЛИС поиск нуля организован с помощью логических функций AND и OR на базовых блоках LUT в составе SLICEL.

Число 16 вычитается из суммы экспонент для учёта скрытых битов в мантиссах входных чисел, которые дают двойную прибавку к экспонентам. Сумматоры и вычитатели в узле умножения чисел с плавающей запятой также реализованы по схеме двоичного полного сумматора.

### СЛОЖЕНИЕ И ВЫЧИТАНИЕ

Сложение и вычитание чисел в формате FP23 – самая сложная и затратная по ресурсам операция. Сложение состоит из следующих фундаментальных стадий (см. рис. 6):

- приведение операндов к одной экспоненте (выравнивание);
- арифметическое сложение мантисс;
- нормализация результата (подбор такой экспоненты, чтобы 16-й бит мантиссы был равен 1).

Аппаратно алгоритм сложения реализован следующим образом:

- операнды «A» и «B» сравниваются по модулю, и если  $|A| < |B|$ , числа меняются местами (мультиплексор данных);
- вычисляется разность экспонент операндов, а результат определяет, на сколько разрядов нужно сдвинуть мантиссу числа «B» вправо, чтобы привести числа к одной экспоненте;
- по разности экспонент формируется число  $2^{(16 - (EXP(A) - EXP(B)))}$ , на которое умножается мантисса числа «B»;
- результат умножения складывается с мантиссой нового числа «A»;
- в полученном числе определяется номер старшего значащего бита MSB, формируется число  $2^{(16 - MSB)}$ ;
- проводится нормализация мантиссы путём умножения суммы мантисс на число  $2^{(16 - MSB)}$ ;
- формируется экспонента числа  $EXP(C) = EXP(A) - MSB + 1$ .

Вычитание реализовано аналогично сложению. Единственное отличие

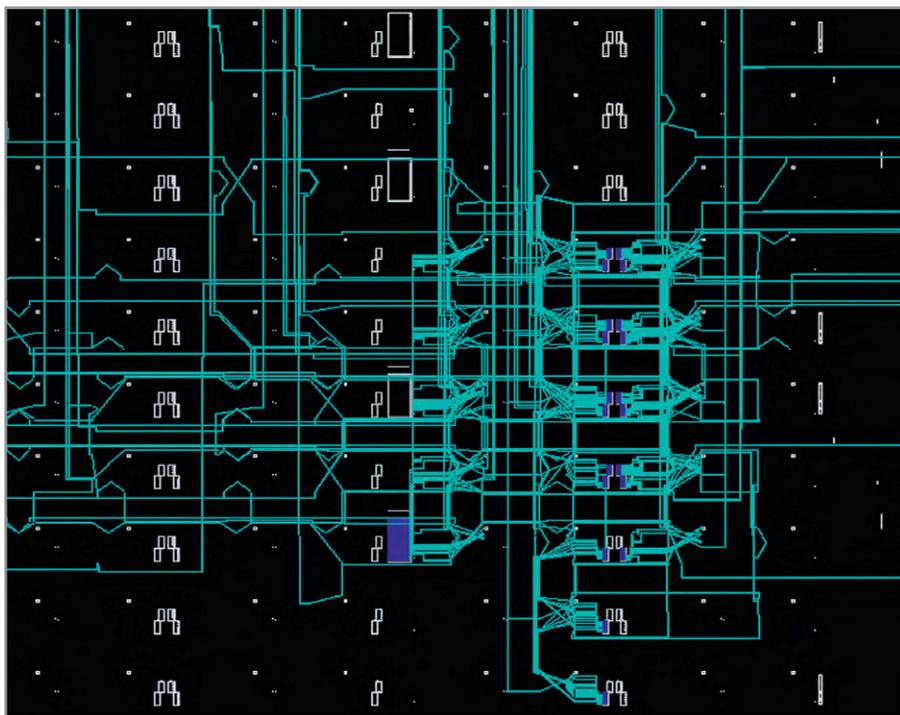


Рис. 7. Синтезированный компонент умножителя в Xilinx FPGA Editor

только в том, что у вычитаемого операнда инвертируется знак SIGN(B). Блоки DSP48E1 также можно заменить на быстрый сдвиговый регистр, и наоборот (компромисс между ресурсами и производительностью кристалла).

### Ресурсы ПЛИС

Результаты синтеза и задержка распространения на выполнение операции для каждого узла сведены в таблицу 2. Из неё видно, что самой простой и быстрой операцией является умножение двух чисел в формате FP23.

Объём занимаемых ресурсов после синтеза для всех узлов приведён в общем лог-файле. Пример результатов синтеза для умножителя «FP23» показан в листинге.

Таблица 2. Сводная таблица ресурсов

Имя компонента	Операция	Ресурсы DSP48	Задержка, тактов
fp23_fix2float_m1	Преобразование в FP23	0/1	8
fp23_float2fix_m1	Преобразование из FP23	0/1	4
fp23_addsub_m1	Сложение	0/2	12
fp23_mult_m1	Умножение	1	5

Таблица 3. Сравнение ресурсов и производительности

Операция	Ресурсы DSP48		Ресурсы LUT/FFs		Fmax, МГц		Задержка, тактов	
	Xilinx	Custom	Xilinx	Custom	Xilinx	Custom	Xilinx	Custom
FIX-to-FP	1	0/1	200	150	400	460	9	8
FP-to-FIX	1	0/1	120	85	430	530	6	4
ADD/SUB	2	0/2	350	380	380	450	12	12
MULT	3	1	120	70	420	520	6	5

На рисунке 7 показана трассировка компонента умножителя внутри кристалла ПЛИС в среде Xilinx FPGA Editor. Большой синий блок слева – узел DSP48, остальные блоки – конфигурационные ресурсы кристалла. Голубые линии – сигналы и межсоединения внутри ПЛИС.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все узлы реализованных компонентов для формата FP23 написаны на языке описания цифровых схем – VHDL. Для проверки правильности работы узлов на языке C++ написана небольшая тестовая программа, которая содержит функции математических операций с плавающей запятой на ПЛИС. Верификация про-

### Листинг

```

Top Level Output File Name:
fp23_mult_m1.ngc
Primitive and Black Box Usage:
-----
# BELS                : 106
# GND                  : 15
# INV                   : 1
# LUT2                  : 25
# LUT3                  : 16
# LUT4                  : 6
# LUT6                  : 14
# MUXCY                 : 14
# VCC                   : 1
# XORCY                 : 14
# FlipFlops/Latches    : 75
# Shift Registers      : 8
# SRLC16E              : 8
# DSPs                  : 1
# DSP48E1              : 1
-----
Fmax = 510 MHz
    
```

водилась с помощью систем автоматизированного проектирования для ПЛИС – Aldec Active-HDL и Xilinx ISE Design Suite.

Сравнительный анализ компонентов с плавающей запятой для IP-CORE Xilinx и специализированного формата FP23 приведён в таблице 3. Видно, что производительность для ядер FP23, реализованных оптимальным образом с учётом логики кристалла ПЛИС, выше. При этом ресурсов затрачено не больше, а в некоторых случаях в два раза меньше, особенно для узлов DSP48. Задержка на выполнение операций сопоставима.

Компоненты FP23 были реализованы автором при решении специализированных радиотехнических задач, в частности, использовались для создания узлов БПФ/ОБПФ на ПЛИС в задачах цифровой обработки больших потоков данных. Исходные коды RTL-описаний, программу тестирования и результаты синтеза можно найти по ссылке [1].

### ЛИТЕРАТУРА

1. [www.github.com/capitanov/fp23\\_logic](http://www.github.com/capitanov/fp23_logic).
2. Xilinx LogiCORE IP Floating-Point Operator. DS335. 2011. March 1.
3. Altera Floating-Point IP Cores User Guide. UG-01058. 2015.07.30.
4. ISO/IEC/IEEE 60559 (IEEE Std. 754–2008).
5. [www.habrahabr.ru/post/112953](http://www.habrahabr.ru/post/112953).
6. Muller J.-M., Brisebarre, N. Handbook of Floating-Point Arithmetic. 2010.



# Новости мира News of the World Новости мира

## TSMC получила пять заказов на производство 10-нм микросхем

Taiwan Semiconductor Manufacturing Co. готовится начать массовое производство микросхем при помощи технологического процесса 10 нм. Судя по ранее озвученным данным, данная технология позволит увеличить количество транзисторов и тактовые частоты систем-на-кристалле, а также снизить их энергопотребление. Однако улучшения не будут действительно глобальными, вследствие чего лишь ограниченное количество клиентов TSMC воспользуется 10-нм техпроцессом. Тем не менее, в компании говорят о том, что ряд клиентов заинтересован в данной технологии, получившей название CLN10FF.

Согласно ожиданиям TSMC, технология CLN10FF позволит увеличить транзисторную плотность микросхем примерно на 50% по сравнению с 16-нм технологиями компании последних лет (CLN16FF, CLN16FF+, CLN16FFC), которые использовали межблочные соединения от 20-нм техпроцесса CLN20SOC. Подобное улучшение потенциально даёт возможность существенно увеличить количество транзисторов на кристалле. Тем не менее, частотный потенциал 10-нм микросхем TSMC увеличится лишь на 20% при аналогичной сложности и энергопотреблении, а уменьшение энергопотребления составит 40% при сохранении тактовой частоты и транзисторного бюджета. Таким образом, с точки зрения многих разработчиков микросхем, CLN10FF не позволяет создавать радикально более мощные решения по сравнению с теми, что производятся по нормам CLN16FF+ (при значительном увеличении транзисторного бюджета потребуются снижать тактовую частоту).

Как следствие, многие из клиентов TSMC пропустят технологический процесс 10 нм, как поступили с технологическим процессом 20 нм. Исключение составят разработчики SoC для мобильных и некоторых других устройств, которым требуется продемонстрировать хоть небольшой технический прогресс каждый год. Именно поэтому количество моделей микросхем, которые будут производиться с использованием CLN10FF, будет небольшим. TSMC заявила о том, что на сегодняшний день получила фотомаски для изготовления пяти процессоров. Для сравнения, за месяцы до начала массового производства интегральных схем с использованием CLN16FF в 2015 г. компания име-

ла заказы на изготовление свыше десятка чипов.

К настоящему моменту TSMC уже успела произвести первую микросхему по технологии 10 нм. При этом производительность и плотность дефектов, по словам одного из руководителей компании, примерно соответствуют тем же параметрам микросхем, выпущенных на ранних стадиях освоения других продвинутых норм производства.

Технологический процесс 10 нм останется флагманской технологией TSMC примерно до начала 2018 г., когда компания начнёт изготавливать микросхемы с использованием норм производства 7 нм. В настоящее время более 20 клиентов TSMC выразили желание использовать CLN7FF, что говорит о том, что данная технология будет куда успешнее CLN10FF.

[www.3dnews.ru](http://www.3dnews.ru) со ссылкой на TSMC



## Магнитодиэлектрики MICROMETALS

### Применение сердечников Micrometals гарантирует:

- снижение стоимости индуктивных компонентов
- повышение надёжности аппаратуры
- снижение потерь на 30...50% по сравнению с ферритами
- оптимизацию конструкции и уменьшение габаритов индуктивных компонентов



**PROCHIP**  
POWERED BY PROSOFT

Активный компонент вашего бизнеса

ТЕЛ.: (495) 232-2522 / INFO@PROCHIP.RU / WWW.PROCHIP.RU



Реклама

# Исповедь советского изобретателя в области силовой электроники

**Пётр Новыш (Санкт-Петербург)**

**Научный работник в области силовой электроники Пётр Новыш вспоминает, что и при советской власти в Ленинграде изобретателям было не всегда сладко.**

Для меня любая деятельность, лишённая элементов творчества, всегда казалась бесцветной, безвкусной. Правдами и неправдами я обычно умудрялся избегать рутинной работы. Вне зависимости от профиля конторы, занимаемой должности, вида и направления плановых работ, главное, к чему я всегда серьёзно относился, была личная (обычно в творческом сотрудничестве с коллегами) научная работа. Завершалась она статьями в научно-технических журналах и авторскими свидетельствами СССР (для молодого читателя поясню, что это был бессрочный патент, 100-процентным владельцем которого являлось государство) с последующим внедрением изобретений в промышленность.

Чаще всего начальникам не нравились мои претензии на независимость, инициативность и творческие потуги, отвлекающие от главной святыни того времени – перевыполнения плана.

Кроме того, я не раз прибегал к защите, которую предоставляло государство: использовал право подачи заявки на изобретение вне зависимости от воли начальства.

В молодости для самоутверждения казалось значительным, что однажды во ВНИИМР [1] мою фотографию вывесили на Доску почёта с подписью «Лучший изобретатель института». Тогда, помню, я каждое утро ходил пешком на работу от площади Льва Толстого до Одиннадцатой линии Васильевского острова, и этот период был для меня самым творческим и блаженным. Мозг работал чисто, с полной отдачей. И я испытывал огромное счастье от общения с моими талантливыми соавторами изобретений.

Потом, в поисках лучшей доли, защитил диссертацию и немало «попрыгал» по разным конторам Ленинграда. Это ОКБ Радуга [2], ВНИИЭСО [3] и др. К сегодняшнему дню количество автор-

ских свидетельств и патентов у меня приближается к сотне. Думаю, что трудно сейчас найти такой российский городок, в котором не работало бы какое-нибудь из моих изобретений, преимущественно в области силовой электроники. Некоторые из моих изобретений используются и за границами бывшего СССР.

Сразу после публикации работ, описывающих те или иные изобретения, ими частенько заинтересовывались сторонние разработчики, которые обычно выходили на нас через патентные службы. Мы не секретничали – откровенно делились ноу-хау. Кое-кто их внедрял, но при этом случаев повышения уровня авторских вознаграждений я не припомню. Не было и каких-либо разработанных стандартных механизмов расширения области использования патентов.

Службы, призванные всячески засекречивать изобретения, в те времена работали чётко, засекречивая всё, что представляло хоть какую-то ценность для оборонной промышленности. Поэтому я старался избегать «оборонных» работ. Тем не менее, многие мои авторские свидетельства СССР получили гриф «Для служебного пользования». То есть их формально принести даже к себе домой не разрешалось. Так, например, термин «плазмотрон для резки металла» рекомендовалось по-идиотски называть «горелкой» – всё было жутко секретно... Даже сегодня я не нахожу способа прочитать все свои «грифованные» авторские свидетельства СССР в интернет-публикациях Роспатента.

Изобретательство автоматически задерживало мой должностной рост. К счастью, творчество для меня всегда было многократно дороже. В моём представлении всегда и во всех цивилизованных странах главное предназначение любого инженера состоит в создании новой техники, что оформляется в виде запатентованных им спо-

собов или устройств. Если этого нет, то, несмотря на наличие любых дипломов, технических навыков или менеджерских способностей, нет и инженера.

Разумеется, для поддержания своего существования инженер должен при капитализме ладить с бизнесом, а при социализме – придуриваться и бороться с бюрократией. Эти максимы я обычно скрывал, чтобы не быть уж на столько явным «врагом народа». И многие из этого народа выговаривали мне прямо в лицо, что моя деятельность пахнет индивидуализмом, что в то время считалось крайне грешным делом [4].

Уже перед самой перестройкой, вооружившись знанием законодательных актов по изобретательству, я собрал все свои авторские свидетельства и протоколы об их внедрении в народное хозяйство и прошёл в кабинет к высокому начальнику в наш знаменитый ленинградский «Дворец труда», где стал канючить о возможности присвоения мне звания «Заслуженного изобретателя РСФСР».

Выслушав меня, начальник засмеялся и сказал, что я не принёс самую главную бумагу – мой «Наградной лист», который я должен оформить в парткоме предприятия по месту работы.

Тут уже и я рассмеялся и сообщил начальнику, что на нашем предприятии в парткоме сосредоточились технически необразованные служащие, которые при всём желании, в принципе, сами не способны ничего изобрести, кроме вороха бюрократических бумаг, а уж разобраться в сути чужих изобретений не смогут и подавно.

Тогда начальник перестал смеяться и выгнал меня из своего кабинета.

Вот так я умудрился прожить без столь высокого звания РСФСР.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Новыш Пётр*. Лев Данилов. Современная электроника. 2015. №1. С. 76.
2. *Новыш Пётр*. «Растровый узел»: свят лишь План. Современная электроника. 2016. №1. С. 66.
3. *Новыш Пётр*. В отделе Быховского. Современная электроника. 2015. №8. С. 96.
4. [www.proza.ru/2010/01/09/225](http://www.proza.ru/2010/01/09/225).



# ДИПОЛЬ



## Осциллографы Keysight Technologies InfiniiVision 3000T серии X со склада «Диполь»

Производительность старших серий осциллографов теперь доступна в сегменте среднего класса! Революционная технология сенсорного запуска InfiniiScan Zone Trigger, емкостный сенсорный экран, специально разработанный пользовательский интерфейс, функциональность нескольких приборов в одном – и все это в сочетании с бескомпромиссной скоростью обновления более 1 млн. осциллограмм в секунду.

- Функциональность «6 приборов в 1»: осциллограф, частотомер, вольтметр, генератор, логический анализатор и анализатор протоколов.
- Полоса пропускания до 1 ГГц.
- Скорость обновления осциллограмм на экране – 1 млн. осцилл./с.
- Аппаратное декодирование протоколов и тестирование по маске.
- Расширенный математический анализ в базовой конфигурации, 38 автоматических измерений.

### Сомневаетесь в выборе?

**Выездные демонстрации и специальные ценовые предложения помогут принять решение и сэкономить бюджет**

- Скорость поставки. Более 400 наименований продукции находится на складе и готовы к отгрузке в любой момент.
- Точность измерений. Услуги первичной и периодической поверки от собственной метрологической лаборатории.
- Уверенность в оборудовании. Собственный сервисный центр и трехлетняя гарантия от производителя.



Реклама

Санкт-Петербург / Москва / Нижний Новгород / Екатеринбург  
www.dipaul.ru / info@dipaul.ru / тел. (812) 702-12-66

# Кибатлон – будущее с неограниченными возможностями

На глазах у тысяч зрителей впервые в истории разворачиваются соревнования для людей с кибернетизированными технологиями. Спортсмены, которых на Кибатлоне называют «пилотами», преодолевают полосы препятствий с помощью экзоскелетов, колясок-трансформеров, биопротезов и управляют компьютерными программами силой мысли. Технологии, увеличивающие силу и мобильность человека, могут стать не только реальностью для людей с ограниченными возможностями, но и будущим для всех жителей планеты.

## Зачем нужен Кибатлон?

По данным ВОЗ, люди с ограниченными возможностями составляют 15% населения планеты. От 110 до 190 млн человек испытывают трудности с функционированием организма. В повседневной жизни подавляющее большинство инвалидов пользуется громоздкими колясками и неудобными протезами. Однако сегодня есть возможность улучшить жизни тех, кто в этом действительно нуждается. Современные устройства эволюционировали в активные системы, которые через нейроинтерфейсы распознают намерения человека и задействуют сервоприводы для эффективного решения задачи. Проблема заключается в том, что достижения науки малоизвестны и недоступны широким массам.

Видимо, подобные мысли не давали покоя Роберту Ринеру – профессору из Швейцарского национального центра робототехнических исследований (NCCR Robotics). В результате поисков способа продвижения новейших технологий родилась идея соревнования людей, использующих высокотехнологичные ассистивные устройства: робо-

тизированные коляски, бионические протезы верхних и нижних конечностей, экзоскелеты, интерфейсы «мозг-компьютер». К организации события подключились представители Швейцарской высшей технической школы (ETH Zurich), общественные деятели, увлечённые высокими технологиями, и сами участники соревнований. Соревнования назвали Кибатлоном, или «Олимпиадой киборгов».

Событие, стоящее на стыке нескольких областей (медицина, технологии и спорт), призвано привлечь внимание общественности к передовым разработкам в области протезирования и нейронных систем.

Вполне естественно, что первое сравнение, которое приходит на ум: Кибатлон – это Паралимпиада, только с высокими технологиями. Такой вариант верен лишь отчасти. Всё-таки детище экспертов из Швейцарии больше похоже на гонки. Здесь тоже есть пилот, который управляет машиной, созданной целой группой инженеров-разработчиков. И даже своеобразный Кубок конструкторов имеется – в каждой дисциплине награду получает не только

спортсмен, но и его команда. И, кстати, автомобильные гонки также некогда продвигали прогресс компаний-производителей.

Сам идеолог проекта Роберт Ринер видит главным преимуществом Кибатлона возможность объединить на одной площадке разработчиков и непосредственных пользователей новых устройств, что просто необходимо для совершенствования технологий. «Некоторые из современных разработок выглядят очень круто, но, чтобы стать практичными и удобными в применении, им предстоит проделать долгий путь», – выразил своё мнение профессор в одном из интервью телеканалу BBC.

Потенциальные потребители – кладезь информации и опыта. Именно они подсказывают, как правильно сконструировать те или иные элементы устройств, сделать их более удобными и полезными для жизни. Кроме того, площадка в Цюрихе предоставит возможность общения ключевым игрокам глобального рынка ассистивных технологий. Разработчики обмениваются опытом, отслеживают достижения коллег, тестируют свои идеи. И очень высок шанс, что именно благодаря Кибатлону в ближайшее десятилетие многие научные идеи реализуются в конечных устройствах, созданных людьми для людей.

Участие команды России в Кибатлоне запланировано в рамках реализации Дорожной карты «НейроНет» Национальной технологической инициативы Российской Федерации при поддержке РВК, Фонда «Сколково», Агентства стратегических инициатив и Отраслевого союза «НейроНет». Благодаря поездке наших команд на игры, компаниям-разработчикам открываются возможности выхода на глобальный рынок, а это первый шаг к дальнейшему технологическому лидерству России в этой отрасли.

## Давай, Россия!

В этом году в Цюрих приехали 59 команд из 25 стран мира, Российская делегация была одной из самых многочисленных: наша сборная состояла из шести команд, которые выступили в пяти дисциплинах из шести заявленных. Мероприятие посетили тысячи человек, а миллионы наблюдали за



соревнованиями на экранах своих телевизоров и гаджетов по всему миру. В рамках Кибатлона прошла первая в мире гонка аватаров, управляемых участниками через интерфейс «мозг–компьютер». За победу боролись спортсмены, носящие экзоскелеты и автоматизированные протезы.

Подробнее о достижениях в высокоточном протезировании и нейроинтерфейсах рассказал исполнительный директор Отраслевого союза «НейроНет», капитан сборной России на Кибатлоне Александр Семёнов: «За последние три-четыре года запустилось и успешно реализовалось несколько научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Особенно успешно развивается протезирование верхних конечностей, появились специальные устройства для детей. Существенные сдвиги есть в направлении проектирования и внедрения экзоскелетов. Некоторые образцы уже успешно применяются на дому и в лечебных учреждениях. Уже давно в России идёт работа над комплексами с интерфейсом «мозг-компьютер». Надеемся, что в ближайшее время подобные технологии станут широкодоступны. Программы будут полезны, прежде всего, для популяризации устройств по восстановлению мобильности людей с ограниченными возможностями».

Отрасль производства ассистивных устройств внутри российской экономики вышла на новый уровень за последние несколько лет. Особенно преуспели компании-разработчики биоэлектрических протезов рук, которые, в частности, занимаются технологиями по восстановлению возможностей для детей. Сейчас уже можно говорить о том, что в этой области Россия готова к импортозамещению и выходу на глобальный рынок.

На Кибатлоне Россию представляли команды от компаний «Орто-Космос», «Моторика», «Клайбер Бионикс», «Нейроботикс» и «Катэर्वиль». Боролись спортсмены в пяти дисциплинах:

- LEG – прохождение полосы препятствий с активным протезом ноги (команда ORTOKOSMOS);
- EXO – прохождение полосы препятствий с активным экзоскелетом (команда NeuroWalk);
- VCI – управление компьютерной игрой парализованным участником (команда Neurobotics);
- WHEEL – прохождение полосы препятствий на электрифицированной коляске (команда CaterWil);



Рис. 1. Многофункциональный протез бедра METIZ HYPERKNEE в действии

- ARM – соревнования с протезом руки (команды Kleiber и Stradivary).

## Команды и технологии

### ORTOKOSMOS, компания

#### «Орто-Космос» – протез ноги

В дисциплине LEG представители сборной России выступили с многофункциональным протезом бедра METIZ HYPERKNEE (см. рис. 1). Все его детали разработаны и изготовлены в России фирмой ООО «Метиз производство». В основе протеза лежат гидравлический коленный шарнир и энергосберегающая углепластиковая стопа с регулировкой высоты пятки. Сочетание этих разработок даёт METIZ HYPERKNEE крайне широкий функционал. Например, с обычным протезом человек может комфортно передвигаться только по идеально горизонтальной поверхности. Даже к небольшому спуску и уклону надо адаптироваться, опираясь на пятку и рискуя упасть.

Электронный же протез считывает рельеф поверхности, автоматически подстраивая подъём носка под него, чтобы человек не спотыкался и не прилагал дополнительных усилий. Протез даже запоминает особенности стиля ходьбы владельца и подстраивается под него. Регулировка высоты подъёма пятки позволяет носить обувь с любой подошвой и даже с каблуками или вовсе обходиться без неё (например, в домашних условиях). Всего этого получилось достичь за счёт встроенного микропроцессора, датчиков положения и ускорения, гидравлической системы и электрических приводов. Важно, что METIZ HYPERKNEE выглядит абсолютно естественно: непосвящённый человек по внешним признакам вряд ли сможет отличить протез от ноги.

В новую разработку вложен весь опыт компании «Орто-Космос», накопленный почти за четверть века. Помимо METIZ HYPERKNEE среди разработок компании есть модули для занятий водными видами спорта: они изготовлены из коррозионностойких материалов, а электроника позволяет находиться несколько часов на глубине до трёх метров. Также представлены протезы с дополнительной страховкой – т.е. встроенными датчиками опоры, защищающими от падений. А верх технологий – разработка с искусственным интеллектом.

Здесь установлена уже более сложная система, обладающая модулем искусственной проприоцепции (ощущение положения своего тела в пространстве). Устройство непрерывно следит за состоянием системы «человек–протез» и постоянно поддерживает симметрию между здоровой ногой и искусственной конечностью. Более того, микропроцессор создаёт мгновенные ответные реакции, подобные человеческим, что позволяет протезу воспроизвести естественную кинематику ходьбы.

### NeuroWalk, компания

#### «Нейроботикс» – экзоскелет

Одними из самых зрелищных состязаний для рядовых зрителей на Кибатлоне стали гонки экзоскелетов, которые представляют собой внешний каркас с приводящими элементами. Они полностью дублируют биомеханику человека и увеличивают его физические возможности. Особенно интересно, что появились экзоскелеты благодаря русскому инженеру-механику Николаю Ягню. Ещё в 1890-х гг. он зарегистрировал ряд патентов на эту тему. Костюм создавался для военного дела – он должен был облегчить ходьбу, бег и прыжки солдат. Но со временем идея



Рис. 2. Интерфейс «мозг–компьютер»

наделять людей суперсилой трансформировалась в более полезную мысль – в первую очередь дать свободу движений тем, кто в этом нуждается.

Мысль о поддержке людей с ограниченными возможностями легла в основу разработок многих последователей Ягна, в числе которых и специалисты «Нейроботикс». Компания специализируется на нейронауке и уже более 10 лет занимается производством антропоморфной робототехники и искусственного интеллекта.

Рядовому потребителю разработка экзоскелета на фоне достижений компании может показаться вполне рядовым делом. Однако это в корне неверно. Для создания модели, которая в итоге отправилась в Швейцарию, использовался целый комплекс технологий:

- моделирование CAx, CAD, ECAD, CAM, CAPP;
- 3D-печать;
- фрезерная токарная обработка;
- монтаж многослойных печатных плат;
- беспроводная передача данных;
- многопроцессорная система управления;
- объектно-ориентированное программирование;
- технология адаптивного управления;
- технология неинвазивной регистрации управляющих сигналов от биопотенциалов мышц;
- технология неинвазивной регистрации управляющих сигналов от биопотенциалов мозга.

#### **Neurobotics, компания «Нейроботикс» – интерфейс «мозг–компьютер»**

Ещё одна команда от «Нейроботикс» на Кибатлоне выступала в гонках с использованием нейроинтерфейса. Компания предложила свой интерфейс «мозг–компьютер» (ИМК), в основе которого лежит метод биологической

обратной связи. С коры головного мозга при помощи специальных датчиков снимаются электромагнитные токи. Затем они усиливаются и переводятся в компьютерные команды для робота. ИМК может использоваться для управления движениями колёсного робота, квадрокоптера, роботизированной руки, автоматизированной инвалидной коляски, работой умного дома и пр. Для этого необходимы только биоусилитель и электроэнцефалографическая шапочка (см. рис. 2).

Технология, разработанная «Нейроботикс» и представленная в Швейцарии, отличается от аналогов тем, что команды формируются исключительно исходя из психической активности человека. Пилоту не нужно намеренно двигать глазами или головой, специально сокращать лицевые мышцы или стискивать зубы. Он просто думает, мозг подаёт импульсы, которые улавливает электроника.

В реальном времени можно распознать до 8 отдельных состояний, которые пользователь использует в качестве команд управления: нейтральное, концентрацию, расслабление, воображаемые движения ногами, перевод внимания внутрь головы и ментальную тишину (остановку мыслительных процессов). Неподготовленный человек буквально за 10 минут обучается использованию двух команд, а за 15 минут – трёх. Опытный пользователь использует все возможности в фоновом режиме. То есть, может говорить, ходить и параллельно выполнять другие операции с использованием нейроинтерфейса.

Кроме того, разработчики наделили устройство такими приятными бонусами, как возможность управления с помощью Bluetooth на расстоянии до 10 м и непрерывная работа в течение минимум 8 часов. Вес его составляет всего лишь 50 г.



Рис. 3. Коляска-трансформер CaterWil

#### **CaterWil, компания «Катэर्वиль» – коляска-вездеход**

В дисциплине WHEEL наша сборная продемонстрировала коляску-трансформер CaterWil (см. рис. 3). Главная задача, которую ставили перед собой разработчики устройства, – подобрать такое сочетание технологий, которое обеспечит свободу передвижения и независимость пользователя. И команде это удалось: коляска легко преодолевает бордюры и ступени высотой до 20 см и уклоном до 40°. Разработка имеет два хода – гусеничный и колёсный, поэтому легко адаптируется к любой дорожной поверхности.

Переключение режимов осуществляется со встроенного в подлокотник пульта нажатием одной кнопки. Важно, что при использовании колёсного хода можно дополнительно отрегулировать наклон кресла. А вот в гусеничном режиме автоматически активируется гироскопическая система, надёжно фиксирующая спинку кресла в ровном положении, тем самым обеспечивая безопасность во время преодоления препятствий.

У CaterWil есть ещё несколько полезных особенностей, которые выгодно отличают её от аналогов и предыдущих разработок компании «Катэर्वиль». Это:

- система Smart Control, обеспечивающая принудительный поворот передних колёс, придаёт коляске чрезвычайную манёвренность;
- ёмкость аккумулятора 35 Ач, что увеличивает запас хода до 25 км;
- гусеницы шириной 60 мм гарантируют устойчивость и безопасность как в обычных условиях, так и при подъёме по лестнице и при спуске;
- передние колёса диаметром 200 мм увеличивают проходимость коляски;
- возможность программирования отзывчивости джойстика, что задаётся на самом пульте нажатием определённой комбинации кнопок;



Рис. 4. Команда Kleiber с разработкой протеза руки



Рис. 5. Биозлектрический протез кисти Stradivary

• удобные аксессуары: сидение, подлокотники, подножки и подголовник имеют много настроек, что позволяет адаптировать CaterWil под любые потребности.

Производство модели налажено на предприятии ООО «Катэर्वиль» в Новосибирске.

#### **Kleiber, компания KleiberBionics – протез руки**

Пожалуй, самыми приближенными к условиям реальной жизни получились состязания в дисциплине ARM. Здесь спортсмены с протезами верхних конечностей проходили полосу препятствий: перемещали элементы специальной мозаики между двумя столами, проводили рамку по криволинейной траектории в виде изогнутой трубки без касания, развешивали бельё, закрепляя его прищепками, застёгивали пуговицы, резали хлеб, открывали консервные банки и ввинчивали лампочки.

За победу боролись сразу две российские команды, и обе принадлежат очень молодым компаниям: KleiberBionics и Motorica. Первая компания была основана в 2016 г. выпускниками МГТУ им. Н.Э Баумана и является резидентом инновационного центра Сколково. Но, несмотря на молодость, у основателей компании есть десятилетний опыт в изучении программирования, микропроцессорной техники, схемотехники и твёрдотельного моделирования.

Путь к бионическому протезированию лежал через многочисленные разработки в области робототехники. Результатом деятельности стало устройство Kleiber Solo, состоящее из пяти роботизированных пальцев, способных двигаться отдельно (см. рис. 4). Внутри каждого пальца размещается по шесть сервоприводов для движения и датчик угла. Для управления в корпусе ладони установлен микропроцессорный модуль.

Движения пользователь Kleiber Solo совершает буквально силой мысли. На коже устанавливаются специальные

электроды, которые многократно усиливают сигналы от мышечных волокон и позволяют управлять величиной усиления, за счёт чего производится точная настройка под конкретного человека. Далее принятый сигнал очищается от помех при помощи цифровой фильтрации, а параллельно изменяется уровень активности мышцы. При определённом пороге срабатывает команда на сжатие или разжимание пальцев. Таким образом, протез частично возвращает утраченные функции руки, позволяя справляться с различными манипуляциями в домашних условиях. В Kleiber Solo предусмотрено 12 вариантов захвата, от 6 до 12 степеней свободы, 14 тактильных сенсоров, а усилия на кончиках пальцев достигают 150 Н.

#### **Stradivary, компания Motorica – протез руки**

Ещё одна российская команда, выступившая в дисциплине ARM, принадлежит совсем молодой компании Motorica, которая существует с февраля 2015 г. В настоящий момент активно занимается установкой тяговых протезов рук и введением новых стандартов в детском протезировании.

В Цюрих команда привезла биозлектрический протез кисти Stradivary (см. рис. 5). Это первый отечественный высокофункциональный миоэлектрический протез предплечья, а в ближайшем будущем и всей руки. Пальцы на протезе приводятся в движение с помощью электродов, считывающих электрический ток, который вырабатывается мышцами в момент их сокращения. Затем информация передаётся на микропроцессор кисти, и в результате протез выполняет определённый жест или хват. Миоэлектрические протезы способны к выполнению движений мелкой моторики и дают возможность успешно пользоваться такими вещами, как ложка, вилка и шариковая ручка. Разработчики подумали даже о том, чтобы выполнить поверхность пальцев

протеза с рельефной фактурой, иначе предметы выскальзывали бы из руки.

Протез Stradivary способен выполнять до 6 различных хватов и жестов. Скорость открытия и закрытия ладони при этом составляет всего 0,5 с, что практически сопоставимо со скоростью движения настоящей руки. Время активной эксплуатации протеза достигает 12 часов, а в режиме ожидания он и вовсе может находиться трое суток. Для удобства пользователя аккумулятор съёмный и полностью заряжается в течение двух часов. Предусмотрена и возможность беспроводной зарядки.

Также компания разработала специальную обучающую программу для совершенствования техники пользования протезом. Интересно, что выглядеть протез будет так, как захочет пользователь. При желании можно сделать его максимально похожим на обычную руку, а можно изготовить высокотехнологичный гаджет, похожий на кисть робота.

В дальнейшем компания Motorica планирует оснастить свою разработку технологией Wi-Fi, сенсорным дисплеем с возможностью просмотра почты и социальных сетей, добавить в протез функцию smart-часов, а затем и полноценного смартфона. Искусственное устройство сможет выступать пультом управления для любых домашних электронных устройств, начиная с чайника и заканчивая телевизором.

Соревнования Кибатлон – своевременное и нужное событие. В случае успеха состязаний следующая встреча произойдёт в 2020 г. в Токио. Стать хозяйкой мероприятия в скором будущем планирует и Россия. Кибатлон и представленные на нём технологии стирают границы между здоровыми людьми и инвалидами. Идея организаторов заключается в том, чтобы уничтожить межличностные барьеры и реализовать надежды тех, кто хочет активно жить и добиваться успехов в своей социальной и профессиональной деятельности.



# Точные измерения – основа качества и безопасности

С 17 по 19 мая 2016 г. в Москве, на ВДНХ, в павильоне №69 успешно прошли 12-й Московский международный инновационный форум и выставка «Точные измерения – основа качества и безопасности'2016», приуроченные к Всемирному дню метрологии.

В рамках Форума состоялось 5 специализированных выставок:

- 12-я выставка средств измерений и метрологического обеспечения «METROLEXPO-2016»;
- 5-я выставка промышленного оборудования и приборов для технической диагностики и экспертизы «CONTROL & DIAGNOSTIC-2016»;
- 5-я выставка технологического и коммерческого учёта энергоресурсов «RESMETERING-2016»;
- 4-я выставка аналитических приборов и лабораторного оборудования промышленного и научного назначения «LABTEST-2016»;
- 4-я выставка программного обеспечения и оборудования для промышленной автоматизации «PROMAUTOMATIC-2016».

Выставочные разделы были сведены в единую профессиональную деловую программу первого всероссийского съезда метрологов и приборостроителей под девизом «Измерения в динамичном мире», в рамках которого состоялись:

- пленарное заседание «Состояние и перспективы развития метрологии и приборостроения»;
- дискуссионные секции по промышленной метрологии;
- круглые столы и семинары компаний-участников выставки;
- профессиональные курсы повышения квалификации метрологов и приборостроителей.

В рамках выставки были подведены итоги Всероссийской выставочно-конкурсной программы «За единство измерений» на присуждение Знаков качества СИ, золотых и платиновых медалей выставки.

В торжественной церемонии открытия форума 17 мая приняли участие: первый заместитель министра промышленности и торговли Российской Федерации Г.С. Никитин, руководитель Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии А.В. Абрамов, директор Департамента государственной политики в области технического регулирования, стандартизации и обеспече-

ния единства измерений Минпромторга России К.В. Леонидов, заместитель руководителя Росстандарта Б.М. Потёмкин, заместитель руководителя Росстандарта С.С. Голубев, старший вице-президент по инновационному развитию, главный инженер АО «РЖД» В.А. Гапанович и другие представители крупнейших предприятий и научных учреждений, директора национальных метрологических институтов и государственных региональных центров стандартизации, метрологии и испытаний.

С приветственным обращением к участникам и гостям Форума выступил Глеб Никитин: «Все аспекты промышленного развития нашей страны пронизаны тематикой измерений. Промышленная динамика в принципе невозможна без такой важнейшей инфраструктуры, как инфраструктура обеспечения точности измерений, потому что это основа доверия между контрагентами. Основным драйвером промышленного развития России является импортозамещение, но мы говорим себе, что импортозамещение не может быть, не должно быть исключительно ориентированным на внутренний рынок и текущий уровень развития технологий. Мы ориентируемся на экспорт, на глобальный конкурентоспособный продукт – а это озна-





чает повышение качества продукции, которое невозможно без точных измерений, метрологического обеспечения. В нашей промышленности происходит оживление – и те тенденции, те окна возможностей, которые сопряжены с вызовами за последние годы, сегодня активно используются нашими предприятиями для своего развития».

Главным событием пленарного заседания Первого всероссийского съезда метрологов и приборостроителей стало представление заместителем руководителя Росстандарта Сергеем Голубевым обширного доклада «Стратегия обеспечения единства измерений в Российской Федерации до 2025 г.». Цель стратегии – создание системы, соответствующей по уровню лидерам среди промышленно развитых стран, базирующейся на отечественных импорто-независимых технологиях и приборной базе, полностью обеспечивающей единство всех измерений в сфере государственного регулирования, информативность об ОЕИ и доступность услуг, необходимых для построения инновационной экономики России.

18 мая 2016 г. в рамках 12-го Московского международного инновационного форума и выставки «Точные измерения – основа качества и безопас-



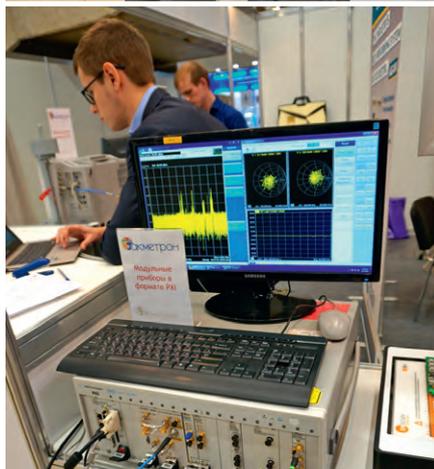
ности» руководитель Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) Алексей Абрамов и генеральный директор Российского экспортного центра (РЭЦ) Пётр Фрадков подписали соглашение о сотрудничестве в области сертификации и патентования.

Документ предусматривает кооперацию по вопросам устранения технических барьеров во внешней торговле, гармонизацию национальных требований и процедур с международными организациями, участие в разработке национальных и международных стан-

дартов, создание условий, способствующих повышению качества и конкурентоспособности российских товаров, работ и услуг, внедрение на экспортном производстве передовых технологий, развитие совместной лабораторной базы испытаний по различным видам продукции, а также создание международных центров по сертификации в Российской Федерации.

19 мая в завершающий день работы форума состоялась торжественная церемония награждения лауреатов Всероссийской выставочно-конкурсной программы «За единство измерений»





за 2016 г., которая проходит на базе конкурсной комиссии ФБУ «Ростест-Москва».

Основная цель конкурса – аттестация приборов и оборудования, относящихся к различным средствам измерений, диагностики, испытаний и аналитики, на соответствие их высоким метрологическим характеристикам и качеству, а также награждение наиболее интерактивных выставочных экспозиций и активных участников съезда метрологов и приборостроителей.

Конкурсная комиссия на основании заключений экспертного центра ФБУ «Ростест-Москва» присудила Знак Качества по одной из пяти номинаций 22 средствам измерений, золотую медаль выставки – 52 номинациям, платиновую медаль выставки – 5 номинациям.

Памятные дипломы были вручены 45 региональным ЦСМ и 7 национальным метрологическим институтам,

принявшим активное участие в выставочной программе форума.

Выставка и конференция состоялись при поддержке Правительства Российской Федерации и международных организаций (BIPM, OIML, CoOMET) при участии Торгово-промышленной палаты Российской Федерации, Министерства энергетики Российской Федерации, Министерства внутренних дел Российской Федерации, Федерального космического агентства, Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», Государственной корпорации «Ростехнологии», АО «РОСНАНО», АО «РЖД» и Союза машиностроителей России.

Организатором мероприятия выступили Министерство промышленности и торговли Российской Федерации и Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. 

**ЭЛЕКТРОНИКА**  
КОМПОНЕНТЫ • ОБОРУДОВАНИЕ • ТЕХНОЛОГИИ

# ChipEXPO-2017

СЕНТЯБРЬ 27-29

15-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА  
РОССИЯ • МОСКВА • ЭКСПОЦЕНТР

Реклама

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

 **МИНПРОМТОРГ  
РОССИИ**



Ростех

РОСАТОМ

Департамент радиоэлектронной промышленности  
Министерства промышленности и торговли  
Российской Федерации

Государственная Дума Федерального собрания  
Российской Федерации

Департамент науки, промышленной политики и  
предпринимательства города Москвы

Московская торгово-промышленная палата

ГК "Ростех"

ГК "Росатом"

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

# «Фестиваль инноваций» форума «Микроэлектроника 2016»

С 26 по 30 сентября 2016 г. в Алуште (Республика Крым) прошёл международный форум «Микроэлектроника 2016», который объединил разработчиков и представителей науки в микроэлектронной отрасли, продолжая традиции крымских конференций по актуальным проблемам микроэлектроники, проходивших в Гурзуфе.

В форуме «Микроэлектроника 2016» приняли участие разработчики ЭКБ и аппаратуры, представители мировых вендоров средств автоматического проектирования, а также потребители микроэлектронной продукции для космического и авиационного приборостроения, представители автомобильных концернов.

В общей сложности «Микроэлектроника 2016» собрала более 300 специалистов радиоэлектронной отрасли, ведущих учёных РАН и вузов, представивших 123 предприятия и образовательных учреждения из 33 городов и регионов России, а также Республики Беларусь, Республики Армения, Китайской Народной Республики.

Организаторами Форума в этом году выступили АО «НИИМА «Прогресс» и НП «ГЛОНАСС». Поддержку оказали Минпромторг России, корпорация «Ростех», НИУ МИЭТ, Инновационный центр «Сколково», АО «ЗНТЦ».

Для более интенсивной работы и взаимодействия узкопрофильных специалистов работало 8 секций, на которых было представлено чуть менее 200 докладов по приоритетным тех-

нологическим направлениям в микроэлектронике, перспективам развития рынка навигационно-связных СБИС и СВЧ-модулей, информационно-управляющим системам на основе компонентов микро- и наноэлектроники, что способствовало не только обмену опытом, но и позволило найти точки пересечения проектов для организации более эффективного сотрудничества.

Нововведением Форума этого года стал «Фестиваль инноваций» – конкурс инновационных проектов стартапов, исследовательских центров и новых разработок предприятий радиоэлектронной промышленности. Конкурсу оказали поддержку совместный профориентационный проект «Работай в России!» Союза машиностроителей России и АО «Российская электроника», а также НП «ГЛОНАСС», АО «Зеленоградский нанотехнологический центр».

Более 50 проектов малых и средних инновационных компаний, стартапов, вузов и НИИ, а также группы разработчиков предприятий микроэлектроники и смежных отраслей экономики представили свои проекты на конкурсный отбор «Фестиваля инноваций».

Таким образом, на форум «Микроэлектроника 2016» приехали не только опытные учёные и разработчики с огромным опытом и знаниями, но и молодые инноваторы. Они привезли передовые идеи, проекты и готовые микроэлектронные устройства, способные изменить не только российскую, но и мировую промышленность.

Ключевыми треками конкурса стали:

- цифровые и аналоговые микроэлектронные устройства;
- электронная аппаратура для массовых рынков (в том числе для профессионального применения);
- электронная измерительная аппаратура;
- новые технологии разработки и производства электронных устройств.

Уникальность «Фестиваля инноваций» состоит не только в том, что конкурс способствует организации диалога между специалистами разных направлений и поколений микроэлектронной отрасли, но и в том, что он помогает формировать межотраслевые и внутриотраслевые связи. Конкурс позволил проследить последние тенденции использования микроэлектронных разработок и конечных продуктов в смежных отраслях, выделить наиболее интересные проекты, направленные на развитие отрасли.

В жюри «Фестиваля инноваций» вошли представители Инновационного центра «Сколково», Национального исследовательского университе-





та «Московский институт электронной техники», Московского технологического университета, компании Synopsys, АО «Зеленоградский нанотехнологический центр», Некоммерческого партнёрства «ГЛОНАСС», Центра развития социальных инноваций «Технологии возможностей».

Лучшими были названы шесть проектов, среди которых:

- технология группового корпусирования кристаллов на основе гибко-пластичных полимеров «ПлатЭКС» (г. Зеленоград);
- проект отечественной разработки нитрид-галлиевых (GaN) приборов и устройств на их основе, представленный компанией ОАО «НИИЭТ» (г. Воронеж);
- визуализатор (суперлинза) ближнего поля излучающих объектов со сверхразрешением, представленный университетом ИТМО (г. Санкт-Петербург);
- скоростная компактная беспроводная видеочка, управляемая со смартфона по Wi-Fi, также представленная университетом ИТМО (г. Санкт-Петербург);
- модулярно-логарифмический сопроцессор (самостоятельный IP-блок SiK) для математических операций с изменением традиционных принципов вычислений на фундаментальном уровне, представленный ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» (г. Саров);
- профессиональный 3D-принтер PICASO PRO 250B – пример готового бизнес-решения, представленный Зеленоградским наноцентром.

Финалисты конкурса «Фестиваль инноваций» были приглашены в создаваемый в настоящее время Корпоративный акселератор АО «Российская электроника» для очного представления проектов, минуя первичный отбор. Кро-

ме того, не только финалисты, но и другие интересные проекты участников конкурса поступили в pipe-line инвестиционного департамента Зеленоградского нанотехнологического центра.

В рамках конкурса была также учреждена специальная номинация Центра развития социальных инноваций «Технологии возможностей», призванная определить лучшие проекты, направленные на решение проблем инвалидов с помощью передовых технологий в области микроэлектроники. Первое место, статус резидента программы «Технологии возможностей» и стипендия в размере 100 000 руб. были присуждены проекту «Спутник». Второе место занял проект «Белая чайка – очки пространственного ориентирования для людей с ограничениями зрения, получивший стипендию в размере 20 000 руб. Дипломы были переданы победителям через организаторов Форума.

Первое место на «Фестивале инноваций» было отдано совместной разработке ООО «Научно-производственный центр «ПлатЭКС» (г. Зеленоград) и НИУ МИЭТ. Денис Вертянов, руководитель компании, представил технологию группового корпусирования кристаллов на основе гибко-пластичных полимеров и способ изготовления микросборок по технологии внутреннего монтажа кристаллов в кремниевую подложку.

Данная технология решает ряд конструктивно-технологических проблем, которые в первую очередь связаны с разваркой выводов кристаллов микросхем в процессе корпусирования. К таким проблемам относят следующие наиболее известные дефекты: трещины в местах соединения проволоки с контактными площадками кристаллов, образование пустот и обры-

вов, замыкание проволочных выводов и наводки и другие. Традиционные технологии корпусирования сегодня уже не могут удовлетворить как технологическим, так и экономическим требованиям, предъявляемым к современным изделиям микроэлектроники.

Для решения упомянутых проблем было разработано несколько вариантов изготовления высокоплотных микро- и радиоэлектронных модулей без использования процессов разварки. Технология внутреннего монтажа кристаллов в кремнии, представленная компанией «ПлатЭКС», является перспективной и предназначена как для реализации технологий группового планарного корпусирования кристаллов на гибко-пластичных основаниях, так и для создания многокристалльных модулей и микросборок, в том числе модулей памяти, GPS/ГЛОНАСС-приёмников, вычислительных модулей.

Основными отличиями от традиционных технологий являются изменения последовательности операций сборки и монтажа, расположение кристалла внутри конструктивного основания и создание электрических соединений между контактными площадками кристаллов и контактными площадками основания без использования процессов разварки выводов кристаллов. Сначала кристаллы устанавливаются в основание и защищаются кремнийорганическим компаундом, затем с активной стороны элементов происходит формирование слоёв основания из гибко-пластичного полимера.

Производственный процесс, построенный на основе типовых технологических операций, начинается с формирования технологической маски из металла на кремниевой пластине для последующего глубокого плазмохимического травления (см. рис. 1).

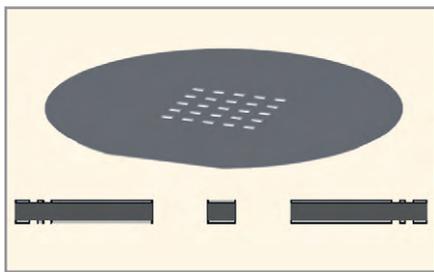


Рис. 1. Формирование сквозных окон под кристаллы в кремниевой пластине

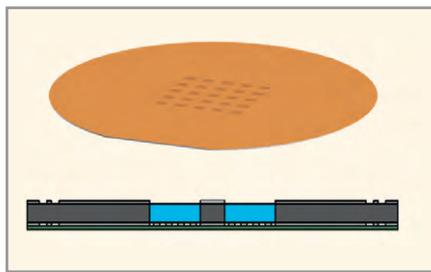


Рис. 2. Установка и герметизация кристаллов в окнах кремниевой пластины

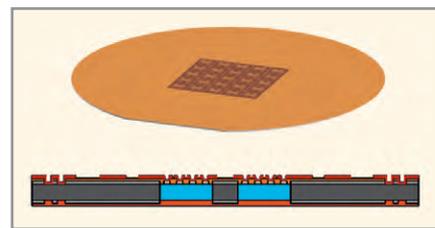


Рис. 3. Формирование первого диэлектрического слоя и первого слоя коммутации

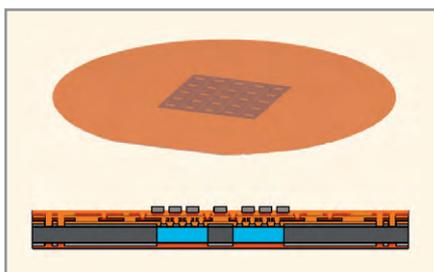


Рис. 4. Формирование второго слоя диэлектрика и второго слоя коммутации, а также внешних столбиковых выводов

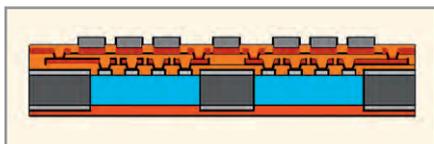


Рис. 5. Резка пластины на отдельные модули



Рис. 6. Мультизаготовка из кремния диаметром 100 мм со встроенными «корпусами» СБИС СпК размером 6 × 6 мм

После глубокого травления в сквозные отверстия кремниевой пластины на липкую ленту с определённым усилием устанавливаются бескорпусные кристаллы активной стороной вниз и защищаются с обратной стороны кремнийорганическим компаундом (см. рис. 2). Зазор между краями отверстий кремниевой пластины и краями кристаллов составляет около 5–10 мкм (в зависимости от точности резки пластины и топологических норм на кристалле). Отверстия, сформированные с такой точностью, позволяют размещать в кремнии кристаллы без использования дорого-

ящего установщика кристаллов. Далее формируется диэлектрический слой из гибко-пластичного полимера, в котором плазмохимическим способом травятся отверстия до контактных площадок кристаллов. Монтаж или электрическое соединение с контактными площадками кристаллов осуществляется без пайки и сварки методом вакуумного напыления структуры металлов. При необходимости после вакуумного напыления осуществляется электрохимическое осаждение металлов. Затем методом фотолитографии создаётся первый слой коммутации (см. рис. 3). Далее формируется второй слой диэлектрика и второй слой коммутации (см. рис. 4) по аналогии с предыдущими операциями. На выходных площадках модулей, покрытых слоем никеля, формируются столбиковые выводы из припоя. После чего происходит разделение мультизаготовки на отдельные модули традиционными способами микроэлектроники (см. рис. 5).

В технологической зоне кремниевой мультизаготовки предусмотрены необходимые тестовые структуры для оперативного и достоверного контроля параметров в процессе изготовления модулей (электрических параметров, качества выполнения технологических операций, надёжности).

Кроме 3D-многокристалльных модулей технология позволяет осуществлять также групповое планарное корпусирование кристаллов (см. рис. 6).

Технология внутреннего монтажа кристаллов в кремнии крайне актуальна и находится в русле основных мировых тенденций развития современной электроники, в числе которых микроминиатюризация, электромагнитная помехоустойчивость, повышение быстродействия за счёт сокращения проводных межсоединений, создание сложно-функциональных гибридных микросборок, решение проблем неремонтопригодности, увеличение функциональной сложности и уменьшение

себестоимости при массовом выпуске продукции.

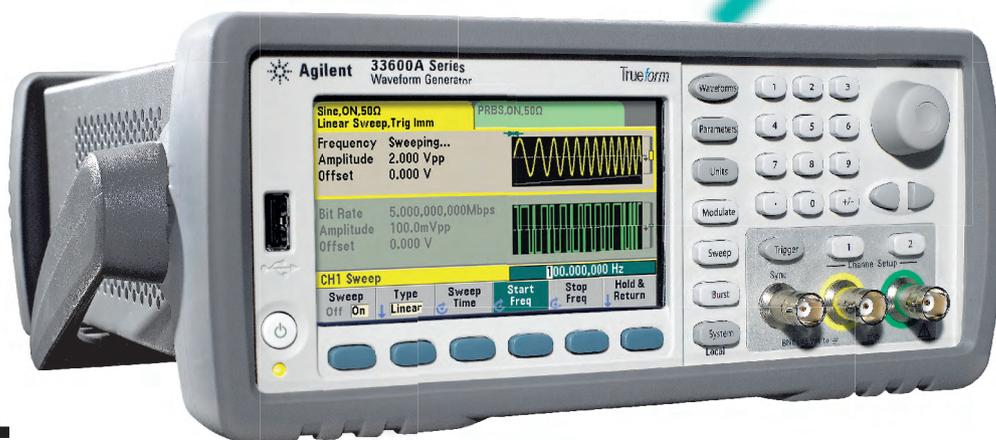
Подобная технология востребована прежде всего для продукции космического приборостроения и авиационной промышленности, где массо-габаритные характеристики являются критическими. Технология обеспечивает существенно меньшие размеры модулей систем управления за счёт более плотной компоновки кристаллов внутри гибридной микросборки. Возможно достижение снижения размеров микросхемы и/или микросборки в 8–11 раз.

Основными преимуществами описанной технологии являются:

- удешевление производства и увеличение его скорости: при групповой обработке кристаллов на уровне мультизаготовки за один технологический цикл получается целая партия корпусов, а большие выходные площадки делаются для всех корпусов сразу (на пластине диаметром в 100 мм помещается около 170 корпусов размером 6 × 6 мм);
- уход от сварных и пайных соединений: отсутствие межсоединений приводит к устранению токов утечек и помех ёмкостной и индуктивной природы, и из-за сокращения расстояний между соединениями увеличивается общее быстродействие;
- выгодная структура цены производства: снижается общая материалоемкость, увеличивается скорость работ, возможна быстрая масштабируемость, сокращаются сроки изготовления, снижается себестоимость.

АО «Зеленоградский нанотехнологический центр», выступивший партнёром «Фестиваля инноваций», выразил готовность дальнейшего финансирования проекта «ПлатЭКС». В дальнейшем будет обсуждаться возможность интеграции этого метода в процесс производства высокоплотных многокристалльных модулей по технологии 3D-интеграции, реализуемый АО «ЗНТЦ» в настоящее время.





## Генераторы сигналов Keysight Technologies серии 33600A со склада «Диполь»

Генераторы сигналов серии 33600A построены на основе уникальной технологии Keysight Trueform и обеспечивают высочайшее качество выходного сигнала, более широкие возможности и гибкость по сравнению с традиционными генераторами на основе технологии прямого цифрового синтеза.

- Частотный диапазон — до 120 МГц, 1- и 2-канальные модели.
- Уровень джиттера — менее 1 пс при генерации импульсных сигналов с частотой до 100 МГц.
- Частота дискретизации до 1 Гвыб./с обеспечивает высокое разрешение по времени для сигналов произвольной формы.
- Создание сигналов произвольной формы по точкам (до 64 млн точек) с возможностью многократного последовательного воспроизведения сегментов сигнала.
- Амплитуда выходного сигнала — от 1 мВ до 10 В (размах) с разрешением 14 бит.
- Задание шумовых сигналов для усиления сигнала в полосе до 120 МГц.
- Сочетание каналов (частота и амплитуда, независимая установка фаз или сдвиг фаз), комбинирование сигналов (сложение сигналов, 2- и 4-тоновые сигналы).

### Сомневаетесь в выборе?

### Выездные демонстрации и специальные ценовые предложения помогут принять решение и сэкономить бюджет

- Скорость поставки. Более 400 наименований продукции находится на складе и готовы к отгрузке в любой момент.
- Точность измерений. Услуги первичной и периодической поверки от собственной метрологической лаборатории.
- Уверенность в оборудовании. Собственный сервисный центр и трехлетняя гарантия от производителя.



СТАТЬЯ	№ журнала
<b>ПЕРСОНА НОМЕРА</b>	
ПРОСОФТ: про софт, про чип и не только...	2
Работа с азиатским рынком в современных условиях неизбежна	4
«Оркада»: от идеи до готового устройства	7
Программа развития радиоэлектронной промышленности идёт полным ходом	8
<b>РЫНОК</b>	
Новости российского рынка	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
Рынок инженерного ПО в России <i>Евгения Василенко</i>	1
Российский рынок EDA-продуктов: взгляд из Кремниевой долины	5
Российская электроника в поисках ресурсов для импортозамещения	6
Автоматизация за горизонтом мышления: когда ждать технологического прорыва в России?	7
Стратегические тенденции развития высоких технологий обсудили на Форуме SEMICON	8
Российские производители электроники получают государственные субсидии	9
Как преодолеть зависимость российской электроники от госзаказа? <i>Владимир Тен</i>	9
<b>РОБОТОТЕХНИКА</b>	
Сканирующие лазерные дальномеры (LIDAR) <i>Андрей Антонов</i>	1
Сравнительный анализ плат Arduino <i>Владимир Бартенев</i>	4
<b>СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</b>	
Переход от традиционных ламп к светодиодным источникам для светоотверждения материалов	1
Оценка пропускной способности при использовании спектрально эффективных методов модуляции сигналов <i>Вячеслав Фёдоров, Владимир Филатов</i>	1
Семь шагов к заказной аналоговой микросхеме <i>Боб Фростхолм</i>	2
Лазерная селективная пайка: универсальное решение для SMT и THT технологий <i>Валерий Ефанов</i>	3
Решения и технологии компании HARTING для создания «умного» производства <i>Ольга Романовская</i>	3
Современные ЖК-матрицы: технология IPS <i>Игорь Матешев</i>	3
Наноалмазы в композиционных гальванических покрытиях <i>Леонид Сафонов</i>	3
Получение гранулята для производства керамических изделий на основе нитрида алюминия <i>Юрий Непочатов, Анастасия Денисова, Иван Красный, Владимир Хахалкин, Антон Бандин</i>	3
«Умные» телематические приборы с ГЛОНАСС <i>Светлана Хадорова, Максим Лысоченко</i>	3
Зондовые станции компании Super Solutions & Services <i>Дмитрий Явич</i>	3
Применение радарных датчиков в системах автомобильной безопасности <i>Татьяна Колесникова</i>	4
Зелёный свет кубического нитрида галлия <i>Игорь Матешев, Андрей Туркин</i>	4
Разработка теплопроводящих керамических дисков для СВЧ-транзисторов и силовых полупроводниковых модулей <i>Юрий Непочатов, Иван Красный, Артём Абрамян, Антон Бандин, Анастасия Денисова, Александр Дитц</i>	5
Перспективные терагерцовые поляризованные информационные системы. Часть 1 <i>Александр Гордеев</i>	6
Перспективные терагерцовые поляризованные информационные системы. Часть 2 <i>Александр Гордеев</i>	7
Заказные аналоговые микросхемы для промышленного Интернета вещей <i>Даррен Хоббс, Томми Муллейн</i>	7
Выбор составов металлизационных паст и разработка технологии металлизации керамики из нитрида алюминия <i>Юрий Непочатов, Иван Красный, Валерий Грибанов, Светлана Кумачёва, Анастасия Денисова</i>	9
Внедрение новых технологий микроэлектроники в разработки нейрокомпьютеров <i>Александр Галушкин</i>	9
Функциональное тестирование микросхем ОЗУ <i>Александр Лановой</i>	9
Скоро автомобили научатся «видеть» <i>Ян Провост</i>	9
<b>ИНСТРУМЕНТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ</b>	
Лазерная виброметрия в диагностике ультразвуковых колебательных систем <i>Игорь Петухов, Александр Шепелевич</i>	4
Ультразвуковая разварка медной проволокой в серийном производстве <i>Михаэль Брокельман</i>	6
<b>ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ</b>	
Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: графический генератор кода STM32CubeMX <i>Олег Вальпа</i>	1
Быстрый старт с микроконтроллерами STM32 <i>Андрей Антонов</i>	3

СТАТЬЯ	№ журнала
<b>Мощные светодиоды и изделия на их основе в свете актуальных областей их применения</b> <i>Андрей Туркин</i>	3
<b>Высоковольтные преобразователи напряжения в виде стандартных модулей: просто, компактно, экономно</b> <i>Виктор Жданкин</i>	4
<b>Современные датчики давления и силы компании Kistler</b> <i>Юрий Петропавловский</i>	4
<b>Миниатюрные термокомпенсированные кварцевые генераторы</b> <i>Алексей Ложников</i>	4
<b>Эволюция преобразователей данных компании Analog Devices</b> <i>Юрий Петропавловский</i>	5
<b>Светодиодные компоненты XLight</b> <i>Екатерина Бойцова</i>	5
<b>Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: среда разработки программ CoCoX CoIDE</b> <i>Олег Вальпа</i>	5
<b>Новинки светодиодной продукции Lumileds – сверхъяркие и мощные светодиоды</b> <i>Андрей Туркин</i>	6
<b>АЦП с контуром фазовой автоподстройки частоты</b> <i>Михаил Сизов</i>	6
<b>Высоконадёжные TFT-LCD-модули Mitsubishi для ответственных промышленных приложений</b> <i>Юрий Петропавловский</i>	7
<b>Радиационно-стойкие DC/DC-преобразователи из КНР. Часть 1</b> <i>Виктор Безродный</i>	7
<b>Современные 32-разрядные ARM микроконтроллеры серии STM32: отладочный модуль MINI-M0 for STM32 от Mikro-Elektronika</b> <i>Олег Вальпа</i>	7
<b>Твердотельные реле средней и большой мощности как класс приборов для изделий спецназначения</b> <i>Дмитрий Сосорин</i>	7
<b>Bluetooth low energy, ANT+ и проприетарный протокол на 2,4 ГГц – всё в одном</b> <i>Андрей Антонов</i>	8
<b>Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: отладочные средства от компании Leafflabs</b> <i>Олег Вальпа</i>	8
<b>Радиационно-стойкие DC/DC-преобразователи из КНР. Часть 2</b> <i>Виктор Безродный</i>	8
<b>Надёжные герметичные разъёмы Vulpin для ответственных отраслей российской промышленности</b> <i>Ольга Романовская</i>	8
<b>Промышленные корпуса для миниатюрного компьютера Raspberry Pi</b> <i>Ян Максел</i>	8
<b>Перспективная отечественная ЭКБ космических видеотелекоммуникационных систем</b> <i>Александр Умбиталиев, Геннадий Левко, Александр Цыцулин, Вячеслав Пятков, Николай Шипилов, Салих Ибатуллин, Андрей Манцевов, Олег Сомов, Денис Адамов</i>	8
<b>Малогабаритные датчики углового положения на основе микросхемы однокристалльного магнитного энкодера</b> <i>Георгий Прокофьев, Вениамин Стахин, Роман Германов</i>	8
<b>Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: отладочная плата Open7461-C Standart на основе STM32F746IGT6</b> <i>Олег Вальпа</i>	9
<b>Менеджер питания мобильных устройств на базе микросхемы MPQ5480</b> <i>Александр Щерба</i>	9
<b>ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ</b>	
<b>Термоэлектрические генераторы промышленного применения. Часть 1</b> <i>Пётр Шостаковский</i>	1
<b>Микродисплеи на основе органических светодиодов МДО 01</b> <i>Николай Усов, Олег Грачёв, Борис Кондрацкий, Олег Котовский, Александр Новичков, Александр Нуриев, Александр Чередниченко</i>	1
<b>Промышленные коммутаторы HARTING Ha-VIS eCon 3000 PoE</b> <i>Виктор Зуев, Ольга Романовская</i>	1
<b>Первые в мире многодоменные комбинированные массовые осциллографы Tektronix MSO3000</b> <i>Владимир Дьяконов</i>	1
<b>Отладка последовательных шин встраиваемых систем с помощью осциллографа</b> <i>Алекс Климадж</i>	1
<b>Новые системы АОИ печатных плат компании Marantz Electronics</b> <i>Андрей Алексейчик, Андрей Ивахин</i>	2
<b>Новый уровень производительности x86-процессоров для промышленных систем с малым энергопотреблением и Интернетом вещей</b> <i>Герхард Гилх</i>	2
<b>ИК-дефектоскопия фотоэлектрических панелей как метод быстрого поиска неисправностей</b> <i>Сук Вай Вонг</i>	2
<b>Formula® HF Ultra – новое российское средство измерений ультравысокочастотных СВЧ</b> <i>Наталья Елисеева, Дмитрий Шелевер, Антон Климовских, Олег Григорьев, Рашид Шарипов, Андрей Коваль, Роман Косилов, Влад Болгов, Алексей Кривенков, Алексей Синапальников</i>	2
<b>Термоэлектрические генераторы промышленного применения. Часть 2</b> <i>Пётр Шостаковский</i>	2
<b>Тестер FORMULA® TT2 – российское средство измерений параметров полупроводниковых приборов</b> <i>Наталья Елисеева, Виктор Попов, Александр Шустров, Олег Григорьев</i>	3
<b>Модульные корпуса на DIN-рейку: гибкость, универсальность и функционал</b> <i>Ян Максел, Александр Асон</i>	3
<b>Тестер FORMULA® R – автоматизированная контрольно-измерительная система для проверки реле постоянного тока</b> <i>Наталья Елисеева, Рашид Шарипов, Александр Шустров, Сергей Фатюшкин, Олег Григорьев</i>	4
<b>Аттестация испытательного оборудования</b> <i>Тамара Тулянцева, Халид Качаев</i>	5
<b>Лаборатория входного контроля под ключ</b> <i>Наталья Елисеева, Константин Андреев, Дмитрий Танков, Евгений Турлаев, Ксения Лукина, Антон Климовских, Роман Косилов</i>	6
<b>Контрольные испытания датчиков угловой скорости, выполненных на основе волоконно-оптических гироскопов. Часть 2</b> <i>Дмитрий Гаманюк, Николай Гаманюк</i>	6

СТАТЬЯ	№ журнала
Thin Mini-ITX: высокая производительность тонкой конструкции <i>Юрген Юнгбауер</i>	7
Термографический ИК-контроль электротехнических средств <i>Хок Энг Лим</i>	7
Защищённые мониторы – от дисплея до тачскрина <i>Игорь Матешев, Андрей Туркин</i>	7
Встроенный модуль калибровки векторных анализаторов цепей <i>Владимир Губа, Олеся Быкова, Ольга Мосина, Александр Кириллов, Александр Савин</i>	8
Процессоры Intel Skylake: многообразие и применение. Часть 1 <i>Любовь Бабушкина</i>	8
Программно-конфигурируемое радио набирает обороты <i>Александр Тумачек, Дмитрий Кругликов</i>	8
Современные ЖК-панели и модули компании AUO для профессиональных приложений <i>Юрий Петропавловский</i>	9
Процессоры Intel Skylake: многообразие и применение. Часть 2 <i>Любовь Бабушкина</i>	9
<b>ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ</b>	
Антенный усилитель телевизионного сигнала DVB-T2 <i>Алексей Кузьминов</i>	1
Управление дисплеем MT-12864J средствами микроконтроллера K1986BE92Q1 <i>Андрей Шаронов, Валерий Володин</i>	2
Активный фильтр на мощном полевом транзисторе <i>Алексей Кузьминов</i>	3
«Вот пуля пролетела...», или О практическом применении УЗИП <i>Александр Соколов</i>	3
Разработка информационной панели на базе одноплатного компьютера Raspberry Pi 2 <i>Сергей Крыжный</i>	4
Встраиваемый модуль распознавания жестов с функцией электронного замка. Часть 1 <i>Павел Редькин</i>	5
Сопряжение микроконтроллера K1986BE91T с цифровыми потенциометрами серии 1315PT <i>Андрей Шаронов, Валерий Володин</i>	5
Применение инструментального усилителя в усилителе низкой частоты <i>Алексей Кузьминов</i>	6
Фотореле с нестандартным алгоритмом и функцией таймера <i>Александр Одинец</i>	6
Встраиваемый модуль распознавания жестов с функцией электронного замка. Часть 2 <i>Павел Редькин</i>	6
Сетевое хранилище на базе одноплатного компьютера Raspberry Pi 2 <i>Сергей Крыжный</i>	6
Измерительные каналы с расположением первичных датчиков во взрывоопасной зоне <i>Сергей Шишкин</i>	8
Цифровые автоматы защиты лампы накаливания с фазоимпульсным и ШИМ-управлением <i>Александр Одинец</i>	8
Практика применения в устройствах на микроконтроллерах дисплейных модулей от 4D Systems. Часть 1 <i>Павел Редькин</i>	9
<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ</b>	
Ещё раз про Toroid <i>Сергей Сорокин</i>	1
Расчёт температуры нагрева биологического объекта под действием СВЧ-мощности <i>Александр Курушин</i>	1
Использование гибридных методов расчёта СВЧ-антенн в ANSYS HFSS <i>Иван Кузнецов, Александр Курушин</i>	2
Оптимизация перехода от коаксиального коннектора в микрополосковую линию <i>Якко Янтенен</i>	2
Паяные соединения поверхностного монтажа <i>Сергей Алексеев</i>	2
Гармонический анализ: выявление проблем целостности сигналов в системах питания <i>Симран Нанда</i>	3
STAN – Инструмент для анализа устойчивости СВЧ-цепей	3
Тестирование параметров РЛС в режиме виртуального полёта с помощью САПР SystemVue и ПО STK <i>Дэвид Лейсс</i>	4
Проектирование, оптимизация и изготовление сверхширокополосного приёмника <i>Алессио Цациатори</i>	4
Реализация адаптивной нелинейной цифровой фильтрации на программируемых логических интегральных схемах <i>Владимир Вычужанин</i>	4
Удобство ведения базы радиоэлектронных компонентов в САПР Delta Design. Часть 1 <i>Георгий Шаманов</i>	5
Моделирование больших объектов в среде FEKO <i>Александр Курушин, Илья Мюхкеря, Сергей Подковырин</i>	5
Новый подход к анализу целостности сигналов и качества питания с помощью решений SiPro и PiPro в САПР ADS <i>Стефан Слейтер</i>	5
Средства разработки систем-на-кристалле для космических применений <i>Денис Адамов</i>	6
Снижение уровня шума в устройствах зарядки аккумуляторов <i>Боб Золло</i>	6
Удобство ведения базы радиоэлектронных компонентов в САПР Delta Design. Часть 2 <i>Георгий Шаманов</i>	6
Инструменты проектирования быстродействующих печатных плат на примере САПР Altium Designer. Часть 1 <i>Александр Фень</i>	6

СТАТЬЯ	№ журнала
Эффективная оптимизация характеристик высокочастотных печатных плат <i>Джек Сифри</i>	7
Инструменты проектирования быстросействующих печатных плат на примере САПР Altium Designer. Часть 2 <i>Александр Фень</i>	7
Draftsman – редактор чертежей в Altium Designer <i>Егор Чириков</i>	7
AntSyn – технология синтеза и оптимизации антенных устройств. Эволюция разработки антенн <i>Дерек Линден</i>	7
Преимущества каскадирования малоотражающих СВЧ-фильтров <i>Мэтью А. Морган</i>	7
Импорт компонентов в САПР Cadence Allegro и OrCAD из бесплатной on-line библиотеки SnapEDA	7
Решение проблем измерения характеристик мобильных радаров <i>Лу Дингвинг</i>	8
Подтверждение показателей надёжности приборов волоконно-оптической гироскопии космического применения <i>Дмитрий Гаманюк, Николай Гаманюк</i>	8
Новые возможности электродинамического анализа геометрически сложных структур в Altair FEKO <i>Владимир Литун</i>	8
Более 12 000 референс-дизайнов стали доступны онлайн для пользователей Cadence OrCAD/Allegro	8
Быстрое внедрение технологий RAM-4 в различных приложениях <i>Фанги Рао, Хейди Барнс</i>	9
Зачем переходить с P-CAD на Altium Designer? <i>Егор Чириков</i>	9
Проектирование и моделирование печатных плат в САПР Allegro. Часть 1 <i>Александр Панов</i>	9
Реализация формата данных с плавающей запятой для ЦОС на базе ПЛИС Xilinx <i>Александр Капитанов</i>	9
<b>ЧЕЛОВЕК И ЗАКОН</b>	
СТО АСМК.021МУ-2015 и добавленная стоимость инноваций <i>Юлия Зорина, Юрий Парвулюсов, Денис Розов, Геннадий Фокин</i>	4
О безвредности патентования <i>Юлия Зорина, Оксана Иковникова, Геннадий Фокин</i>	5
Повышение ценности интеллектуальных активов <i>Геннадий Фокин</i>	8
<b>ФОРМУЛА УСПЕХА</b>	
История одной инновации: создание i-TOR-110	1
<b>СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ</b>	
«Растровый узел»: свят лишь План <i>Пётр Новыш</i>	1
Памяти академика Кобзарева <i>Владимир Бартенева</i>	4
«Неизвестный» известный Андрей Петрович Ершов <i>Андрей Кашкаров</i>	5
О роли первых отечественных РЛС дальнего обнаружения в ВОВ <i>Владимир Бартенева</i>	8
Исповедь советского изобретателя в области силовой электроники <i>Пётр Новыш</i>	9
<b>СОБЫТИЯ</b>	
Импортозамещение: обеспечение предприятий ЭКБ отечественного производства	1
Дни инноваций Министерства обороны РФ – 2015	1
Проектирование и моделирование с PCB SOFT	1
Электроника делает успехи на Урале	2
Interlight Moscow powered by Light+Building 2015	2
Итоги Форума «Радиоэлектроника. Приборостроение. Автоматизация»	3
Международная выставка MIPS / Securika 2016	4
Территория NDT 2016: средства и технологии НК	5
Лаборатория «Интернет вещей» в Бауманке	5
Навигационный Форум 2016: новые горизонты навигации	6
Юбилей журнала «ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес»	6
Планета E – начало новой эры	7
28-я международная выставка «Связь-2016»	7
electronica притягивает начинающих предпринимателей	8
AWR Design Forum – рекорд аудитории	8
Кибатлон – будущее с неограниченными возможностями	9
Точные измерения – основа качества и безопасности	9
«Фестиваль инноваций» форума «Микроэлектроника 2016»	9
<b>КОМПЕТЕНТНОЕ МНЕНИЕ</b>	
Стандарты менеджмента интеллектуальной собственности <i>Юлия Зорина, Юрий Парвулюсов, Геннадий Фокин</i>	1
Письмо в редакцию: роль ёмкостных накопителей в проектировании системы электропитания	3
Весенние мгновенья российского смартфона <i>Осип Пушкин</i>	5

# Е•Х•Р•О ELECTRONICA



**20-я Международная выставка**  
электронных компонентов,  
модулей и комплектующих



**25–27  
апреля  
2017**

Москва,  
Крокус Экспо

Самая крупная  
в России выставка  
электронных  
компонентов,  
модулей  
и комплектующих



Реклама

Забронируйте стенд: [expoelectronica.ru](http://expoelectronica.ru)

Совместно  
с выставкой



Организаторы:

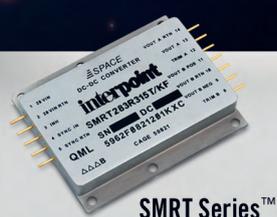


+7 (812) 380 6003/07/00  
[electron@primexpo.ru](mailto:electron@primexpo.ru)



# Надёжные ИСТОЧНИКИ – успех МИССИИ В КОСМОСЕ

БЕЗЛИЦЕНЗИОННАЯ ПОСТАВКА\*



SMRT Series™



SLH Series™



SMTR Series™



MFP Series™

## Продукция Interpoint® уровня качества Space

- Высоконадёжные DC/DC-преобразователи и помехоподавляющие фильтры
- Восемь серий DC/DC-преобразователей с диапазоном мощностей от 1,5 до 100 Вт
- Диапазоны входных напряжений: 16–40 В (SMTR-серия, SLH-серия), 19–56 В (SMRT-серия) и 3–6 В (MFP-серия)
- Одно-, двух- и трёхканальные модели с различными комбинациями напряжений: 3,3; 5; 5,2; 12; 15 В
- Обширный набор сервисных функций и защит
- Высокая удельная мощность
- Уровень дозовой стойкости 30, 50 и 100 крад
- Стойкость к воздействию заряженных частиц с ЛПЭ до 86 МэВ·см<sup>2</sup>/мг
- Технические и эксплуатационные параметры соответствуют Standard Microcircuit Drawings (SMD), утверждённым Агентством материально-технического снабжения МО США (Defense Logistics Agency – DLA)



Interpoint®

\* Модели DC/DC-преобразователей с суммарной накопленной дозой 30 и 50 крад поставляются без оформления лицензии на поставку

ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ CRANE AEROSPACE & ELECTRONICS В РОССИИ

PROSOFT® 25 ЛЕТ

МОСКВА  
С.-ПЕТЕРБУРГ  
КАЗАНЬ

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru  
Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
Тел.: (843) 203-6020 • info@kzn.prosoft.ru • www.prosoft.ru



Реклама

## ВЫСТАВКА СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ НК

ОТРАСЛЕВЫЕ  
КРУГЛЫЕ СТОЛЫ  
«НК В ПРОМЫШЛЕННОСТИ»



1 - 3 МАРТА 2017, МОСКВА

# ЕЖЕГОДНЫЙ ВСЕРОССИЙСКИЙ ФОРУМ

## ВЫСТАВКА СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ НК

Более 100 экспонентов

- Разработчики и поставщики оборудования
- Сервисные компании
- Учебные и сертификационные центры
- Специализированные издания
- Национальные общества НК

- Руководители и ведущие специалисты-эксперты компаний авиационной, атомной, химической, нефтехимической, нефтяной, газовой, металлургической отраслей

Более 3200 посетителей

## ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА

### Круглые столы по вопросам применения НК в отраслях:

- Авиация и космос
- Строительство
- Промышленная безопасность
- Атомная промышленность
- Металлургия и машиностроение
- Электроэнергетика
- Железнодорожный транспорт
- Нефтегазовый комплекс
- НК в сварке

### Межотраслевые направления и специальные темы:

- Антитеррористическая безопасность
- Обучение
- Медицинская диагностика
- Стандартизация
- Метрология и техническое регулирование
- Контроль покрытий



МОСКВА, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

[www.expo.ronktd.ru](http://www.expo.ronktd.ru)

ОРГАНИЗАТОР

