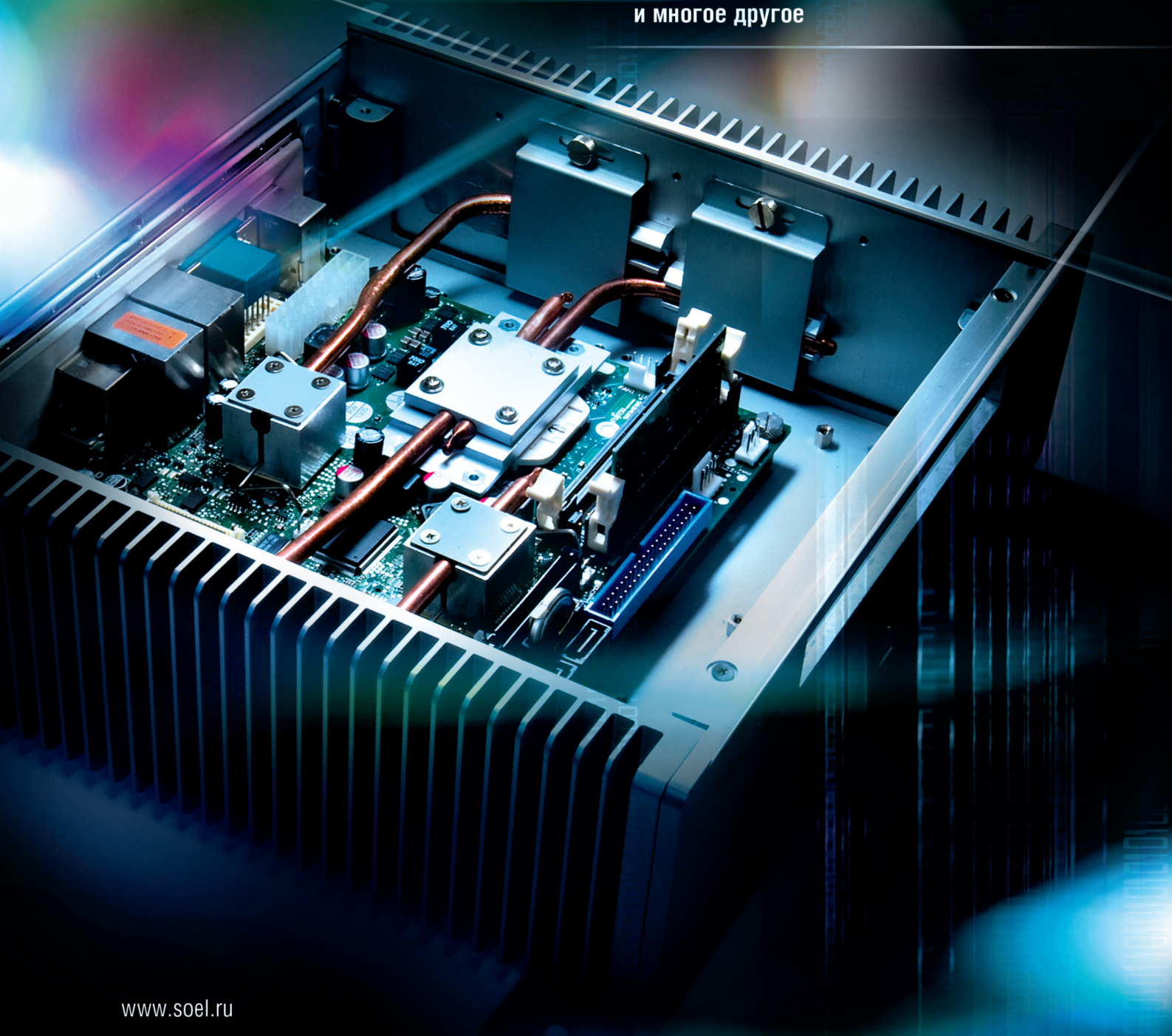


# СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 4 2010

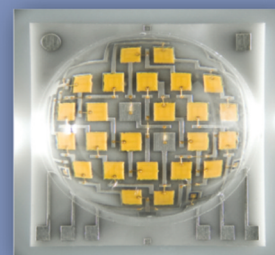
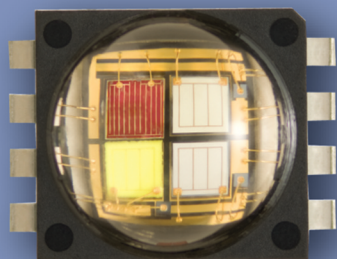
## В номере:

- охлаждение встроенных систем
  - отказоустойчивые системы электропитания
  - высоконадежные твердотельные реле
  - силовые полевые транзисторы STM
  - защита программного обеспечения микроконтроллеров
- и многое другое





## ○ Мощные светодиоды CREE класса XLamp



- Световая эффективность более 130 лм/Вт
- Световой поток до 490 лм на кристалле
- Цена менее 30 копеек за люмен

реклама

◇ Наружное освещение

◇ Архитектурно-декоративная подсветка

◇ Внутреннее освещение

◇ Автономные осветительные системы

**Главный редактор**  
Александр Майстренко

**Зам. главного редактора**  
Татьяна Крюк

**Редакционная коллегия**  
Андрей Данилов, Олег Фёдоров

**Вёрстка**  
Александр Либков

**Обложка**  
Дмитрий Юсим

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

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

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

Журнал выходит 9 раз в год

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

Отпечатано:  
ОАО «Полиграфический комплекс  
"Пушкинская площадь"»  
Адрес:  
109548, г. Москва, ул. Шоссейная, д. 4д

Перепечатка материалов допускается только с письменного разрешения редакции.  
Ответственность за содержание рекламы несут рекламодатели.  
Ответственность за содержание статей несут авторы.  
Материалы, переданные редакции, не рецензируются и не возвращаются.  
© СТА-ПРЕСС, 2010



## Уважаемые читатели!

Значимым событием последних дней стало решение о строительстве в подмосковном Сколково российской Кремниевой долины. В инновационном центре будут развиваться пять направлений – энергетика, телекоммуникации, а также информационные, биомедицинские и ядерные технологии. Научным руководителем проекта с российской стороны станет нобелевский лауреат, академик Жорес Алферов. Выбор персоны научного руководителя не случаен, ведь основу всех направлений развития иннограда составляет электроника.

Российская Кремниевая долина – проект, несомненно, необходимый России. Нельзя сказать, что концентрация в одном месте талантливых голов и умелых рук для решения научных или технических задач является чем-то новым для нас. Достаточно вспомнить пресловутые «шарашки» военных лет или послевоенные академгородки. Но этот проект будет создаваться в условиях современной российской экономики.

Нынешняя сырьевая экономика России создаёт одно из существенных препятствий на его пути: российский бизнес вполне удовлетворён быстрыми нефтедолларами и инновации ему сейчас не нужны. Однако рано или поздно, но неизбежно нам придётся жить своим умом, а не природными ресурсами.

Ещё одной проблемой проекта будет высокая стоимость земли, обусловленная близостью иннограда к Москве. Смогут ли молодые инженеры и учёные, даже получая высокую по российским меркам зарплату, приобретать в Кремниевой долине жильё по астрономическим московским ценам? Насколько я знаю, сейчас этот контингент не входит в состав клиентуры риэлторских фирм.

Конечно, это не единственные проблемы, с которыми столкнётся проект, сейчас все их предугадать невозможно. Я уверен, что этот проект будет не единственным в нашей стране, и при его реализации мы получим опыт, который пригодится в будущем. Жаль, что идея иннограда родилась уже после принятия федеральных целевых программ развития российской электроники. Нам пришлось наливать молодое вино в старые мехи, а так хорошие хозяева не делают.

*С уважением,  
Александр Майстренко*

## Market

News from the Russian Market .....	4
Thoughts Concerning the Conference «Russian Market of Microelectronics. Development Outlook» ... <i>Mark Novodachnyi</i>	8

## Modern Technologies

Supporting Technologies in Electronics: Cooling of Embedded Systems .....	14
<i>Anton Reut</i>	

## Elements and Components

Small-Size COM-Products and Other Modules of the microETXexpress Format .....	20
<i>Dmitrii Afonin, Leonid Akinshin</i>	
Design of Fault-Tolerant Power Supply Systems Using Advanced AC/DC Converters .....	26
<i>Aleksandr Goncharov, Konstantin Stepnev, Oleg Negreba</i>	
Application of Hall-Effect Sensors in Smart Pigs for Oil Trunk Pipelines .....	30
<i>Igor Buslov, Valerii Bautkin, Aleksandr Drapezo, Vyacheslav Yarmolovich</i>	
High-Frequency Converters for Feeding Long Communication Lines. Part 2 .....	34
<i>Vladislav Przhegorlinskii, Sergei Sergeev, Dmitrii Bogoslovskii</i>	
Solid-State Relays for High-Reliability Applications .....	36
<i>Vladimir Fedosov</i>	
Fiber-Optic Pressure Sensor .....	38
<i>Aleksandr Kotov, Yurii Makarov, Anatolii Gorish, Sergei Ponomarev, Elena Badeeva, Anton Shchevelev, Aleksandr Pivkin</i>	
STMicroelectronics High-Power MOSFETs .....	40
<i>Andrei Brednev</i>	
FirmASIC: New Trend, Emerging Market, Fresh Opportunities! .....	46
<i>Artem Kozlov</i>	

## Devices and Systems

Simulators of Energy Quality from Electric Power Supply Systems .....	52
<i>Aleksandr Podol'ko</i>	
Hartmann Elektronik Motherboards and Systems .....	54
<i>Elena Zhmurovskaya, Marina Blyum</i>	

## Design and Simulation

Parametric Identification of Mathematical Model for Electrical Drive .....	56
<i>Vladimir Chuilov, Aleksandr Semernikov</i>	
MathSpice: An Analytical PSpice Engine for OrCAD and MicroCAP. Part 9: Analysis of Functional Block Diagrams in MathSpice .....	62
<i>Oleg Petrakov</i>	

## Programming

Microcontroller Software Protection Technique .....	68
<i>Sergei Shishkin</i>	

## Theory

Adaptive Digital Device for Nonlinear Equalization of the Power Amplifier Amplitude Response .....	72
<i>Nataliya Gudkova</i>	

## Events

May 7 Is the Radio Day (Crystal Receiver: the 110th Date of Birth) .....	76
<i>Vladimir Bartenev</i>	

## РЫНОК

- 4 **Новости российского рынка**  
8 **Размышления по итогам конференции «Российский рынок микроэлектроники. Перспективы развития»**  
*Марк Новодачный*

## Современные технологии

- 14 **Обеспечивающие технологии электроники: охлаждение встроенных систем**  
*Антон Реут*

## Элементы и компоненты

- 20 **Малогобаритные COM-изделия и другие модули формата microETHexpress**  
*Дмитрий Афонин, Леонид Акиншин*
- 26 **Построение отказоустойчивых систем электропитания с использованием современных AC/DC-преобразователей**  
*Александр Гончаров, Константин Степнев, Олег Негреба*
- 30 **Применение датчиков Холла во внутритрубных диагностических снарядах магистральных нефтепроводов**  
*Игорь Буслов, Валерий Бауткин, Александр Драпезо, Вячеслав Ярмолович*
- 34 **Высокочастотные преобразователи для питания линий связи большой протяжённости (часть 2)**  
*Владислав Пржегорлинский, Сергей Сергеев, Дмитрий Богословский*
- 36 **Твердотельные реле для высоконадёжных применений**  
*Владимир Федосов*
- 38 **Волоконно-оптический датчик давления**  
*Александр Котов, Юрий Макаров, Анатолий Гориш, Сергей Пономарёв, Елена Бадеева, Антон Щевелёв, Александр Пивкин*
- 40 **Силовые полевые транзисторы STMicroelectronics**  
*Андрей Бреднев*
- 46 **FirmASIC: новое направление, новые рынки, новые возможности!**  
*Артём Козлов*

## Приборы и системы

- 52 **Имитаторы качества электрической энергии систем электроснабжения**  
*Александр Подолько*
- 54 **Объединительные платы и системы Hartmann Elektronik**  
*Елена Жмуровская, Марина Блюм*

## Проектирование и моделирование

- 56 **Параметрическая идентификация математической модели электропривода**  
*Владимир Чуйков, Александр Семерников*
- 62 **MathSpice – аналитический PSpice-движок для OrCAD и MicroCAP. Часть 9. Расчёт функциональных схем в MathSpice**  
*Олег Петраков*

## Программирование

- 68 **Способ защиты программного обеспечения микроконтроллеров**  
*Сергей Шишкин*

## Вопросы теории

- 72 **Адаптивное цифровое устройство компенсации нелинейности амплитудной характеристики усилителя мощности**  
*Наталия Гудкова*

## События

- 76 **7 мая – День радио (110 лет детекторному приёмнику)**  
*Владимир Бартенев*

## Новости российского рынка

### Элементы и компоненты

#### Модульный ПК CX8090: Новый интеллект для автоматизации зданий

Компактные ПК серии CX8000 в данный момент являются самыми малогабаритными ПК-совместимыми контроллерами Beckhoff, в результате чего они находят широкое применение в малой автоматизации и в бюджетном ценовом сегменте. CX8090 оснащён Ethernet-портами и прямым интерфейсом с системами ввода-вывода Beckhoff для получения данных и идеально подходит для разнообразных целей: в качестве мощного небольшого контроллера здания/комнаты/помещения или при построении децентрализованных систем управления HVAC, освещения или фасадной подсветки.



Технические данные:

- ЦП: 400 МГц, ARM9, 32 бит;
- флэш-память: microSD карта (128 Мб, заменяемая, также возможны версии с большей ёмкостью);
- ОЗУ: 64 Мб DDR2;
- интерфейсы:
  - 2 Ethernet-порта 10/100 Мбит/с (интегрированный коммутатор),
  - 1 Ethernet-порт для программирования и связи по сети,
  - 1 USB-интерфейс для подключения к ПК (за передней крышкой);
- часы РВ с батареей (за передней крышкой);
- интегрированный 1-секундный ИБП;
- интерфейс для модулей Bus Terminal или EtherCAT;
- операционная система: Microsoft Windows® Embedded Compact;
- Runtime: TwinCAT PLC (предустановленная).

[www.beckhoff.ru](http://www.beckhoff.ru)  
Тел.: (495) 981-6454

#### Обновлённая линия модулей регулятора мощности производства ЗАО «Протон-Импульс», г. Орел

Модули регулятора мощности (МРМ) – это устройства, позволяющие регулиро-



вать мощность на активной и индуктивной нагрузке. МРМ используются в устройствах нагрева, управляемых выпрямителях и регуляторах напряжения.

Ориентируясь на потребности клиентов, ЗАО «Протон-Импульс» расширило существующую серию МРМ. Выпускаемые сегодня однофазные и трёхфазные модули рассчитаны на напряжения от 100 до 420 В и на токи от 0,2 до 100 А, планируется выпуск МРМ на токи до 250 А.

Новые изделия управляют мощностью методом фазоимпульсной отсечки и методом пропуска периодов переменного напряжения. Устройства имеют прямую и инверсную характеристики управления одним из пяти видов управляющих сигналов: 4...20 мА, 0...20 мА, 0...5 мА, 0...5 В, 0...10 В.

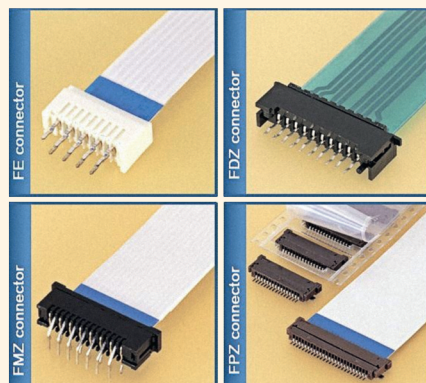
Все модули выполнены по технологии твердотельных реле, имеют оптронную развязку управляющих и силовых цепей, а также изолированные радиатор и корпус.

[www.proton-impuls.ru](http://www.proton-impuls.ru)  
Тел.: (4862) 498-720

#### Разъёмы производства JST (Япония)

АВЭЛКОМ представляет линейку разъёмов (FFC/FPC) под сверхплоский кабель производства компании JST.

Конструкция этих разъёмов продумана таким образом, что при вставке сверхплоского кабеля в разъём используется нулевое усилие, но при этом обеспечивается



надёжность соединения контактов, а стопорный механизм не даёт отсоединиться кабелю.

Серия FE(1.25):

- максимальный ток AC/DC 0,5 А;
- максимальное напряжение AC/DC 50 В;
- допустимое число контактов 6, 8 – 10, 12 – 16, 20, 22, 26, 28, 30.

Серия FDZ(2.54):

- максимальный ток AC/DC 1,0 А;
- максимальное напряжение AC/DC 250 В;
- допустимое число контактов 5, 6, 8 – 10, 12, 13, 17, 19.

Серия FMZ(1.00):

- максимальный ток AC/DC 0,5 А;
- максимальное напряжение AC/DC 50 В;
- допустимое число контактов 6, 8 – 10, 12 – 16, 20, 22, 26, 28, 30.

Серия FPZ(1.00):

- максимальный ток AC/DC 0,5 А;
- максимальное напряжение AC/DC 50 В;
- допустимое число контактов 7, 8, 10, 12 – 16, 18, 20, 24, 25.

Приобрести разъёмы JST со склада и под заказ можно в Санкт-Петербурге у компании ООО «АВЭЛКОМ».

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

Тел./факс: (812) 336-5484

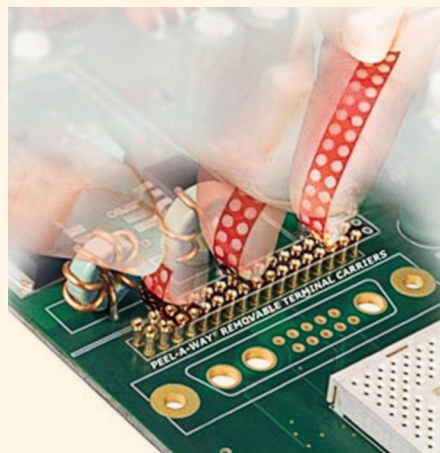
#### Сменные оконечные терминалы Peel-A-Way: высокая гибкость и низкий профиль

Peel-A-Way – совершенное решение для разъёмов микросхем и межплатных соединений. В сравнении с традиционными формованными изоляторами, ультратонкие (0,13 мм) полиамидные плёнодержатели, запаиваемые около хвостов терминалов, уменьшают составляющую высоту печатной платы на 80%. Стандартный выбор межплатного расстояния может быть выбран опционально от 1,14 до 6,35 мм, чтобы удовлетворить фактически любому применению.

Терминалы Peel-A-Way могут размещаться на печатной плате в любой конфигурации в соответствии с составленным шаблоном для ручной или автоматической пайки. Решение обладает невысокой стоимостью и трудоёмкостью по сравнению с дискретной технологией монтажа терминалов, где изделия устанавливаются отдельно друг от друга.

Эластичные Peel-A-Way-изоляторы изготавливаются из высокотемпературной полиамидной плёнки и могут быть оставлены на месте после запайки изделия для добавления стабильности или легко удалены

## Новости российского рынка



для полной видимости паяного соединения, осмотра и теста.

Стандартные конфигурации DIP, SIP и PGA доступны с трёхдневным сроком изготовления.

Технические описания и руководства по применению доступны на сайте [www.advanced.com/peelstart.html](http://www.advanced.com/peelstart.html).

Более подробную информацию о продукции и консультацию можно получить на стенде компании РСР (E09) во время проведения выставки Экспо-Электроника-2010.

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

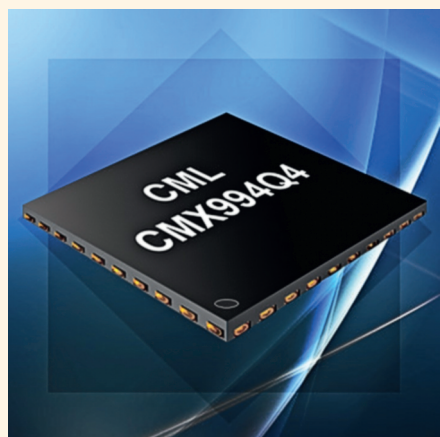
Тел.: (495) 781-2182

### CML Microcircuits объявляет о выпуске нового ресивера CMX994

CML Microcircuits – одна из ведущих мировых компаний в области проектирования и производства маломощных аналоговых, цифровых и гибридных интегральных микросхем для телекоммуникационных систем – анонсировала выпуск микросхемы CMX994.

В микросхеме объединены функции широкополосного МШУ, схема преобразования по частоте вниз, а также квадратурный демодулятор с широким динамическим диапазоном.

Baseband-секция микросхемы содержит усилители, а также baseband-фильтры. За высоколинейными смесителями-преобра-



зователями следует каскад полосовых фильтров, обеспечивающий подавление сигнала вне baseband-полосы. После фильтров располагаются усилители с регулируемым усилением для I- и Q-канала соответственно.

Гетеродин смесителя представляет собой цепь ФАПЧ с возможностью задания целого значения коэффициента частоты и ГУНа. Внешний гетеродин может использоваться в других полосах ВЧ-сигнала.

Дополнительная информация – на сайте компании.

Ключевые особенности микросхемы:

- прямое преобразование обеспечивает подавление зеркального канала;
- малозумящие усилители в составе микросхемы обладают регулируемым коэффициентом усиления;
- ВЧ-полоса демодулятора 100 МГц – 1 ГГц;
- точное фильтрование baseband-сигнала;
- напряжение питания 3,0...3,6 В;
- режим гетеродина с возможностью деления опорной частоты на 2, 4 и 6;
- выполнение в компактном корпусе Q4 (40-пиновый VQFN).

Макро Групп – официальный дистрибьютор CML Microcircuits на территории России и СНГ.

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

Тел.: (812) 370-6070

### Российский 32-разрядный микроконтроллер с ядром ARM Cortex-M3

Иногда бывает, что хорошее начинание погибает, не успев вызвать интереса. По счастью, такая участь не грозит первым российским 32-разрядным микроконтроллером от компании «Миландр». Проанонсированный два года назад микроконтроллер 1986BE91T с ядром ARM Cortex-M3 вызвал широкий отклик среди российских разработчиков аппаратуры военного и двойного назначения. Полученные экспериментальные образцы микросхемы показали себя крайне достойно и уже испытываются в первых опытных изделиях предприятий потребителей. Важным аспектом в этом процессе является поддержка отечественным разработчиком инструментальных средств и программного обеспечения, компанией «Фитон», новой серии контроллеров. Она выпустила Jtag-эмулятор JEM-ARM-V2 для серии микросхем 1986BE9XX, а также пакет инструментальных средств для разработки ПО CodeMaster-ARM. В данный пакет входит интегрированная среда разработки, многооконный редактор и менеджер проектов, компилятор CMC-ARM, включающий

Си-компилятор, макроассемблер, линкер и утилиты, программный симулятор ядра ARM Cortex-M3. Поставка инструментария компании «Фитон» уже начата компанией «Миландр» всем заинтересованным предприятиям.

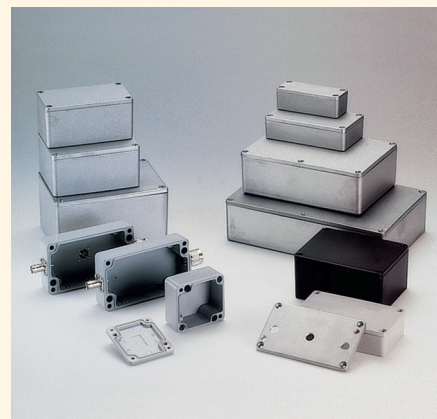
[www.milandr.ru](http://www.milandr.ru)

Тел.: (495) 601-9545

### Новинки корпусов фирмы Gainta

Компания Gainta предлагает несколько новых видов корпусов.

Расширилась популярная серия герметичных алюминиевых корпусов G1xx. Компания добавила в ассортимент несколько конструктивов с популярными в Европе размерами, это корпуса G105, G110, G112, G118, G123 и G155. Как и вся серия, они соответствуют классу IP65.



Также компания Gainta выпускает серию алюминиевых корпусов HQ0xx, соответствующих классу влагозащиты IP67. Корпуса этой серии могут комплектоваться двумя прокладками (вторая металлизированная прокладка служит для увеличения электромагнитной защиты «начинки» корпуса). А из аксессуаров предлагаются петли для крепления на стену ALMF-001.

Из пластиковых корпусов для переносных пультов управления новинками являются модели серии G808. Есть модификации как с батарейным отсеком на четыре (либо на две) батарейки типа AAA, так и без него. Расширить комплектацию можно аксессуарами, предлагаются клипсы для крепления корпуса на ремень и светофильтры.

Чертежи и подробное описание этих и других корпусов фирмы Gainta можно найти на сайте компании ООО «Радиотех-Трейд».

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

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

Тел.: (495) 795-0805

## Новости российского рынка

### Коаксиальные переходы от «Микран»

НПФ «Микран» представляет прецизионные коаксиальные переходы в тракте 2,4/1,04 мм и между трактами 3,5/1,52 мм и 2,4/1,04 мм для использования в измерительных СВЧ-приборах. Переходы в тракте 2,4/1,04 мм в диапазоне частот до 50 ГГц обеспечивают КСВН не хуже 1,3 и вносимые потери не более 0,4 дБ. Переходы между трактами 3,5/1,52 мм и 2,4/1,04 мм в диапазоне частот до 32 ГГц обеспечивают КСВН не хуже 1,2 и вносимые потери не более 0,25 дБ.

Корпуса переходов изготовлены из нержавеющей стали, центральные проводники изготовлены из закалённой бериллиевой бронзы и покрыты износостойким золотом, что значительно увеличивает их эксплуатационный ресурс.

Переходы изготавливаются с соединителями тип I, тип IX, вар. 3 и тип 3,5 различных вариантов (как розетки, так и вилки) по ГОСТ РВ 51914-2002.

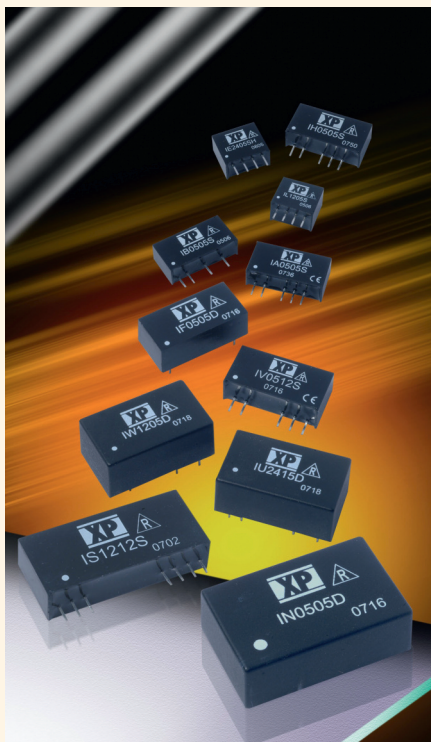


НПФ «Микран» в очередной раз подтверждает свой высокий статус лидера российского рынка разработчиков и производителей измерительной техники и аксессуаров СВЧ-тракта.

[www.micran.ru](http://www.micran.ru)  
Тел.: (3822) 42-1877

### Миниатюрные DC/DC-преобразователи для поверхностного монтажа

Компания XP Power объявила о начале поставок недорогих компактных DC/DC-преобразователей серий ISF, ISG и ISL для поверхностного монтажа. Однофазные DC/DC-преобразователи серий ISF и ISG имеют габариты 15,24 × 11,2 × 6,5 мм. Вместе с небольшими по габаритам 1,5-ваттными моделями серии ISL, эти ультракомпактные устройства занимают минимальную площадь печатной платы, предоставляя разработчикам возможность уменьшить размеры своих устройств. К тому же, имея стандартное расположение



выводов, они являются идеальными в качестве прямой замены в существующих конструкциях. Возможен заказ моделей серий ISF и ISG с другим расположением выводов и формами корпусов.

DC/DC-преобразователи серии ISG обеспечивают один выход стабилизированного напряжения с номинальными напряжениями +5, +12, +15 В. Имеются две модификации с входными напряжениями +5 и +12 В.

Поставляются одно- и двухканальные модели серий ISF и ISL с популярными номинальными напряжениями от +3,3 до +15 В. Серия ISF включает модели с входными напряжениями +3,3, +5, +12 и +15 В. Предназначенные для работы в широком диапазоне входных напряжений (4 : 1), модули серии ISL доступны в исполнениях для работы от сетей постоянного напряжения +24 или +48 В.

Модули серий ISG и ISL характеризуются нестабильностью по току ±1%, выходные каналы модулей серии ISF являются нестабилизированными.

Все модели серии ISx характеризуются гальванической развязкой вход-выход 1 кВ. По заказу предлагаются модули серии ISF с гальванической развязкой выходных цепей от входных шин 3 кВ.

DC/DC-преобразователи серии ISx с рабочим диапазоном температур от -40 до +85°C могут применяться в условиях воздействия внешних факторов среды. Они способны обеспечивать полную мощность при температурах до +70°C без применения принудительного воздушного охлаждения.

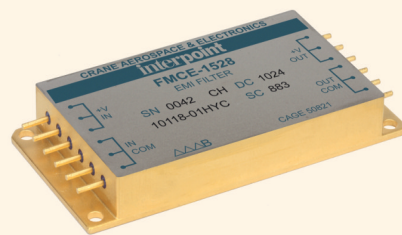
DC/DC-преобразователи серии ISL характеризуются значением MTBF свыше 1 млн. ч, модули серий ISF, ISG характеризуются средним временем наработки на отказ свыше 3,5 млн. ч.

Все модели поддерживаются трёхлетней гарантией.

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

### Новые помехоподавляющие фильтры Interpoint с высоким значением тока

Компания Crane Aerospace & Electronics объявила о расширении линейки помехоподавляющих фильтров, выпускаемых под маркой Interpoint, изделиями FMCE-0328, FMCE-0528, FMCE-0828 и FMCE-1528. Новые фильтры серии FMCE предназначены для работы с DC/DC-преобразователями с выходными мощностями от 1,5 до 120 Вт и совместимы с помехоподавляющими фильтрами серий FMH, FMC, FMD и FME, предлагаемых компанией в настоящее время. Изделия разработаны для обеспечения высокого коэффициента ослабления помех с минимальным падением напряжения на фильтре, а также с эффективным рассеиванием в модуле тепловой мощности для минимизации нагрузки на компоненты, что обеспечивает длительный срок эксплуатации конечного продукта.



«Мы разработали эти изделия для увеличения коэффициента ослабления и повышения нагрузочной способности. Улучшенные характеристики позволяют соответствовать требованиям стандарта MIL-STD-461 C-F к кондуктивным помехам (CE03, CS01, CE102, CS101) и даже превысить их», – заявил Michael Osborne, менеджер по продукции отдела электроники Crane Aerospace & Electronics.

Новые модели фильтров будут производиться на заводе компании Crane в Kaohsiung (Тайвань), сертифицированном в соответствии с требованиями MIL-PRF-38534 Class H.

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

РОССИЙСКАЯ  
**НЕДЕЛЯ**  
ЭЛЕКТРОНИКИ

ОТ КОМПОНЕНТОВ ДО МОДУЛЕЙ  
ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ!



26-28 октября 2010 года  
[www.RussianElectronicsWeek.ru](http://www.RussianElectronicsWeek.ru)

Э Л Е К Т Р О Н И К А  
КОМПОНЕНТЫ • ОБОРУДОВАНИЕ • ТЕХНОЛОГИИ

# ChipEXPO -2010

ОКТАБРЬ 26-28

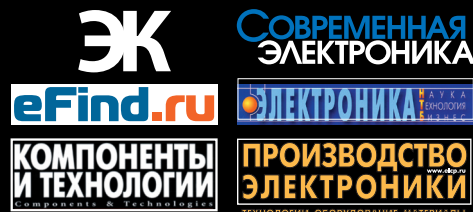
8-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА  
РОССИЯ • МОСКВА • ЭКСПОЦЕНТР

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



Министерство промышленности  
и торговли Российской Федерации  
Департамент науки и промышленной  
политики города Москвы  
Московская торгово-промышленная палата

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА



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

# Размышления по итогам конференции «Российский рынок микроэлектроники. Перспективы развития»

Марк Новоначный (Москва)

**В конце февраля в Москве газетой «Ведомости» была проведена конференция «Российский рынок микроэлектроники. Перспективы развития». Мероприятие было посвящено анализу состояния и перспектив развития отечественного рынка микроэлектроники, играющей важную роль в модернизации страны на современном этапе.**

Микроэлектроника – отрасль в России многострадальная. Вердикты реформаторов 90-х старательно ставили на ней крест. В качестве аргументов для отказа в развитии этому направлению отечественной экономики неоднократно приводились утверждения о фатальном отставании достижений отечественной микроэлектроники от зарубежной. Впрочем, эти утверждения подкрепляются лишь «бородатыми» анекдотами о самом большом отечественном транзисторе или интегральной микросхеме и обывательскими рассуждениями о простоте закупок импортной элементной базы.

На практике отечественные разработчики сегодня сталкиваются с проблемами доступа к современной элементной базе, и не только по причине экспортных ограничений зарубежных государств. Иностранцы полупроводниковые компании даже в номенклатуре сугубо гражданской продукции выделяют продуктовые линейки, предлагаемые лишь крупным OEM-производителям, и внутренний бюрократизм этих компаний, помноженный на «микроскопичность» нынешнего российского рынка, делает невозможными (или сильно затрудняет) приобретение таких компонентов. Эта «микроскопичность» (не более 3,5 млрд. долл., тогда как по данным Беатрис Шеперд, директора по Центральной и Восточной Европе, России и СНГ, Frost & Sullivan, «вся EMEA» потребляет электронных компонентов на 46,8 млрд. долл.) делает также неинтересным для ряда ведущих полупроводниковых компаний полноценное присутствие на российском рынке. Это проявляется в перекосах популярности продуктов мировой микроэлектроники, приводящих к тому, что российские разработчики ориентируются не на самую лучшую элементную базу.

Для государств со сбалансированной экономикой и большими трудовыми ресурсами сиюминутное отставание в какой-либо технологии не является фатальным. Не отказались же США, СССР, Франция от собственных ракетных программ после знакомства в 1945 г. с достижениями Вернера фон Брауна, США не свернули свои работы по водородной бомбе и не «вдарились» в мирные переговоры после испытания дегидра академика Сахарова и его коллег. А ведь уже в 1955 г. изделие производства СССР было «портативным и мобильным» и сброшено для испытаний с отечественного бомбардировщика Ту-16, тогда как устройство, взорванное американцами, было размером с небольшой дом.

Нашей электронике конца 80-х не хватило времени, а также политической воли конструкторов уровня Королёва, Мясищева, Алексеева, учёных, подобных Келдышу и Бергу, отстоять путь развития, прокладываемый с учётом, но без боязливой оглядки на зарубежные достижения.

Проводя аналогию между «историзмом» развития МОМ'овских и МАП'овских «высоких технологий» в нашей стране, где можно выявить 10- и 30-летний период достижения ключевых успехов, и беря за точку отсчёта для истории развития микроэлектроники начало 60-х прошлого века, стоит посмотреть, чего достигла наша страна за 10 лет в начале 70-х в твердотельной электронике, точнее, на базе отечественной твердотельной электроники. По заданию Министерства электронной промышленности в 1970 г. был создан микрокалькулятор на четырёх больших интегральных схемах со степенью интеграции до 500 транзисторов на кристалле. В 1968 г. начата работа над проектом многопроцессорной ЭВМ «Эльбрус». Её прототип был создан

на интегральных микросхемах, использованных в ЭВМ 5Э26, ранее созданной для системы противозушной обороны С-300. Об этом вспоминает академик Валеев, по мнению которого, советская микроэлектроника под руководством министра электронной промышленности А.И. Шокина входила в тройку мировых лидеров, занимая второе место по изделиям военного назначения и третье место по изделиям индустриального и коммерческого назначения. В СССР на 100% обеспечивались потребности в изделиях микроэлектроники для гражданской продукции. Цифры, подтверждающие эти факты, привёл Валерий Мартынов, профессор, советник генерального директора ЦНИИ «Электроника», выступивший с докладом «Каким может быть будущее российских разработчиков и производителей: варианты развития сценариев».

Однако успехов, которых можно было бы ожидать от отечественной микроэлектроники в конце 30-летнего периода её развития, увидеть нам просто не пришлось. Вместо них страна получила в 1992 г. Напомним, что в этот год компания Texas Instruments (TI) (чья история развития от приборостроительной компании в полупроводниковую в определённой степени является «миниатюрной» аналогией становления и развития МЭП) стала выпускать 486-е процессоры. Экономический, научный и кадровый потенциал СССР не был слабее, чем у TI, и подобные достижения могли бы быть и у нас. Достаточно вспомнить, в дополнение к работам по «Эльбрусу», динамику развития минского «Интеграла» и предприятий, производящих оборудование для микроэлектроники.

Но с середины 80-х России перестало везти не только на царей: дорожный инцидент унёс жизнь Машерова, а Ставрополье славилось скорее как житница. А поскольку так уж исторически сложилось, что технические успехи нашей страны были тесно связаны с интеллектуальным и административным потенциалом высшего руководства, то в 1992 г. вместо процессоров мы получили сначала перестройку, когда отечественную микроэлектронику, как и другие высокотехнологич-

ные отрасли СССР, уже в открытую начали крушить кувалдой, а потом и полностью перекошенную экономику финансовых потоков, вымывшую из руководства специалистов-профессионалов, а с ними и профессиональное руководство.

Какие же перспективы у российской микроэлектроники в новой экономике «новой России»?

Полупроводники и прочие электронные компоненты – это лишь основа для производства законченных изделий электронной техники, будь то военная, промышленная или потребительская электроника. Но если в мире структура электронного производства включает в качестве основных составляющих изделия потребительского спроса, автоэлектронику, телекоммуникационное оборудование и электронные системы для промышленности и энергетики (данные Беатрис Шеперд, доклад «От макроэкономики к микроэлектронике»), то в России сегодня, по данным заместителя министра промышленности и торговли Российской Федерации Ю.И. Борисова, развивается фактически лишь телекоммуникационный сегмент (54%, в то время как в мире, по данным Валерия Малышева, телекомовский сегмент рынка состав-

ляет около 20%) и цифровое телевидение (32%). Хотя в докладе г-на Борисова упоминались отдельными строками ещё автомобильная электроника (4%), навигационная аппаратура (1%) и радиочастотная идентификация (1%), занимаемые ими доли делают более уместным включение этих сегментов в раздел «прочие»; без них он, по оценке г-на Борисова, составляет 8%.

Организаторы конференции утверждают: «мировой опыт показывает, что существует два пути движения вперед: поиск ниш, где конкуренция будет идти не по принципу наименьшей стоимости, а по принципу отличительных особенностей, и развитие на рынках, которые сформированы и защищены государством». Если принять это утверждение за аксиому, то как может развиваться российский рынок электроники (радиоэлектроники) и какие требования при этом он может предъявлять микроэлектронной промышленности России?

Приведённая в докладе г-на Борисова структура рынка радиоэлектроники обусловлена стихийными процессами на нём, не связанными с целенаправленным государственным регулированием, ведь упомянутые в докладе

правительственные программы датируются в лучшем случае 2007 г. и вряд ли сумели оказать решающее влияние на описанную заместителем министра картину.

С точки зрения здравого смысла, с оглядкой на мировой опыт (а его отбрасывание так же чревато, как и слепое копирование) и учитывая качество содержания нынешнего отечественного телевидения, его пользу для населения и отношение населения к нему, в дополнение к телекомовскому направлению в российской электронике (радиоэлектронике) следовало бы развивать технологии и системы для эффективного управления электродвигателями и потоками электроэнергии, промышленную автоматику и промышленные системы сбора данных и измерений, автоэлектронику, медицинские приборы, включая и те, что пользуются потребительским спросом. Кроме того, следует попытаться заместить «65-% зависимость» (данные из доклада Беатрис Шеперд, близкие к данным Валерия Малышева) отечественного оборонного сектора от импортной элементной базы. В докладе г-жи Шеперд сделаны почти такие же выводы. Она предположила, что возрож-

# Интернет Магазин **Elitan.ru**

**МОСКВА**  
телефон (495)  
**649-84-45**  
Факс 495 646-80-01

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ**  
телефон (812)  
**313-28-33**  
Факс 812 313-28-44

**ИЖЕВСК**  
телефон (3412)  
**50-33-30**  
Факс 3412 51-84-29

**ЭЛЕКТРОННЫЕ  
КОМПОНЕНТЫ**

**ПРИБОРЫ  
И ИНСТРУМЕНТ**

**КОМПЬЮТЕРНЫЕ  
КОМПЛЕКТУЮЩИЕ**

**1 000 000 товаров от 999 изготовителей**

- Минимальный заказ не ограничен
- 12 способов доставки по России и за рубеж
- Удобная система оплаты:  
Банк, VISA, MasterCard, Webmoney, ЯндексДеньги, RBK Money.
- Ежедневное обновление склада
- Отслеживание состояния заказа через сайт

Реклама

даемая микроэлектроника России должна в первую очередь обслуживать интересы нефте- и газодобывающих отраслей и энергетики (ныне здравствующие, хоть и не без потерь, отрасли экономики России), здравоохранения (без населения экономика теряет смысл) и оборонной и аэрокосмической промышленности (иначе придётся кормить чужую армию).

То, что не соответствует «здоровому смыслу» в только что приведённых рассуждениях, так это отсутствие упоминания о потребительской электронике, являющейся во всём мире неиссякаемым источником финансовых потоков, направляемых компаниями на НИОКР и развитие производства. Однако, во-первых, некоторая часть этого рынка скрыта в автоэлектронике (в т.ч. опциональные мультимедийные и навигационные системы для легковых автомашин), медицинских приборах для использования на дому (измерения давления и пульса, содержания сахара в крови и т.п.), системах учёта энергоресурсов в быту. Ну а во-вторых, оставшаяся номенклатура компонентов для потребительской электроники, если смотреть на вещи реально, просто не подвластна современному уровню состояния микроэлектронного производства в России. Речь идёт о микросхемах для цифровых фотоаппаратов и сотовых телефонов, нетбуков и электронных книг и прочих т.н. гаджетов. Именно покупатели гаджетов, используя «сыроватые» продукты (и с точки зрения элементной базы, и с точки зрения программных приложений), зачастую оплачивают сегодня перспективные зарубежные исследования по 20-нанометровой литографии и использованию пластин диаметром 450 мм, а также совершенствование технологий с большими проектными нормами.

Парадоксально, но факт – современная промышленная электроника зачастую не нуждается в том, что сегодня кроется за магией слов о 45-нанометровых и меньших топологических нормах. Чтобы не быть голословным, приведу несколько цитат из статьи Джонатана Миллера (ассоциация PC/104 Embedded Consortium) «Темпы развития технологий несут в себе угрозу»: «Добрые старые времена... вспоминаются с ностальгией! Шина ISA была общепризнанной и чуть ли не единственной технологией подключения модулей расширения, энергопотребление процессоров описывалось прилагательным «умеренное», долгожительство «кремния» на рынке было поводом для гордости поставщика микро-

схемы... Но вот руководство парочки компаний (не будем показывать пальцем, но они нам хорошо известны) вдруг заиклилось на идее фикс: надо начать технологическую гонку, это позволит развивать конкуренцию. В результате заказчики каждые два года оказывались у разбитого корыта, как только используемые ими компоненты и технологии переводились в категорию снимаемых с производства и поддержки... На рынке же встроенных систем, где «долгожительство» платформ и технологий являются залогом длительности жизненного цикла продукции и напрямую вытекает из требований регулирующих органов,... концепция технологической гонки стала синонимом слова «катастрофа»... Да, ряд приложений «знают», куда потратить широкополосность интерфейса и мощь вычислительной платформы. Но на рынке есть ещё огромное количество приложений, «стоящих ногами на земле», приложений, для которых 8 МГц рабочей тактовой частоты шины более чем достаточно...».

Именно принимая во внимание подобные соображения, можно надеяться, что использование заделов советской микроэлектроники по части технологий с проектными нормами 0,25 мкм, подкреплённое «умеренно нанометровыми» технологиями зарубежья и протекционистской политикой родного государства, позволят выправить структуру рынка «конечной» электроники в направлении новой «индустриализации» страны на основе отечественной элементной базы. Ну а потребительскую электронику пока придётся делать на зарубежных комплектующих.

И тут могла бы найтись работа для специалистов по макроэкономике и финансовой «ирригации», от которых хотелось бы получить рекомендации по т.н. «отвёрточной сборке» изделий электроники, относящихся к потребительскому сегменту рынка, на территории нашей страны; рекомендаций и по «номенклатуре» сборки, и по экономике сборки. О возможностях подобных производств изделий электроники и точной механики можно судить хотя бы по таким комментариям.

Журнал Forbes в одном из своих номеров со ссылкой на аналитика компании Mobile Reseach Group Эльдара Муртазина отмечал, что сегодня сотовые телефоны, похожие на модели известных марок, предлагают десятки фабрик Юго-Восточной Азии. Претендент на роль игрока на рынке клиентского обо-

рудования для сотовой телефонии может приехать на любую из таких фабрик, выбрать по каталогу внешний вид и функциональные возможности и спустя некоторое время забрать партию сотовых телефонов со своим логотипом. Но эти или подобные фабрики могут быть и в России!

Ещё одно мнение представил в своём интервью газете «Коммерсантъ» председатель Совета директоров Swatch Group Николас Джордж Хайек: «...вы найдёте два десятка компаний, которые сделают вам любые часы, только пожелайте».

Правда далее г-н Хайек посетовал, что это путь к деградации оригинальной часовой промышленности, но на первом этапе насыщения рынка и подготовки к собственному производству «отвёрточная сборка» могла бы принести благо российской экономике. Наличие подобных производств в правильно выбранных и поставленных в «правильные» экономические условия продуктовых нишах, позволило бы удовлетворять внутренний потребительский спрос, улучшая при этом ситуацию на рынке труда (что опять же способствовало бы развитию потребительского рынка) и сохраняя для отечественной экономики часть средств, работающих на зарубежную экономику при осуществлении закупок по импорту. Вопрос о необходимости оптимизации условий для «отвёрточной сборки» на конференции «Ведомостей» пытался поднять представитель компании Foxconn (к слову сказать, компания – один из трёх «избранных» производителей оборудования Cisco), но обсуждения не получилось.

Тут уместно будет отметить, что насыщенная программа выступлений на конференции «Российский рынок микроэлектроники. Перспективы развития» не оставила место полноценным общим дискуссиям, а обсуждения в кулуарах не являются их заменой.

О возможности и необходимости опоры российской микроэлектроники на имеющийся опыт и государственную поддержку напомнил участникам конференции Хайнц Кюндерт, президент SEMI Europe, выступивший на конференции с докладом «Возможные способы локализации полупроводникового оборудования и материалов в России». В своём докладе он призвал к «национальной гордости великороссов», напомнив, что у микроэлектроники в России есть история, которой, например, нет у Китая. Ну а тезисы заключительного слайда презен-

тации г-на Кюндерта включали такие рекомендации, как:

- объединение полупроводникового сообщества России на основе осознания национальных интересов (Build a strong collective Russian semiconductor community and identity);
- опора на мощную государственную поддержку (Seek for strong government support).

Обоснованность рекомендаций Хайнца Кюндерта подтверждают данные генерального директора ОАО «Российская электроника» А.В. Зверева, свидетельствующие о наличии на территории России «спор» некогда разветвлённой полупроводниковой «экосистемы» Советского Союза. И в числе первых шагов холдинга «Российская электроника» на пути консолидации усилий этой экосистемы стало формирование специализированных научно-производственных кластеров в Санкт-Петербурге, Саратове, Новосибирске и Фрязино, а также в Москве.

В материалах презентации «О путях и проблемах развития отечественной микроэлектроники» генерального директора ОАО «Российская электроника» указывается также на необходимость приоритетного развития таких направлений

электроники, которые бы обеспечили кооперацию предприятий холдинга совместно со стратегическими интегрированными структурами федерального уровня, производителями национально значимых систем безопасности и жизнеобеспечения страны.

Генеральный директор ОАО «Российская электроника» А.В. Зверев подчёркивает в своих материалах важность специального решения Правительства о модернизации электронного производства для целевого технического перевооружения, в котором были бы прописаны (термин чиновников): эффективные финансовые механизмы и средства для закупки импортного оборудования, которое бы обеспечило концентрацию ресурсов при создании новых производств, реконструкции и перевооружении действующих производств и совершенствовании совместного частного и государственного финансирования крупных проектов в области микроэлектроники.

О важности пунктов 1 и 3 свидетельствует ситуация с покупкой оборудования и технологий компании AMD для создания производства микросхем с топологическими нормами в 130...110 нм.

В этой истории были оптимистичные прогнозы по кредитованию сделки и запуску производственной линии в 2008 г. Далее «случился кризис», были разговоры о переносе сроков запуска производства на 2009 г., а в августе 2009 г. «прошёл слух» о том, что полноценный запуск производства по технологии 130 нм запланирован на начало 2011 г.

Пока же «Ангстрем» решает свои финансовые проблемы и до их решения не может рассчитывать на новые кредиты. В слухах о проекте густо намешаны монтаж «чистых комнат», ремонт инженерных коммуникаций и «объёмы обременения». Точной же информации по этому проекту, одному из двух самых известных из области «трансферта технологий», упомянутой в докладе заместителя министра промышленности и торговли Российской Федерации Ю.И. Борисова в качестве одной из составляющих для построения российского микроэлектронного производства, на конференции представлено не было.

На фоне проблем «Ангстрема» более оптимистично выглядит процесс переноса на российскую почву технологий компании ST Microelectronics в ОАО «НИИМЭ и завод Микрон». В 2007 г. состоя-

## Поставка, сервисное и техническое обслуживание автоматизированного тестового оборудования (ATE) в России



**VERIGY** Applications Support Partner

**LTX** Authorized Reseller of LTX Corporation

**TERADYNE** Certified Refurbished Legacy Equipment

**credence** Authorized Reseller of Credence Corporation

**Chroma** Authorized Support Partner CHROMA ATE Inc.



Техническая поддержка в Зеленограде



Device Handler  
Test Head Interfaces  
Test Head Manipulators

Programming Services & Training  
Field Service & Maintenance Training

Calibration  
Spare Parts  
Module repair  
Application support  
Options & upgrades  
Legacy system Sales

# DIGITRON

## Engineering Services

ООО "ДИГИТРОН Инженерный Сервис"  
генеральный директор - Налбандян Д.А.  
124460, г. Москва, г. Зеленоград,  
корп. 1205, н.п. 1  
+7 499 733 76 20

Реклама

лось торжественное открытие производства микросхем по технологии 0,18 мкм, тогда же озвучили планы создания собственной технологии с топологической нормой 0,13 мкм, а в перспективе – 65 нм. Одновременно было заявлено о начале решения задачи восстановления научно-технической школы в области микроэлектроники и создания базы для наращивания научно-технического потенциала страны: вокруг производства началось формирование «кластера», включающего научные лаборатории и вузы. На конференции «Российский рынок микроэлектроники. Перспективы развития» Геннадий Красников, генеральный директор ОАО «НИИМЭ и завод Микрон», рассказывал о новом проекте – производстве на «Микроне» микросхем с топологической нормой в 90 нм.

Но трансферт технологий ST Microelectronics в ОАО «НИИМЭ и завод Микрон» только выглядит оптимистично. Он может дать результаты в части восстановления научно-технической школы в области микроэлектроники, появлении нового поколения технологов электронного производства, умеющих производить кристаллы с низким энергопотреблением и топологией в десятки нанометров. Но экономические успехи проекта сомнительны: ключевыми словами, описывающим продукцию по этому проекту и области её применения, являются RFID и смарт-карта (она же социальная карта, она же водительское удостоверение, она же электронный паспорт). Приложения на основе RFID-меток – это приложения развитого информационного общества, приложения, требующие больших начальных капитальных вложений, которые могут себе позволить лишь богатые заказчики.

Технология RFID (Radio Frequency ID или радиочастотная идентификация) и смарт-карты на её основе являются по своей сути «двуликим Янусом». Микроэлектронные технологии, позволяющие создать полупроводниковый кристалл (микросхему памяти или микропроцессор) и снабдить его антенной системой, – это лишь одно «лицо». Чертами другого «лица» технологий RFID и приложений на их основе являются (а) законодательство, (б) стандарты и (в) информационные технологии (алгоритмы и аппаратно-программные платформы серверных систем и сетей передачи данных), определяющие принципы формирования, хранения и обработки идентификационных данных в тех областях, где RFID может быть применена.

Интеграция технологии распознавания человека по биометрическим признакам в смарт-карты требует, помимо законодательной базы и базы стандартов, ещё и использования широкого спектра продуктов, включающего не только RFID-метки с памятью, но и датчики, процессоры, аналоговые компоненты и программное обеспечение для ридеров, обеспечивающих обработку биометрической информации, их передачу по сети и защиту данных. Успех внедрения многих приложений на основе технологии RFID трудно также представить себе без интеграционного программного обеспечения, способного оптимизировать рост нагрузки на сетевые коммуникации за счёт предварительной обработки RFID-данных.

В связи со сказанным относительно RFID надо отметить, что успех полупроводниковых компаний, «зашедших» на этот рынок, в гораздо большей степени, нежели чем «простых» «процессорных» или «аналоговых» компаний, зависит от кооперации микроэлектронной промышленности с «общей» ИТ-индустрией и Правительством, которая в разорванной и растащенной экономике России только восстанавливается.

Конференция «Российский рынок микроэлектроники. Перспективы развития» достаточно отчётливо отразила тот факт, что консолидация микроэлектронной отрасли находится на самой ранней стадии. Из-за отсутствия на ней полноценного кворума представителей отечественных технологических кластеров и дизайн-центров такие важнейшие вопросы, как:

- конкурентоспособность российских производителей на российском рынке микроэлектроники;
- перспективные направления для развития производства микроэлектроники в России;
- возможности и инструменты привлечения глобальных игроков на российский рынок с целью получения доступа к технологиям и интеграции в мировую производственную цепочку не были обсуждены всесторонне, по ним были высказаны лишь некоторые частные мнения. И среди этих мнений тревожным звонком прозвучал доклад «Новейшие тенденции в микроэлектронике и развитие Intel в России» Камиля Исаева, генерального директора по исследованиям и разработкам в России и СНГ корпорации Intel. Три из четырёх аргументов г-на Исаева в пользу того, что «Россия – один из наиболее успешных регионов для развития некоторых

наших (корпорации Intel) R&D проектов», звучали так: наличие *достаточно* высокой компетенции...; *всё ещё* конкурентоспособная стоимость ресурсов; *относительная доступность* талантливых разработчиков и молодых специалистов. И как бы в подтверждение тезисности последнего тезиса прозвучал комментарий одного из представителей отечественных компаний к выступлению Антона Дерлятки, управляющего партнёра Ward Howell «Российская научная диаспора. Стоит ли рассчитывать на поддержку?». Комментарий содержал «грустный» рассказ о попытке вернуть в свою российскую компанию молодого специалиста, перешедшего на работу в российское подразделение Freescale Semiconductor. И самое печальное в этом рассказе, на мой взгляд, не то, что при равных зарплатах российский специалист предпочитает иностранную компанию, а то, что один недавний выпускник вуза столь критически важен для российской компании, имеющей доступ ко всему потенциалу московских вузов.

К сожалению, на конференции практически не были затронуты вопросы обеспечения нашей микроэлектронной промышленности программными средствами разработки микросхем и изделий электронной техники. В докладе Игоря Агамирзяна, генерального директора «Российской венчурной компании», эта тема только была обозначена (название доклада «Возможности привлечения венчурных инвестиций в разработку программного обеспечения для микроэлектроники»), но не раскрыта. Доклад же Жан-Поля Сюрена, директора по лицензированию Altium Europe в странах EMEA, «Следующее поколение проектных решений в электронике» представил лишь одно из возможных предложений в этой области.

Более сильной стороной конференции, нежели чем обсуждение российских проблем, стало представление таких тем, как:

- изменения глобальной микроэлектронной отрасли под влиянием кризиса;
- технологический прогноз развития отрасли на 3–5 лет

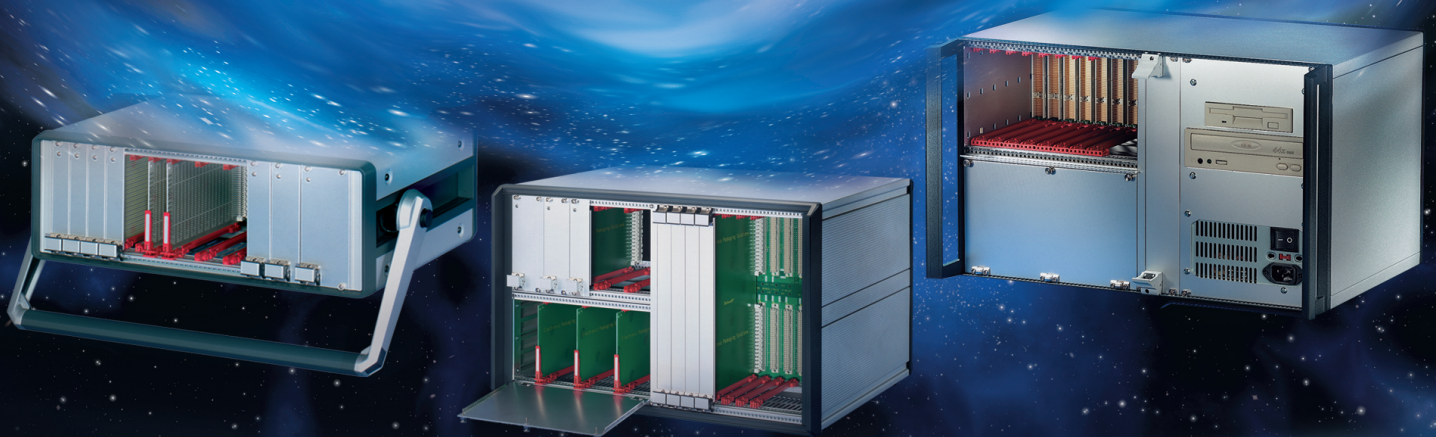
Профессионально подготовленные презентации квалифицированных докладчиков из числа иностранных гостей позволили получить исчерпывающую информацию по этим вопросам.

Хочется верить, что послекризисная стабилизация рано или поздно создаст условия для более полного обсуждения перспектив развития отечественного рынка микроэлектроники.



# Полная линейка приборных корпусов

## Технология EuroPacPRO — ГАЛАКТИКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ



### ***CompacPRO***

**Простой и удобный  
переносной корпус**

- Разнообразные конфигурации
- Идентичные передняя и задняя рамки
- Простота сборки – компоненты фиксируются с внешней стороны
- Высокая прочность и надежность
- Привлекательная цена

### ***PropacPRO***

**Прочный переносной корпус  
с системой электромагнитного  
экранирования**

- Разнообразные конфигурации
- Привлекательный дизайн
- Прочная литая передняя рамка
- Возможность электромагнитного экранирования
- Может использоваться для медицинского оборудования

### ***RatiopacPRO***

**Универсальный корпус  
для любых применений**

- Настольное, переносное или стоечное исполнение
- Произвольные размеры и разнообразные конфигурации
- Возможность электромагнитного экранирования
- Эффективные системы охлаждения

#### ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ SCHROFF

Реклама

# PROSOFT®

**МОСКВА** Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**С.-ПЕТЕРБУРГ** Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • E-mail: info@spb.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**ЕКАТЕРИНБУРГ** Тел.: (343) 376-2820 • Факс: (343) 376-2830 • E-mail: info@prosoftsystems.ru • Web: www.prosoftsystems.ru  
**САМАРА** Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • E-mail: info@samara.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**НОВОСИБИРСК** Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • E-mail: info@nsk.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**КИЕВ** Тел.: (+380-44) 206-2343/2478/2496 • Факс: (+380-44) 206-2343 • info@prosoft-ua.com • www.prosoft.ru  
**УФА** Тел.: (347) 2925-216; 2925-217 • Факс: (347) 2925-218 • info@ufa.prosoft.ru • www.prosoft.ru

# Обеспечивающие технологии электроники: охлаждение встроенных систем

Антон Реут (Москва)

**В статье представлен обзор стандартов и технологий активного и пассивного охлаждения встроенных систем на основе кондуктивного теплоотвода.**

Несомненно, температура является одним из основных факторов «жесткости» условий эксплуатации компьютерных систем. Управление тепловым режимом является важнейшим условием обеспечения их работоспособности. Проблемы создания оптимальных тепловых режимов усугубляются постоянным ростом тактовых частот процессоров и других микросхем и необходимостью минимизации габаритов аппаратных платформ.

Работа встроенных систем в составе оборудования в условиях жестких эксплуатационных воздействий и в необслуживаемом (дистанционно управляемом) режиме, как правило, усложняет поддержание штатного теплового режима. При этом технические решения для поддержания тепловых режимов встроенных систем должны учитывать требования к длительности жизненного цикла оборудования, его надежности, а также ограничения на допустимую стоимость. Тем не менее, использование моделирования, специальных технологий и конструкций позволяют отводить от активных и пассивных элементов большие тепловые потоки.

Базовыми технологиями отвода тепла от компьютерной системы являются активное охлаждение (например, потоком воздуха или за счет орошения испаряющимся хладагентом) и т.н. пассивный кондуктивный теплоотвод за счет процесса «естественной» теплопроводности. Кавычки напоминают, что «естественной» теплопроводностью можно управлять; об этом будет сказано ниже.

Упомянутые технологии отвода тепла могут использовать четыре способа управления тепловым режимом встроенной системы:

- активное охлаждение на уровне каждой платы;

- сочетание активного охлаждения системной среды (атмосфера и конструктив корпуса) и пассивного кондуктивного теплоотвода на уровне плат;
- пассивный кондуктивный теплоотвод на уровне плат и системы в целом;
- охлаждение за счет естественной конвекции без использования обдува потоком воздуха.

Активное охлаждение с использованием внешнего теплоносителя – самый эффективный метод отвода тепла, однако весьма сложный с точки зрения конструктивной реализации, неблагоприятный с точки зрения надежности и дорогой в исполнении. Системы активного охлаждения неизбежно увеличивают общие габариты и массу встроенной системы, а также ее энергопотребление.

Пассивный кондуктивный теплоотвод организуется на основе естественной теплопроводности по специально сформированным каналам отвода тепла. Это могут быть включения металла с повышенной теплопроводностью или металлические трубки с жидким теплоносителем. В каналы отвода тепла, как правило, входят области специально сформированных контактов двух и более металлических деталей системы кондуктивного охлаждения, зачастую выполняющих еще и функции механического упрочения и защиты от электромагнитного излучения.

Технологии кондуктивного теплоотвода на основе естественной теплопроводности по специально сформированным каналам отвода тепла требуют высокой квалификации разработчиков встроенных систем и тщательной проработки конструкции, что может повлечь за собой удорожание встроенной системы и увеличение сроков ее разработки. Однако грамотная система кондуктивного теплоот-

вода не только не ухудшает надежность встроенной системы, но может повысить ее, не создавая дополнительного энергопотребления.

Выбор подхода к управлению тепловым режимом встроенной системы может диктоваться как объективными инженерными предпосылками, так и специальными требованиями заказчика, принятыми в конкретных отраслях промышленности. Военные «не любят» вентиляторы, а повышенные требования к производительности некоторых современных приложений требуют тщательного конструирования систем каналов пассивного кондуктивного отвода тепла.

В то же время можно найти ряд примеров из области современной бытовой техники, когда встроенные системы на основе микроконтроллеров с низким энергопотреблением, широко использующих в конкретных приложениях режимы «сна» и «ожидания», легко обходятся охлаждением за счет естественной конвекции, без обдува потоком воздуха.

В промышленных компьютерах охлаждение за счет естественной конвекции тепла может использоваться при тепловыделении не более 15 Вт для модулей форм-фактора 6U VME и около 12 Вт для модулей форм-фактора 3U CompactPCI (по данным компании Kontron).

Система активного охлаждения на уровне каждой платы используется в том случае, когда тепловыделение платы может быть описано «точной» моделью источников тепла, если на плате можно выделить одну-две микросхемы, на которые приходится основное тепловыделение.

По сравнению с подходом на основе активного охлаждения на уровне каждой платы, сочетание активного охлаждения системной среды и пассивного кондуктивного теплоотвода на уровне плат позволяет (теоретически) повысить надежность системы и снизить ее энергопотребление за счет снижения числа вентиляторов. Естественно, за это придется заплатить деньгами и временем, потраченными на пропра-

ботку как конструкции системы кондуктивного теплоотвода на уровне плат, так и архитектуры активного охлаждения системной среды. Для иллюстрации последнего утверждения можно привести пример корпусов формата Cube некоторых систем стандарта MicroTCA (см. рис. 1). Форм-фактор Cube оказался удобным для оптимизации системы воздушного охлаждения, работающей таким образом, что в потоке воздуха находится максимум два АМС-модуля, а не три-четыре, как это бывает в системах с другими формами корпусов.

Для встроенной системы можно организовать не слишком сложную систему пассивного кондуктивного теплоотвода, когда требования приложения можно удовлетворить при достаточно низком энергопотреблении, ограничения на габариты и массу встроенной системы не являются слишком строгими, а температура окружающей среды не возрастает до экстремальных значений. При ужесточении требований придётся использовать сочетание активного охлаждения системной среды (атмосфера и конструктив корпуса) и пассивного кондуктивного теплоотвода на уровне плат.

### Кондуктивное охлаждение

Современные промышленные компьютеры (встраиваемые системы) и одноплатные компьютеры, являющиеся макрокомпонентами для их создания, внешне напоминают изделия машиностроительного производства (см. рис. 2). Такое конструктивное исполнение связано с отказом от использования активных систем охлаждения в виде вентиляторов и, тем более, систем на основе жидкостного охлаждения или охлаждения за счёт испарения специального хладагента.

Сегодня разработчики одноплатных и промышленных компьютеров достигли серьёзных успехов в конструировании встроенных систем, использующих исключительно кондуктивный принцип охлаждения и естественную теплопроводность. Тепло отводится от микросхем в специальный механический конструктив и далее в корпус встроенной системы и/или в слой металлизации платы, а оттуда – в специальный конструктив или сразу в корпус промышленного компьютера и затем в окружающую среду.



Рис. 1. MicroTCA-система OM6120 в крейте формата Cube

Для повышения теплопроводности в промышленных компьютерах многоплатных модульных конструкций (CompactPCI, VPX, MicroTCA) используются специальные заклинивающие элементы крепления модулей в слотах, которые развивают давление, прижимающее охлаждающие пластины к конструктиву (эффективность теплопередачи между прижатыми друг к другу металлическими элементами пропорциональна давлению).

В промышленных компьютерах на основе материнских плат в промышленном исполнении крепёжные отверстия выполняются таким образом, чтобы винтовое крепление плотно и на достаточной площади обеспечивало соприкосновение металлических поверхностей корпусного конструктива компьютера и слоя металлизации платы, используемого для теплоотвода.

Принципы проектирования одноплатных компьютеров и других модульных компонентов для встроенных систем были обобщены в 1992 г. в стандарте IEEE 1101.2 (Базовые рекомендации к механическому конструктиву модулей формата Eurocards с кондуктивным охлаждением). Стандарт, в частности, рекомендует технологии формирования каналов отвода тепла от модулей форматов VMEbus и CompactPCI в шасси по обратной стороне печатных плат и через рамки держателей модулей. При проектировании печатных плат рекомендуется предусматривать встраивание в их топологию проводящих линий, по которым тепло отводится к кромкам плат (см. рис. 3), а также обрамление печатных плат теплопроводящей металлической рамкой, контактирующей с системным крейтом (см. рис. 4).

Принятие стандарта IEEE 1101 создало предпосылки для производства совместимого оборудования разными фирмами и позволило обобщить отраслевой опыт, обратив внимание на важные изменения в энергопотреблении компонентов на плате. Считается, что основной вклад в высокий уровень теплового рассеивания модулей для встраиваемых применений дают микропроцессоры. При таком предположении в качестве средства борьбы с

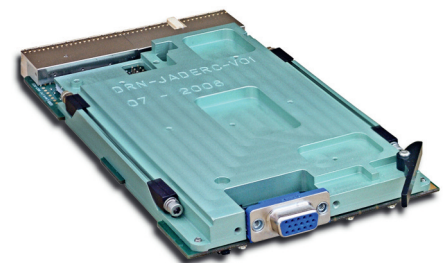


Рис. 2. Внешний вид одноплатного компьютера ITC-320 форм-фактора 3U CompactPCI



Рис. 3. Теплопроводящая окантовка, проходящая по границе печатной платы [2]

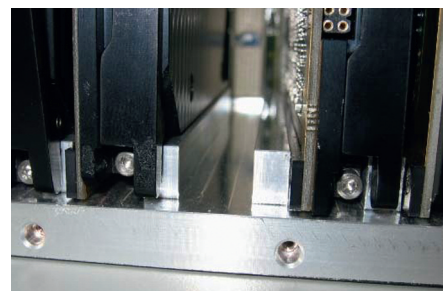
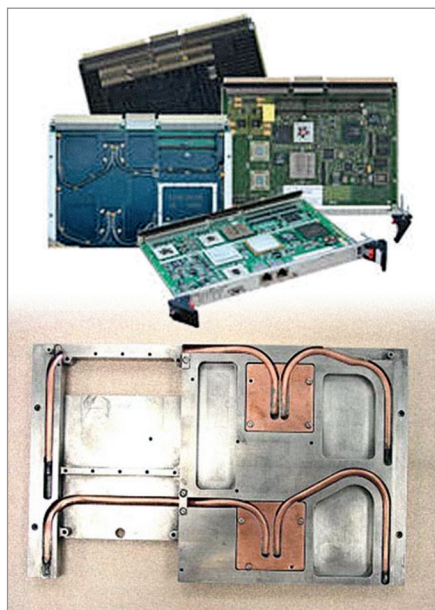


Рис. 4. Тепловой контакт металлической рамки, обрамляющей печатную плату встраиваемого модуля, с системным крейтом [2]



**Рис. 5. Конструктивный элемент технологии Heat Pipes на основе трубок с теплоносителем**

тепловыделением рассматриваются технологии «точечного» охлаждения.

Однако в современных COTS-модулях тепло выделяют многие компоненты конструкции: микросхемы памяти DDR2, XDR или QDR, программируемой логики (ПЛИС/FPGA), цифровые сигнальные процессоры (ЦСП), ИС последовательных интерфейсов, приборы вторичного питания. Это означает, что система поддержания теплового режима модуля в штатном режиме должна обслуживать все эти микросхемы и полупроводниковые приборы. Поэтому в стандарте IEEE 1101.2 рекомендуется использовать пластину-«холодильник», собирающую тепло от многих компонентов и отдающую тепло через салазки по нижней стороне платы.

Сегодня может использоваться ещё и пластина-«холодильник», контактирующая с верхней стороной печатной платы модуля и с теплоотводящими элементами шасси. Дело в том, что в период 1970–90-х гг. многие интегральные микросхемы с большим тепловыделением конструировались таким образом, чтобы тепловой поток был направлен вниз, к основанию микросхемы, и отводился через выводы ИС в печатную плату, а оттуда – за её пределы. Этим и определялась рекомендация по расположению пластины-«холодильника» в стандарте IEEE 1101.2.

С середины 1990-х ситуация с направленностью тепловых потоков от микросхем изменилась: теперь их конструкция предусматривала направление теплового потока вверх, в сторону крышки корпуса ИС. На это

обращают внимание специалисты компании Mercury Computer Systems [1]. Тепловой поток в ИС, направленный от платы, существенно затрудняет эффективное управление тепловым режимом модуля встроенной системы на основе технологий охлаждения, построенных на стандартах предыдущего поколения. Если же обеспечить тепловой контакт крышек корпусов ИС и пластины-холодильника, можно, минув плату, сократить путь отвода части тепла. Такую рекомендацию содержит, в частности, стандарт VITA 48 «Ruggedized Enhanced Design Implementation» (Улучшенная технология конструктивного повышения устойчивости к неблагоприятным условиям внешней среды).

Помимо стандартов IEEE 1101 и VITA 48 существуют и другие стандарты, обобщающие опыт создания систем и приёмов кондуктивного охлаждения модульных промышленных компьютеров. Со спецификацией VITA 48 тесно связан стандарт ANSI/VITA 47-005 (Встраиваемые модули: учёт особенностей внешней среды, проектирование и особенности конструкций, безопасность и качество). Спецификация ANSI/VITA 20-001 содержит рекомендации, которые следует учитывать при разработке мезонинных PMC-модулей с кондуктивным охлаждением и их модулей-носителей.

Наличие стандартных рекомендаций не исключает использования оригинальных решений.

Так, компания Thales Computers/CEPTA более 10 лет назад разработала собственную технологию теплоотводящего конструктива Ruggedizer, позволяющую реализовать в варианте встроенной системы компьютерные платформы на основе четырёх процессоров PowerPC. Эта же компания разработала технологию Heat Pipes, применяемую в конструкции системы охлаждения модулей PowerNode5 на основе 64-разрядной двухпроцессорной платформы PowerPC. На рисунке 5 приведено изображение конструктивных элементов технологии Heat Pipes. Её тепловые интерфейсы к обеим сторонам платы на основе трубок с теплоносителем имеют более высокую теплопроводность, чем просто металлические пластины, и лучший тепловой контакт с областями повышенного тепловыделения. Специальная конфигурация расположения и формы теплоотводящих трубок компенсируют

возможное влияние ускорений, испытываемых оборудованием.

Ещё одним примером фирменной технологии является экран BrainCAP, разработанный компанией Kontron для COM-модулей стандарта E2Brain на основе процессоров с RISC-архитектурой. Эти модули имеют специфичный набор интерфейсов, нестандартный для конструкции модулей на базе CISC-процессоров.

Концепция управления тепловым режимом модулей E2Brain основывается на полном отказе от активной системы охлаждения на основе вентиляторов и обеспечении температурного режима модуля как единой конструкции. Спецификация E2Brain предусматривает стандартные профили элементов экрана BrainCAP и стандартную технологию крепления. Радиатор модуля E2Brain отбирает тепло от процессора и других компонентов с повышенным тепловыделением, передаёт их в экран BrainCAP, который и рассеивает тепло в элементы шасси и окружающее пространство. Помимо функций теплового экрана, алюминиевые элементы, входящие в конструкцию BrainCAP, обеспечивают дополнительное механическое упрочение модуля, а также защиту от электромагнитного излучения.

### **ИЕРАРХИЧЕСКИЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ КОНДУКТИВНОГО ТЕПЛОТВОДА**

При разработке принципов кондуктивного охлаждения модуль для встраиваемых систем или материнскую плату для промышленных применений удобно представлять в виде набора тепловых слоёв, по которым тепловой поток проходит снизу вверх или от центра к периферии. Источниками тепла являются микросхемы, тепло от их кристаллов отводится в корпуса, теплопроводящие свойства которых определяются производителем. Приёмником тепла является окружающая среда, тепловые свойства которой определяются условиями эксплуатации системы. Задачей разработчика системы кондуктивного охлаждения является выбор комбинации тепловых слоёв и создание эффективных тепловых интерфейсов между ними.

В простейшем случае технология точечного охлаждения использует локальные металлические радиаторы. Как правило, они выполняются из алюминия, или меди, или комбинации

этих металлов и могут иметь как простую, так и достаточно причудливую конструкцию.

Если тепловыделение источника обусловлено многими компонентами, то часто используется система выравнивания градиента температур в виде алюминиевой пластины, находящейся в тепловом контакте с компонентами с большим тепловыделением. Для улучшения теплового контакта может применяться специальная теплопроводящая паста. В пластине, как правило, предусмотрены отверстия над выступающими компонентами, поскольку разработка системы кондуктивного теплоотвода проводится с учётом ограничений на габариты встраиваемой системы в целом. Для улучшения отвода тепла можно применить металлическое основание, с которым в тепловом контакте будет находиться нижняя сторона платы.

В ряде случаев для завершения конструкции системы охлаждения на основе системы выравнивания градиента температур и металлического основания достаточно реализовать тепловой контакт этих элементов с шасси встраиваемой системы. Его обеспечивает специальная защёлка рамки (держателя модуля), которая жёстко фиксирует его в слоте и одновременно обеспечивает улучшение теплового контакта в теплоотводящих каналах, сформированных совокупностью механических элементов. В качестве фиксатора модуля может выступать и винтовое соединение, которое также выполняет две функции – закрепление и улучшение теплового контакта. Если системы выравнивания градиента температур и металлического основания недостаточно для эффективного отвода тепла, то к пластине может прикрепляться дополнительный радиатор.

Следует отметить, что проектирование системы кондуктивного теплоотвода может рассматриваться как первый этап формирования системы принудительного охлаждения. Успешное проведение этого этапа может снизить стоимость и мощность системы принудительного охлаждения. В тех случаях, когда кондуктивного теплоотвода недостаточно, дополнительный механический конструктив, устанавливаемый на одноплатные компьютеры (это могут быть как изделия относительно больших габаритов, таких как у форм-факторов 6U/3U CompactPCI или VPX, так и модули

класса SFFB или Small Form Factor Boards, компактные процессорные модули), улучшает возможности активного охлаждения встраиваемой системы (материнской платы промышленного компьютера). Этот узел выполняет предварительное выравнивание градиента температур и формирует структуру, удобную для управления потоком воздуха. Использование металлического конструктива, «обёртывающего» плату, позволяет создать вблизи её поверхностей избыточное давление, а специально подобранный рельеф конструктива оптимизирует обтекание воздушным потоком.

Подготовить встраиваемую компьютерную систему к работе в условиях экстремальных температур можно по-разному. В одних случаях такая стойкость закладывается ещё на стадии разработки, когда в них предусматриваются элементы, позволяющие в дальнейшем адаптировать систему к особым требованиям. Это могут быть дополнительные крепёжные отверстия для установки теплоотводящих конструкций или специальное размещение компонентов на поверхности печатной платы.

В других случаях происходит адаптация к неблагоприятным температурным факторам т.н. COTS-изделий «коммерческого уровня» при помощи дополнительных элементов, например теплоотводящих экранов.

Устойчивость к жёстким температурным условиям эксплуатации, заклады-

ваемая на стадии разработки, формируется за счёт:

- подбора микросхем, способных работать в расширенном диапазоне температур, и их специального размещения на печатной плате;
- создания каналов для отвода тепла за счёт естественной теплопроводности (элементы, формирующие теплоотводящие каналы, одновременно могут повышать жёсткость конструкции).

Одним из примеров устойчивости к жёстким температурным условиям эксплуатации, закладываемой на стадии разработки, является система отвода тепла в конструкции материнской платы Kontron KT780/ATX. Одной из её отличительных черт является оптимизация архитектуры системы охлаждения. Гребни радиатора для отвода тепла от «северного» моста на плате KT780/ATX крупнее по сравнению с конструкцией радиатора материнской платы для потребительских компьютерных систем. Более того, этот радиатор может быть при необходимости снят с платы и заменён системой кондуктивного теплоотвода и охлаждения на основе массивной сплошной конструкции коробчатого типа.

Источником тепловыделения на материнской плате, требующим особого внимания, является система подачи и разводки питания. В отличие от изделий для потребительских приложений, эта система на базовой материнской плате Kontron KT780/ATX также снаб-

**Производство Flash накопителей для особых условий работы**

**SMART**  
Modular Technologies

**ADTRON**

Компания SMART разрабатывает и производит твердотельные накопители данных на flash-технологии (SSD). SSD диски выполняются в любом форм-факторе и со всеми стандартными интерфейсами (IDE, SATA, SCSI). Накопители выполнены в двух температурных диапазонах — промышленном (-40...+85°C) и коммерческом (0...+70°C).

**Разнообразие типов накопителей, от SSD дисков до PCI плат**

Xceed IOPS    Xceed ISATA    SSD    Xceed Flash Cards    Embedded USB

000 «АСД-Адрон» • www.adtron.ru • sales@adtron.ru • (812) 766-55-48



Рис. 6. Корпус CPCI Rack для создания систем с кондуктивным охлаждением на базе форм-фактора 3U CompactPCI



Рис. 7. Одноплатный компьютер F50C для использования в корпусе CPCI Rack

жена радиатором, повышающим эффективность отвода тепла. Чтобы при использовании платы KT780/ATX в системе с принудительным воздушным охлаждением поток воздуха, направляемый на термонагруженные участки платы, не встречал сопротивления, слоты для подключения модулей расширения расположены на периферии KT780/ATX.

**СИСТЕМА КОНДУКТИВНОГО ТЕПЛОТВОДА КАК ЭЛЕМЕНТ МЕРОПРИЯТИЙ ПО «РАГГЕДИЗАЦИИ» ВСТРОЕННОЙ СИСТЕМЫ**

Выше упоминалась множественность факторов «жёсткости» условий эксплуатации компьютерных систем. Довольно распространённым требованием к встроенной системе является её устойчивость к экстремальным внешним воздействиям, или «раггедизация» (от англ. ruggedize – упрочнять).

Для обеспечения работоспособности в жёстких условиях эксплуатации используются технологии управления тепловым режимом; предусматриваются специальные упрочняющие конструктивные элементы; для защиты

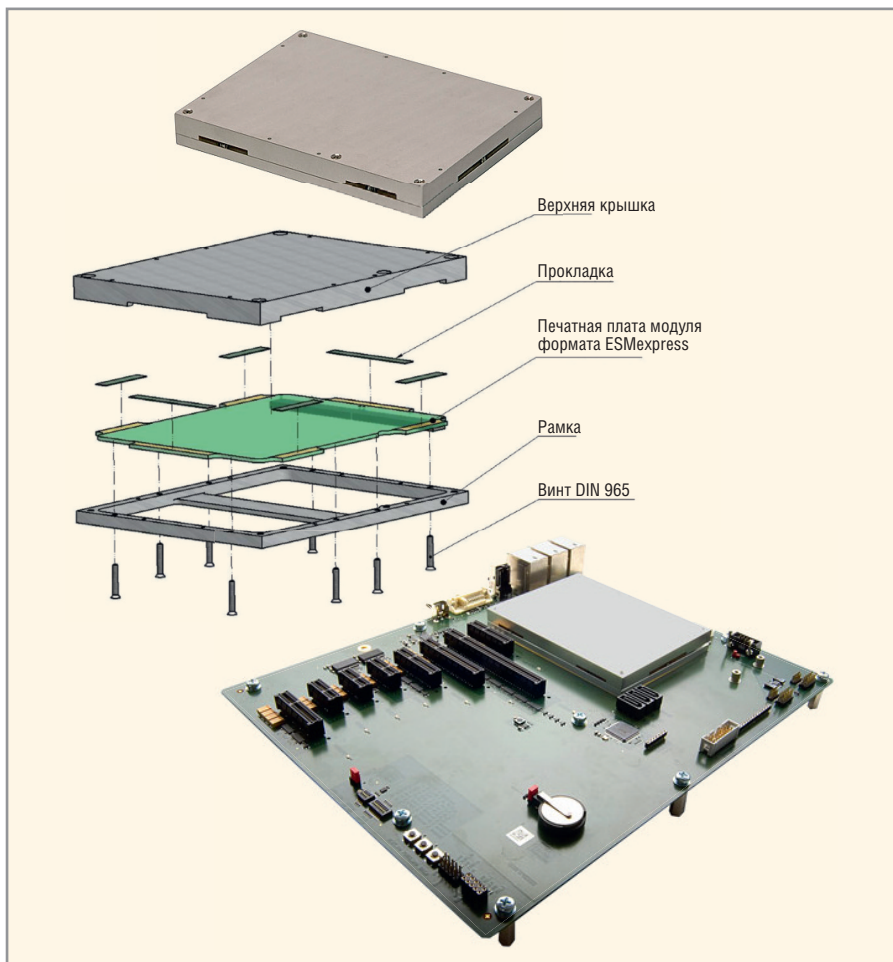


Рис. 8. Модуль ESMexpress в алюминиевом кожухе

от влажности и электростатического электричества применяются различные покрытия и технологии герметизации. Печатные платы конструируются таким образом, чтобы температурные «уходы» топологии размещённых на них проводников и компонентов не повлияли на конечную работоспособность.

При использовании корпусов (крейтов), ограждающих размещённые в них модули от воздействия неблагоприятных факторов, удаётся создавать интегрированные системы в таких конструктивах, которые при установке в них «коммерческих» вариантов COTS-модулей успешно проходят испытания в расширенном диапазоне температур. Однако наилучшие результаты достигаются при одновременной оптимизации конструкции модуля и крейта для работы в расширенном диапазоне температур.

В качестве примера можно привести новую концепцию конструкции корпуса (CPCI Rack) для создания систем с кондуктивным охлаждением на базе форм-фактора 3U CompactPCI (3U CPCI) компании MEN Mikro Elektronik. Новое решение (см. рис. 6) позволяет

использовать в режиме кондуктивного охлаждения модули формата 3U CompactPCI, разработанные для работы в условиях конвективного охлаждения в температурном диапазоне -40...+85°C.

Следует отметить, что охлаждение модулей формата 3U осуществлять проще, чем модулей формата 6U. В случае кондуктивно охлаждаемых изделий отвод тепла осуществляется через металлические рамки держателя печатной платы, соприкасающиеся с конструктивом крейта. И для модулей формата 6U CPCI, и для модулей формата 3U CPCI линейный размер области соприкосновения составляет 160 мм. Однако меньший вертикальный габарит модулей формата 3U снижает тепловое сопротивление для отводимого потока тепла. Последнее свойство обеспечивается специальным конструктивом (см. рис. 7).

Изображённый на рисунке 7 модуль – это одноплатный компьютер F50C на основе процессора MPC8548. Однако в таком же конструктивном исполнении могут использоваться и модули F14 – F18 семейства 3U CompactPCI Intel Family, на которых устанавливаются процессоры фирмы Intel (от Celeron M до Core 2 Duo).

Новый корпус CPCI Rack компании MEN Mikro Elektronik имеет габариты 200×350×145 мм и массу 4,4 кг. Созданные на его основе системы способны противостоять ударным нагрузкам до 15g/11 мс и синусоидальным вибрациям 2g/10...150 Гц. В нём устанавливается трёхслотовая объединительная панель, конструкция которой отвечает спецификациям CompactPCI Spec. 2.0 Rev. 2.1 и IEC 61 076-4-101. Для подключений извне могут использоваться четыре разъёма стандарта MIL-C-38999, для пользовательских целей отведено 57 контактов ввода/вывода. На вход панели подаётся номинальное напряжение 24 В постоянного тока (9...36 В), преобразуемое в напряжения питания 5 и 3,3 В общей мощностью 35 Вт.

Упоминание об «общей» стойкости систем на основе CPCI Rack компании MEN Mikro Elektronik к жёстким условиям эксплуатации уместно и в связи с тем, что дополнительный теплоотводящий механический конструктив создаёт вокруг платы «экзоскелет», который улучшает её стойкость к ударным и вибрационным нагрузкам. Механический конструктив в виде герметичного металлического кожуха выполняет, наряду с функциями теплоотвода, ещё и функции защиты от внешней пыли или тумана, а также экрана, поглощающего электромагнитные излучения и защищающего изделие от электростатического электричества.

Последний аспект тесно связан с темой двухуровневого обслуживания (two-level maintenance/2LM), которое за рубежом стало обязательным в специальных программах вместо т.н. трёхуровневой схемы обслуживания (three-level maintenance/3LM). Сервисная схема 2LM предполагает замену в полевых условиях не всей встроенной системы, а только её отдельного модуля. Важным аспектом двухуровневой модели обслуживания является надёжное соблюдение требований защиты заменяемого модуля от электростатического электричества.

Примером комбинирования практически всех функций стойкости к неблагоприятным условиям эксплуатации в одном элементе являются модули SFFB-модули фирменных стандартов ESMexpress и ESMini. Оба упомянутых типа модулей COM Express устойчивы к неблагоприятным температурным, ударным и вибрационным воздействиям, а также соответствуют жёстким требованиям электромагнитной сов-

местимости. Они спроектированы с учётом рекомендаций стандарта ANSI-VITA 59, RSE Rugged System-On-Module Express (модули класса System-On-Module (SOM) с поддержкой технологии PCI Express, предназначенные для жёстких условий эксплуатации). SOM и COM – это синонимы, обозначающие полнофункциональные одноплатные компьютеры со стандартной системой коммуникаций и ввода/вывода, предназначенные, как правило, для работы с платой-носителем, на которой размещаются специализированные интерфейсы.

Общим для модулей семейств ESMexpress и ESMini является их приспособленность для использования в безвентиляторных системах. В конструкцию модулей введён алюминиевый корпус – кожух, который изолирует электронные компоненты на плате от окружающей среды. При необходимости повышения эффективности теплоотвода используются дополнительные конструктивные элементы для выравнивания градиента температур вблизи электронных компонентов и улучшения отвода тепла в конструктив встроенной системы и в корпус оборудования в целом. Кроме механической защиты и теплоотвода, алюминиевый кожух обеспечивает защиту от электромагнитного излучения. После установки COM-модуля на плату носителя осуществляется герметизация кожуха по всем шести поверхностям. Общее представление о конструктиве для

«раггедизации» модулей ESMexpress можно получить на рисунке 8.

Жёсткое винтовое соединение обеспечивает хороший тепловой контакт между платой и теплоотводящими элементами. Если условия эксплуатации требуют дополнительных мер по организации теплоотвода, то корпус, закрывающий модуль, может быть снабжён радиатором или подключён тепловыми трубками к дополнительным элементам рассеивания тепла. При этом алюминиевый корпус всегда обеспечивает 100-% защиту от электромагнитных помех. Винтовое крепление к плате-носителю (8 винтов) обеспечивает высокую стойкость интегрированной системы к вибрационным и ударным нагрузкам.

Освоение технологий повышения стойкости встроенных систем к неблагоприятным внешним воздействиям прошло большой путь. И сегодня, благодаря накопленному в этой области опыту, можно адаптировать к жёстким условиям эксплуатации ноутбуки, мобильные компьютеры всех классов, а также мобильные телефоны.

## ЛИТЕРАТУРА

1. A VITA Based Framework for Ruggedized COTS Electronics with Emphasis on Liquid Cooling – VITA 48 (REDI). <http://www.mc.com/mercury.aspx?id=1870&terms=VITA>.
2. *Schaadt D.* Conduction Cooled Assembly (CCA) Solutions for Standard Boards. [http://www.menmicro.com/docs-ext/expertise/pdf/thermal\\_management\\_article56.pdf](http://www.menmicro.com/docs-ext/expertise/pdf/thermal_management_article56.pdf). ©

## Лучшее решение для общего освещения

**Серия: RA30**



**Световая  
эффективность  
107лм/Вт**

**Цена 3 руб**



**REFOND**

**Серия FA50**



**Световая  
эффективность  
100лм/Вт**

**Цена 9 руб**



**NEON**  
Электронные компоненты

**www.e-neon.ru**

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

# Малогабаритные COM-изделия и другие модули формата microETXexpress

Дмитрий Афонин, Леонид Акиншин (Москва)

Сегодня на рынке малогабаритных модулей microETXexpress, совместимых со стандартом COM Express, предлагаются COM-модули, охватывающие широкий спектр пользовательских потребностей. Недавно холдинг Kontron выпустил в формате microETXexpress новый продукт, построенный на компонентах с изначальной поддержкой температурного диапазона  $-40...85^{\circ}\text{C}$ . Это первый случай использования компонентной базы с таким температурным диапазоном в секторе COM.

## ФОРМФАКТОРЫ, СОВМЕСТИМЫЕ СО СТАНДАРТОМ COM EXPRESS

Стандарт COM Express, а также совместимые с ним малогабаритные формфакторы microETXexpress и nanoETXexpress опираются на базовое понятие «компьютер-на-модуле» (Computer-On-Module – COM), введённое в обиход международным холдингом Kontron ([www.kontron.com](http://www.kontron.com)) более 10 лет назад. Разработка конечного решения по модели COM предполагает разде-

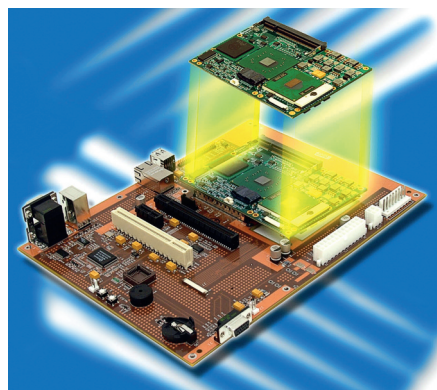


Рис. 1. Адаптация модуля COM к особенностям прикладной задачи осуществляется посредством базовой платы, где реализуются физические интерфейсы и дополнительные компоненты

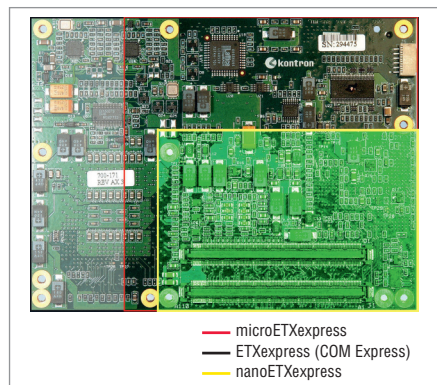


Рис. 2. Визуальное сравнение модулей COM Express, microETXexpress и nanoETXexpress

ление будущей системы на унифицированную и специализированную части: стандартизованный модуль COM и специализированную базовую плату.

Стандартизованный модуль COM имеет процессор, набор микросхем, память и основные коммуникационные средства, однако при этом у него нет физических портов и выраженной адаптации под прикладную задачу. Такая адаптация осуществляется посредством базовой платы, которая может иметь любые размеры, форму, произвольный набор дополнительных компонентов и физических интерфейсов. Единственным требованием к базовой плате является наличие стандартизованного разъёма для подключения COM-модуля (см. рис. 1).

Разработчик конечной системы приобретает модуль COM, а базовую плату создаёт самостоятельно либо заказывает третьей фирме. Разработка специализированной базовой платы для покупного модуля COM, как ядра системы, является задачей другого уровня сложности, нежели создание специализированного одноплатного компьютера. Поэтому в типичном случае использование модулей COM обеспечивает значительную экономию времени, сил и средств. Одной из наиболее удачных реализаций концепции COM является популярная технология COM Express, курируемая консорциумом PICMG ([www.picmg.org](http://www.picmg.org)) и имеющая статус международного стандарта.

Желая охватить технологией COM Express приложения с ограниченным свободным пространством, специалисты холдинга Kontron разработали собственные дополнения к стандарту COM Express, давшие начало продуктовым линейкам Kontron microETXexpress и Kontron nanoETXexpress. Размеры изделий nanoETXexpress, составляющие  $84 \times 55$  мм, примерно такие

же, как у кредитной карточки, тогда как изделия microETXexpress размером  $95 \times 95$  мм близки по своим габаритам к модулям PC/104 (см. рис. 2).

Формфакторы nanoETXexpress и microETXexpress совместимы с существующей спецификацией COM Express соответственно по разъёму COM Express Type 1 и по разъёму COM Express Type 2. В отличие от сверхмалогабаритных изделий nanoETXexpress, поддерживающих только шину PCI Express, модули microETXexpress поддерживают и унаследованную шину PCI (см. таблицу 1).

## СЕРИЯ ИЗДЕЛИЙ KONTRON MICROETXEXPRESS

В линейке изделий Kontron microETXexpress сегодня насчитывается четыре модуля: microETXexpress-XL, microETXexpress-DC, microETXexpress-SP и microETXexpress-PC (см. таблицу 2). Однако реальное число конечных изделий, относящихся к семейству Kontron microETXexpress, гораздо больше; достаточно сказать, что продукты microETXexpress-SP и microETXexpress-PC могут оснащаться соответственно двумя и тремя моделями процессоров, а плата microETXexpress-SP допускает гибкое конфигурирование дополнительных компонентов (мостов).

Сегодня в семействе Kontron microETXexpress представлен широкий спектр x86-совместимых процессоров Intel, начиная с низкочастотных версий Intel Atom и заканчивая быстрыми двухъядерными процессорами Intel Core 2 Duo, в том числе процессоры и наборы ИС, созданные специально для работы при температурах  $-40...85^{\circ}\text{C}$ . В результате линейка Kontron microETXexpress покрывает весь диапазон пользовательских ожиданий по производительности, функциональности и эксплуатационным свойствам.

## ИЗДЕЛИЕ MICROETXEXPRESS-XL: ПОДДЕРЖКА ТЕМПЕРАТУР $-40...85^{\circ}\text{C}$ НА УРОВНЕ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

Начать рассмотрение линейки Kontron microETXexpress следует с изделия microETXexpress-XL (см. рис. 3). Дан-

ный модуль интересен, прежде всего, тем, что является уникальным предложением сразу в четырёх нишах рынка: изделий уровня плат на базе процессоров с архитектурой x86, изделий уровня плат на базе процессоров Intel Atom, модулей COM и модулей COM, совместимых со стандартом COM Express. Основное и

принципиальное отличие модуля microETXexpress-XL от других продуктов состоит в применении компонентной базы, изначально ориентированной на эксплуатацию при температурах от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ .

До недавнего времени производители x86-совместимых плат могли ис-

пользовать только обычные процессоры и наборы ИС из числа самых малопотребляющих, а затем тщательно испытывать партии готовых изделий на предмет годности к эксплуатации при экстремальных температурах. С появлением процессоров и наборов ИС Intel серии PT у разработчиков появи-

Таблица 1. Семейство формфакторов COM Express

Характеристика	Формфактор		
	COM Express Basic	COM Express Compact	COM Express Ultra
Продуктовая линейка холдинга Kontron	ETXexpress	microETXexpress	nanoETXexpress
Размеры модуля, мм	125 × 95	95 × 95	84 × 55
Совместимость со стандартом COM Express	По разъёму COM Express Type 2	По разъёму COM Express Type 2	По разъёму COM Express Type 1

Таблица 2. Основные характеристики изделий, образующих линейку изделий Kontron microETXexpress

Характеристика	Модуль			
	microETXexpress-XL	microETXexpress-DC	microETXexpress-SP	microETXexpress-PC
Процессор (тактовая частота, объём кэш-памяти L2)	Intel Atom Z520PT (1,33 ГГц, 512 Кб)	Intel Atom N270 (1,6 ГГц, 512 Кб)	Intel Atom Z510 (1,1 ГГц, 512 Кб) Intel Atom Z530 (1,6 ГГц, 512 Кб)	Intel Celeron M 722 или 723 (1,2 ГГц, 1 Мб) Intel Core 2 Duo SU9300 (1,2 ГГц, 3 Мб) Intel Core 2 Duo SL9400 (1,86 ГГц, 6 Мб)
Набор ИС	Intel SCH US15WPT (северный и южный мосты в одной микросхеме)	Intel 945GSE + ICH7M	Intel SCH US15W (северный и южный мосты в одной микросхеме)	Intel GS45 SFF + ICH9M
Объём (тип, частота) ОЗУ, Гб	До 2 (DDR2, 400/533 МГц)	До 2 (DDR2, 400/533 МГц)	До 2 (DDR2, 400/533 МГц)	До 4 (DDR3, 667/800/1066 МГц)
Контроллер локальной сети	Версия Intel 82574 для расширенного температурного диапазона	Intel 82547L (10/100/1000 Мбит/с)	Intel 82574L (10/100/1000 Мбит/с)	Intel 82567 (10/100/1000 Мбит/с)
Видеоинтерфейсы	Один интерфейс SDVO, одноканальный 18/24-разрядный интерфейс LVDS, поддержка независимой двухдисплейной визуализации	Один интерфейс SDVO и TV-выход, двухканальный 18-разрядный интерфейс LVDS, поддержка независимой двухдисплейной визуализации	Один интерфейс SDVO, одноканальный 18/24-разрядный интерфейс LVDS, поддержка независимой двухдисплейной визуализации	Один интерфейс PCI Express ×16, два интерфейса SDVO (мультиплексированные с шиной PCI Express ×16), ТВ-выход, двухканальный 18/24-разрядный интерфейс LVDS, порты HDMI и DisplayPort, поддержка независимой двухдисплейной визуализации
Графическое ядро, поддерживаемые графические технологии	Intel GMA 500, DirectX 9.0, OpenGL 2.0, PS 3.0, ускорение декодирования видео в форматах MPEG2/VC-1/H.264	Intel GMA950, DirectX 9.1, OpenGL 1.4+, PS 2.0	Intel GMA 500, DirectX 9.0, OpenGL 2.0, PS 3.0, ускорение декодирования видео в форматах MPEG2/VC-1/H.264	Intel GMA X4500, DirectX 10, OpenGL 2.0, PS 4.0, HDCP 1.2, Blu-ray, видео высокого разрешения, ускорение видео в форматах MPEG2/VC-1/AVC
Поддерживаемые разрешения	Для интерфейса LVDS: до 1366 × 768	Для интерфейса LVDS: до 1600 × 1200 Для ЭЛТ-дисплеев: до 2048 × 1536	Для интерфейса LVDS: до 1366 × 768	Для интерфейса LVDS: до 1600 × 1200 Для ЭЛТ-дисплеев: до 2048 × 1536
Объём видеопамати, Мб	До 256	До 224	До 256	До 1024
Дисковая подсистема	Интерфейс Serial ATA, интерфейс Parallel ATA	2 интерфейса Serial ATA, 2 интерфейса Parallel ATA, опциональный бортовой флэш-накопитель	Интерфейс Serial ATA, интерфейс Parallel ATA	3 интерфейса Serial ATA с поддержкой массивов RAID 0 и 1, интерфейс Parallel ATA (через мост Serial ATA – Parallel ATA)
Интерфейсы PCI Express	2 либо 5 интерфейсов PCI Express ×1 (при наличии концентратора PCI Express)	3 интерфейса PCI Express ×1	2 либо 5 интерфейсов PCI Express ×1 (при наличии концентратора PCI Express)	5 интерфейсов PCI Express ×1 (по заказу интерфейс PCI Express ×4), интерфейс PCI Express ×16
Порты USB	8 портов USB 2.0, в том числе 1 с функцией USB-клиента	8 портов USB 2.0	8 портов USB 2.0, в том числе 1 с функцией USB-клиента	8 портов USB 2.0
Другие характеристики	Соответствие стандартам IEC 60068-2-27 и IEC 60068-2-6 по ударам и вибрации	Сторожевой таймер, защитный модуль TPM 1.2, энергосберегающий режим S5 Eco (ток менее 1 мА), шина Fast I <sup>2</sup> C, контроллер HD Audio, соответствие стандартам IEC 60068-2-27 и IEC 60068-2-6 по ударам и вибрации	Сторожевой таймер, разъём SD/MMC, шина Fast I <sup>2</sup> C, контроллер HD Audio	Watchdog, TPM 1.2, шина Fast I <sup>2</sup> C, контроллер HD Audio
Энергопотребление в режиме ожидания/при полной нагрузке, Вт	5/8	7,9/10,6	Для версии с ЦП Intel Atom Z510 (1,1 ГГц): 7,4/9,1 (4,5/5,2)*	Для версии с ЦП Intel Celeron M 722 (1,2 ГГц): 7,5/14,1
Температурный диапазон, °C	-40...85	0...60	0...60	0...60
Примечания	ЦП, набор ИС, память, сетевой контроллер и дополнительно приобретаемый твердотельный накопитель рассчитаны на работу в расширенном температурном диапазоне	Отличные графические характеристики при низкой цене и малом энергопотреблении	Заказная конфигурация дополнительных компонентов	Самая высокая производительность в семействе microETXexpress

\* В скобках приведены значения энергопотребления в конфигурации без моста Serial ATA, моста PCI Express – PCI и концентратора PCI Express.

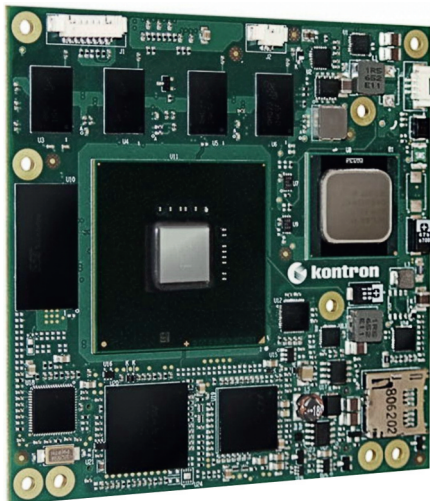


Рис. 3. Модуль microETExpress-XL: первый совместимый со стандартом COM Express продукт, построенный на компонентах для температурного диапазона  $-40...85^{\circ}\text{C}$

лась возможность совместить методы проектирования, обеспечивающие хорошую устойчивость продуктов уров-

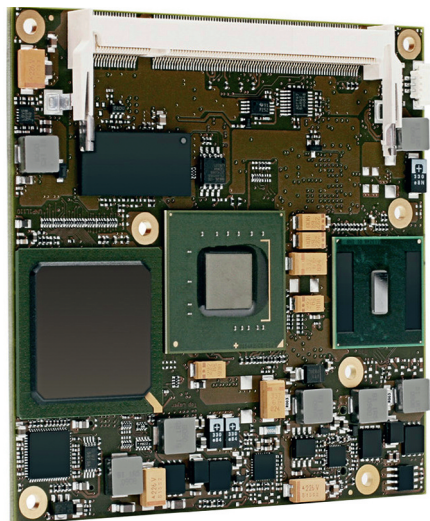


Рис. 4. Модуль microETExpress-DC, несущий на себе 1,6-ГГц процессор Intel Atom N270 и полнофункциональный набор ИС Intel 945GSE + ICH7M



Рис. 5. Модуль microETExpress-SP с системным контроллером-концентратором Intel SCH US15W, рассчитанный на процессоры серии Intel Atom Z5xx

ня плат к воздействию тепла и холода, с преимуществами компонентной базы, спроектированной инженерами Intel для температурного диапазона  $-40...85^{\circ}\text{C}$ .

В результате на свет начинают появляться такие изделия, как microETExpress-XL, изготовленные с привлечением передовых технологий и высококачественных компонентов. Гарантией надёжности подобных продуктов при их эксплуатации в заявленном температурном диапазоне служат как тщательно продуманный температурный дизайн самой платы, так и многоэтапные испытания компонентов Intel серии PT, проводимые корпорацией Intel, и испытания готовой платы или модуля, осуществляемые его производителем.

Процессор Intel Atom Z520PT, на базе которого построен модуль microETExpress-XL, изготавливается по технологическим нормам 45 нм, размещается в корпусе размером  $22 \times 22$  мм и работает на частоте 1,33 ГГц. В совокупности три перечисленных фактора – малые размеры транзисторов, сравнительно крупный корпус и относительно невысокая тактовая частота – позволяют этому процессору работать при температурах от  $-40$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ . Роль набора ИС играет системный контроллер-концентратор (System Controller Hub – SCH) Intel US15WPT, заключённый в относительно крупный корпус ( $37,5 \times 37,5$  мм). Частота системной шины составляет 533 МГц, объём бортовой памяти типа DDR2 достигает 2 Гб.

Коммуникационная функциональность модуля microETExpress-XL включает интерфейс Parallel ATA, интерфейс Serial ATA, восемь портов USB 2.0, шину PCI, шину PCI Express (два порта  $\times 1$ ), порт Gigabit Ethernet, три порта SDIO/MMC и звуковой контроллер Intel HD Audio. Поддерживается независимая двухдисплейная визуализация через 24-разрядный канал LVDS и интерфейс SDVO. Напряжение питания может варьироваться в пределах от 4,75 до 18 В, энергопотребление в процессе работы не превышает 8 Вт.

В случае microETExpress-XL ориентация на экстремальные температуры заложена не только в дизайн платы, процессор и набор ИС. Другие компоненты, такие как память, специальная версия сетевого контроллера Intel 82574 и дополнительно приобретаемый твердотельный накопитель, также рассчитаны на работу в расширенном температурном диапазоне. Кроме того, процессор

Intel Atom Z520PT и системный контроллер-концентратор Intel SCH US15WPT включены корпорацией Intel в программу Embedded Roadmap, гарантирующую их доступность на протяжении как минимум семи лет. Всё это, вместе с выполнением требований IEC 60068-2-27 и IEC 60068-2-6 по ударам и вибрации, позволяет рассматривать модуль microETExpress-XL как защищённый продукт, пригодный для эксплуатации в жёстких условиях и выполненный по самым высоким стандартам качества.

### ИЗДЕЛИЕ MICROETEXPRESS-DC: ПОЛНОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ НАБОР ИС ПЛЮС БЫСТРЫЙ ПРОЦЕССОР

Одним из самых высокопроизводительных изделий в линейке Kontron microETExpress является модуль microETExpress-DC, базирующийся на процессоре Intel Atom N270 с тактовой частотой 1,6 ГГц и наборе микросхем Intel 945GSE + ICH7M (см. рис. 4). По желанию заказчика продукт может быть оснащён флэш-накопителем с интерфейсом ATA. Изделие microETExpress-DC рассеивает менее 12 Вт мощности и может использоваться в безвентиляторных конфигурациях.

Модуль microETExpress-DC позиционируется холдингом Kontron как преемник продукта microETExpress-PM, положившего начало всей линейке изделий Kontron microETExpress. Модуль microETExpress-DC позволяет модернизировать существующие проекты на базе microETExpress-PM и создавать новые системы начальной и средней производительности, сохраняющие программную совместимость с платформой x86 и аппаратную совместимость со стандартом COM Express.

### ИЗДЕЛИЕ MICROETEXPRESS-SP: ГИБКОСТЬ И СОВМЕСТИМОСТЬ С РАЗНООБРАЗНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Модуль microETExpress-SP отличается от microETExpress-DC и типом примененного процессора, и набором ИС (см. рис. 5). На microETExpress-SP устанавливаются процессоры серии Intel Atom Z5xx в комбинации с системным контроллером-концентратором Intel US15W, совмещающим северный и южный мосты в одной микросхеме. Продукт microETExpress-DC обладает изначальной поддержкой

24-разрядного интерфейса LVDS и функциональностью USB-клиента.

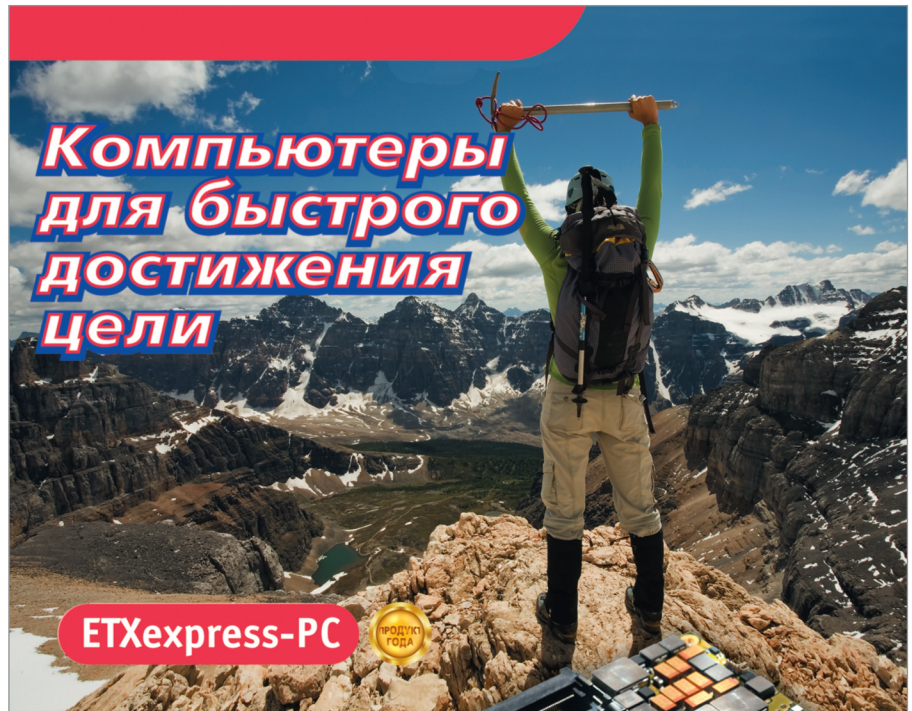
Графическая подсистема модуля microETXexpress-SP усилена специальным ядром, разгружающим процессор от операций декодирования видео и ускоряющим воспроизведение содержимого высокого разрешения. Кроме того, благодаря наличию ряда мостов и других дополнительных компонентов, microETXexpress-SP является весьма «дружественным» продуктом, который работает практически в любом аппаратном окружении. Например, мост PCI Express – Serial ATA – позволяет модулю Kontron microETXexpress-SP подключаться и к накопителям Serial ATA, и к обычным ATA-накопителям, притом что контроллер-концентратор Intel US15W поддерживает только технологию Parallel ATA.

Другой мост, сопрягающий шины PCI Express и PCI, предоставляет возможность взаимодействия с унаследованным PCI-оборудованием, которое ещё долго будет востребовано во многих приложениях. Хотя системный контроллер-концентратор ИС Intel SCH US15W имеет лишь два порта PCI Express ×1, у модуля microETXexpress-SP их пять: дополнительные четыре порта даёт концентратор PCIe-8-Ports-Hub. Через разъём COM Express ×2 все пять портов PCI Express ×1 становятся доступны на базовой плате для пользовательских приложений.

Применение дополнительных компонентов, обеспечивающих простоту интеграции с разнородным оборудованием, неизбежно увеличивает энергопотребление. Компонентный состав продукта microETXexpress-SP может варьироваться в зависимости от требований клиента. В результате энергопотребление всей платы microETXexpress-SP может составлять от 4,5 до 11 Вт. Это выгодно отличает продукт Kontron microETXexpress-SP холдинга Kontron от изделий других производителей с фиксированной конфигурацией и энергопотреблением.

Гибкость модуля Kontron microETXexpress-SP проявляется также в наличии разъёма SSD/MMC, позволяющего использовать флэш-накопители разных типов, включая загрузочные.

Всё перечисленное выше делает изделие Kontron microETXexpress-SP подходящим для разнообразных экономических и/или мобильных устройств, включая малогабаритные системы с питанием от батарей.



### ETXexpress-PC – высокопроизводительный «компьютер на модуле» с PCI Express и современными периферийными интерфейсами для разработки перспективных встраиваемых систем.

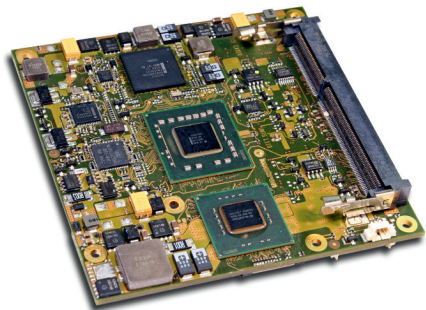
- Процессор от Intel® Celeron® 722 1,2 ГГц, 45nm до Intel® Core™ 2 Duo 2,26 ГГц, 45 nm
- Intel® GS45, Intel® ICH9M SFF чипсеты
- RAM: 2x DDR3 SODIMM до 8 Гб
- Соответствие открытому стандарту COM Express
- Современные интерфейсы: 1x Gigabit Ethernet, 8x USB 2.0; 4x SATA с RAID, DirectX® 10; 5x PCI Express x1 lanes; PCIe x16 Graphics
- TPM (Trusted Platform Module) 1.2 на плате
- Габаритные размеры: 95 x 125 мм
- Поддержка ОС Windows Vista/ XP/ XP Embedded, Linux, VxWorks, LynxOS, QNX и иные OSCPВ (опция)

Используйте готовые стартовые комплекты разработчиков. Экономьте время и деньги!

 **kontron**

 **RTSoft**  
СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

105037, Москва, Никитинская 3, ЗАО «РТСофт»  
Тел.: (495) 742-6828, 967-1505  
Факс: (495) 742-6829  
e-mail: rtsoft@rtsoft.ru; www.rtsoft.ru/etxexpress-s



**Рис. 6. Модуль microETXexpress-PC, оснащённый набором ИС Intel GS45 SFF + ICH9M и поддерживающий высокопроизводительные процессоры Intel Core 2 Duo**

**ИЗДЕЛИЕ MICROETXEXPRESS-PC: ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПК В ФОРМФАКТОРЕ MICROETXEXPRESS**

Главной особенностью продукта microETXexpress-PC (см. рис. 6) является поддержка процессоров Intel Core 2 Duo в микрокорпусах SFF (Small Form Factor). Малые размеры указанных процессоров позволили создать уникальный встраиваемый модуль, обладающий высокой производительностью. Вычислительной мощности процессора Intel Core 2 Duo в сочетании с графическим потенциалом набора ИС Intel GS45 SFF + ICH9M достаточно для воспроизведения кинофильмов в формате Blu-ray и работы OpenGL-приложений.

Вместо двухъядерного процессора Intel Core 2 Duo модуль microETXexpress-PC может оснащаться недорогими процессорами Intel Celeron M 722 и Intel Celeron M 723. Эти ИС имеют одинаковую производительность, архитектуру и тактовую частоту (1,2 ГГц), но их энергопотребление различается почти вдвое: тепловые пакеты процессоров 722 и 723 составляют 5,5 и 10 Вт соответственно.

Даже в версии с одноядерным процессором Intel Celeron M 722 модуль Kontron microETXexpress-PC превосходит по производительности все прочие изделия семейства Kontron microETXexpress-PC (см. рис. 7). Версия на базе двухъядерного процессора Intel Core 2 Duo обеспечивает ещё более высокую производительность.

**ЗРЕЛОСТЬ**

Следует отдельно отметить роль холдинга Kontron в становлении и развитии технологии microETXexpress. Усилиями инженеров Kontron сегмент microETXexpress всего за несколько лет превратился в развитый рынок, где есть изделия, характеризующиеся разной производительностью, обладающие различными функциональными возможностями и ориентированные на разные классы задач, включая приложения с жёсткими условиями эксплуатации (см. рис. 7). Тем разработчикам, которые заинтересовались технологией microETXexpress, хол-

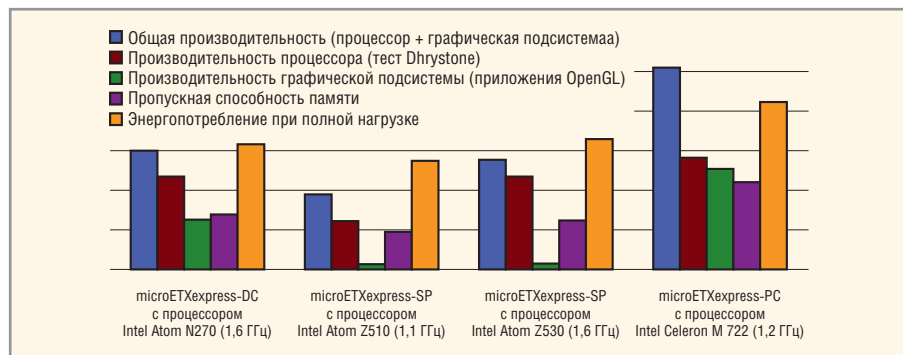
динг Kontron готов предложить стартовый комплект, содержащий все необходимые аппаратные и программные средства для быстрого освоения COM-модулей данного типа (см. рис. 8).

Ещё одной заслугой Kontron является обеспечение мощной программной поддержки изделий серии Kontron microETXexpress на уровне BSP-пакетов. Холдинг Kontron обеспечивает подобную поддержку на базе всех основных операционных систем и ОС реального времени, включая различные версии Windows, Windows Embedded и Windows CE, Linux, VxWorks, QNX Neutrino и других ОСРВ. При этом для ОС реального времени QNX Neutrino возможна реализация функции мгновенной загрузки Fastboot, которая может оказаться весьма полезной во многих встраиваемых приложениях.

В своём нынешнем состоянии microETXexpress – это прогрессивная технология, позволяющая использовать такие перспективные интерфейсы, как PCI Express, USB 2.0, Serial ATA, Gigabit Ethernet и LPC. Вместе с тем модули microETXexpress холдинга Kontron остаются совместимыми с унаследованным PCI-оборудованием. Всё вышперечисленное делает формфактор microETXexpress надёжным средством размещения инвестиций и эффективным инструментом модернизации уже существующих и создания новых малогабаритных решений.

Модули microETXexpress подойдут как разработчикам мощных компактных систем, приближающихся по производительности к типичным офисным компьютерам (модуль microETXexpress-PC), так и создателям высокоэффективных защищённых решений с увеличенным жизненным циклом, рассчитанных на воздействие экстремальных температур и значительных ударно-вибрационных нагрузок (модуль microETXexpress-XL).

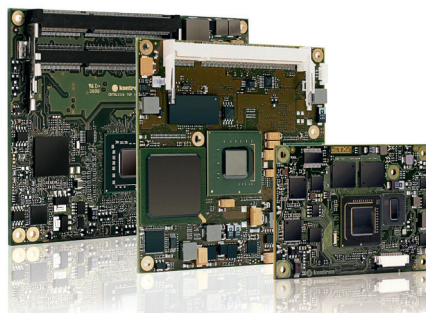
Изделия microETXexpress просты в освоении. Разработчики, которые уже имели дело со стандартом COM Express, могут воспринимать модули microETXexpress как уменьшенные версии модулей COM Express, тем более что изделия microETXexpress подходят для установки на любые, старые и новые, базовые платы COM Express, оснащённые разъёмами COM Express Type 2 (см. рис. 9). Инженеры, ранее работавшие с модулями PC/104, смогут освоить модули microETXexpress довольно быстро, поскольку по размерам и принципам монтажа изделия этих двух типов очень похожи. ©



**Рис. 7. Параметры производительности изделий microETXexpress-DC, microETXexpress-SP и microETXexpress-PC**



**Рис. 8. Стартовый комплект для быстрого освоения модулей microETXexpress**



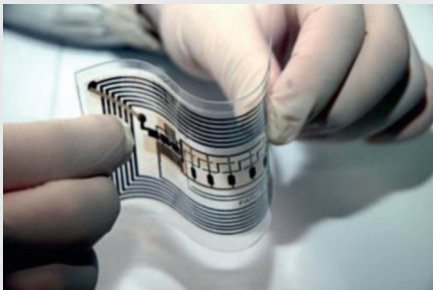
**Рис. 9. Модули форматов COM Express Basic, microETXexpress и nanoETXexpress**

# Новости мира News of the World Новости мира

## Печатные RFID-метки заменят штрих-код

Уже сейчас RFID-метки активно используются в некоторых областях жизнедеятельности человека как средство идентификации. Главными препятствиями, сдерживающими дальнейшее распространение RFID-меток, называют дороговизну и относительно большие размеры. Также вызывает нарекания недостаточная защищённость существующей RFID-технологии от хакерского взлома, позволяющего подделывать документы и банковские платёжные карты.

Благодаря совместным усилиям исследователей Университета Райса (Rice University) и группы учёных из корейского национального университета Sunchon National University, возглавляемой профессором Гюджин Чо (Gyu-jin Cho), в разработке новых технологий изготовления RFID-меток наметились значительные позитивные сдвиги.

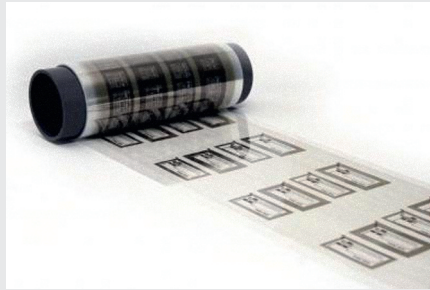


Учёные предложили новую методику, основанную на использовании специальных чернил, содержащих углеродные нанотрубки. Эти нанотрубки были впервые созданы в лаборатории Университета Райса Джеймсом Туром (James Tour). Из чернил изготавливаются тонкоплёночные транзисторы, являющиеся основным элементом RFID-меток, распечатываемых на бумаге или пластике.

Замена кремния – исходного материала нынешних RFID-меток – на бумагу или пластик позволит значительно снизить их стоимость. Идея профессора Чо заключалась в том, чтобы отказаться от струйных принтеров в пользу рулонной печати, что также положительно повлияло на снижение себестоимости продукции.

Изготавливаемые учёными RFID-чипы являются пассивными. Они не требуют источника энергии и активируются при подаче радиосигнала на обозначенной частоте.

В настоящее время учёными разработан трёхэтапный процесс печатания однобитной RFID-метки, содержащей антенну, электроды и слои диэлектрика на рулоне полимерной плёнки. В перспективе – создание изготавливаемой печатным спосо-



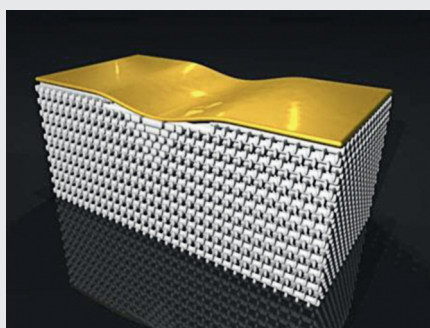
бом 16-битной RFID-метки, способной хранить значительно более крупный объём полезной информации.

*dailytech.com*

## Создан материал, делающий объект невидимым в трёх измерениях

Физики из Технологического института Карлсруэ (Karlsruhe Institute of Technology) под руководством Толга Эргина (Tolga Ergin) создали метаматериал, способный скрыть объект от наблюдения в трёх измерениях. Исследователи продемонстрировали сокрытие от глаз наблюдателя дефекта (вмятины) на золотой пластине, расположенной за полученным метаматериалом. Вмятина размером несколько микрометров на 150-нм пластине из золота полностью незаметна в пределах угла обзора не более 30° от вертикали по всем трём измерениям.

Предыдущие достижения в области создания материалов-невидимок либо были ограничены одной плоскостью наблюдения, либо объект был невидим в очень узком диапазоне света. Метаматериалы в общем случае обладают свойством, демонстрирующим отрицательную проницаемость – диэлектрическую, магнитную или оптическую. Полученный командой Эргина метаматериал представляет собой сложную структуру из полимерных стержней, толщиной несколько сотен нанометров. Полимер (фоторезист) специальным образом обрабатывали лазером для придания необходимого коэффициента преломления и определённой структуры. Эргин говорит, что нет никаких ограничений по размерам скрываемого объекта, однако на создание



экспериментального образца микронного размера (90 × 30 × 10 мкм) у исследователей ушло более трёх часов и невидимость обеспечивается в диапазоне света с длиной волны 1,4 мкм и выше.

Для создания невидимости в оптическом диапазоне (380...780 нм) толщина стержней метаматериала не должна превышать 10 нм, что при существующей технологии лазерной обработки пока недоступно. Если будет найден способ придания необходимой формы стержням такой толщины, то массовый выпуск плащей-невидимок окажется не за горами.

*sciencenews*

## Дисплеи E-Ink станут цветными к концу 2010 г.

Бум электронных «читалок» обострил конкуренцию между технологиями изготовления дисплеев для этих устройств. Традиционные для электронных книг дисплеи на электронных чернилах (E-Ink) могут уступить экранам на жидких кристаллах, несмотря на ряд очевидных достоинств в виде низкого энергопотребления. Всё упирается в качество изображения – электрофоретические дисплеи пока отображают только монохромные изображения. Появление iPod и электронных книг с двумя дисплеями подталкивает производителей дисплеев E-Ink к срочному решению этой проблемы. В интервью сетевому изданию Xconomy.com глава E-Ink и вице-президент материнской Prime View International Т.Х. Пенг (T.H. Peng) сообщил, что её цветные дисплеи появятся к концу 2010 – началу 2011 гг. Он также отметил, что на первых порах качество цветного изображения цветных E-Ink-дисплеев будет заметно ниже LCD-аналогов, как цветные картинки в газетных изданиях уступают таковым в гляцевых журналах.

Другой проблемой для дисплеев на электронных чернилах является слишком большое время реакции, что не позволяет просматривать на них видео. Но и в этом направлении E-Ink смотрит с оптимизмом и, хотя не обещает прорыва в ближайшем будущем, наработки по увеличению скорости обновления изображения у компании есть. Пенг сообщил, что компания получила существенную финансовую поддержку и увеличивает штат разработчиков на 100 человек. Между тем, компания Qualcomm активно продвигает альтернативную E-Ink технологию Mirasol, демонстрирующую возможности вывода как цветного изображения, так и видеоконтента.

*arstechnica*

# Построение отказоустойчивых систем электропитания с использованием современных AC/DC-преобразователей

**Александр Гончаров (г. Прага, Чехия),  
Константин Степнев, Олег Негреба (г. Воронеж)**

В статье рассматриваются универсальные AC/DC-преобразователи, предназначенные для питания промышленной и специальной аппаратуры. Преобразователи не имеют мировых аналогов по сочетанию широкого температурного диапазона, устойчивости к внешним воздействующим факторам и малогабаритного низкопрофильного конструктива.

На современном рынке AC/DC-источников питания широко представлены изделия с рабочим температурным диапазоном  $-10...70^{\circ}\text{C}$  и относительно большими размерами. Кроме этого, источники мощностью более 150 Вт часто содержат такой потенциально ненадёжный элемент, как встроенный вентилятор. Однако существуют условия эксплуатации в технике промышленного и специального назначения, которые предъявляют к источникам питания особые требования по габаритам и устойчивости к интенсивному воздействию механических, климатических и химических факторов (вибрация, расширенный температурный диапазон, пыль, соляной туман и т.п.).

Радиоэлектронная аппаратура для изделий категорий Military и Industrial обычно требует для электропитания от двух до десяти номиналов стабилизированных постоянных напряжений из ряда 3,3; 5; 9; 12; 15; 24; 27; 36; 48; 60 В, которые формируются из сети переменного напряжения 220 В частотой 47...440 Гц. При работе с буферной аккумуляторной батареей также используются номиналы напряжения 14, 28 и 56 В (с учётом падения на разделительном диоде).

Как правило, в составе требуемых номиналов необходимо иметь несколько источников стабильного напряжения, гальванически не связанных между собой и с другими источниками. Это определяется необходимостью сформировать «плавающие» источники напряжения, допускающие при необходимости последовательное или параллельное соединение выходных напряжений, соединение полюсов с корпусом устройства, резервирование или, для обеспечения ЭМС, выделение «чистой» и «грязной» земли для аналоговых и цифровых блоков.

В настоящее время при построении распределённых систем электропитания широко используются две структурные схемы, показанные на рисунках 1 и 2.

В первой схеме (см. рис. 1) к напряжению входной сети переменного тока подключаются относительно маломощные модули AC/DC, которые сразу, без промежуточных преобразований, формируют необходимые для аппаратуры гальванически развязанные номиналы выходных напряжений. Эта структура в простейшем случае имеет один AC/DC-модуль, превращаясь в обычную систему электропитания. При необходимости

один из модулей может иметь на выходе буферный аккумулятор для питания наиболее ответственных узлов аппаратуры.

Во второй структурной схеме (см. рис. 2) имеется централизованный мощный блок питания, стабилизатор-кондиционер, который из напряжения входной сети формирует гальванически развязанное стабильное напряжение промежуточной шины, например 24 или 48 В. Если решается задача обеспечения бесперебойности, то кондиционер формирует 28 или 56 В для буферного аккумулятора. Также к промежуточной шине своими входами подключаются модули DC/DC, которые окончательно формируют упомянутые выше 2–10 номиналов выходных напряжений. При этом легко решаются вопросы их гальванической развязки.

Каждая из приведённых структурных схем распределённого электропитания имеет свои преимущества и недостатки. К недостаткам первой структуры можно отнести удалённость преобразователей от питаемых нагрузок, вызванную необходимость исключения высоковольтных проводов входной сети.

Однако именно при таком построении системы электропитания достигается максимальный КПД и минимальные тепловые потери, что часто является определяющим фактором. Поскольку эта система является однокаскадной, то при КПД каждого преобразователя 80% в виде тепла рассеивается лишь 25% суммарной выходной мощности.

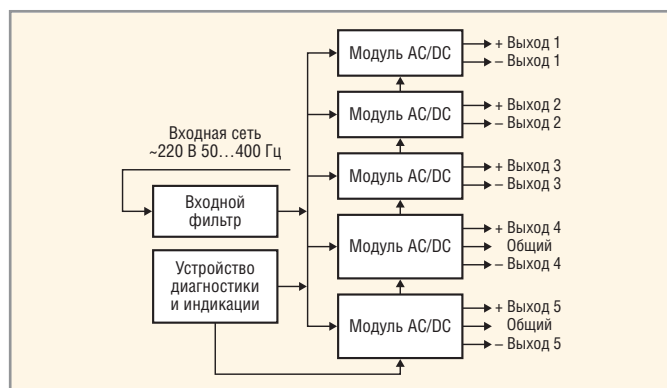


Рис. 1. Распределённая система электропитания без промежуточных преобразований

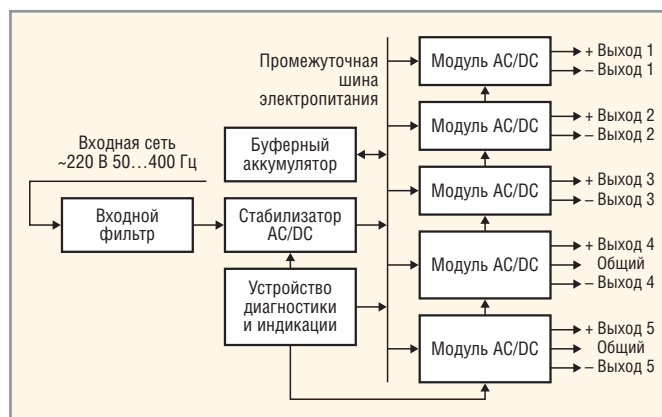


Рис. 2. Распределённая система электропитания с промежуточной шиной

Вторая структурная схема имеет большую гибкость и неограниченные функциональные возможности. Например, можно дистанционно управлять отдельными модулями DC/DC, производить их резервирование, повышая тем самым надёжность всей системы, обеспечивать многократную развязку от сетевого напряжения, что в ряде случаев является определяющим – например, при решении сложных задач электромагнитной совместимости или электробезопасности (медицинская аппаратура). Только в такой структуре можно максимально приблизить преобразователи к электронным устройствам – потребителям.

Легко заметить, что КПД такой системы ниже однокаскадной и равен производству КПД преобразователей, включённых последовательно. Кроме этого, для обеспечения большой мощности централизованного стабилизатора во время пуска приходится выбирать его с выходной мощностью, в 1,5...2 раза превышающей мощность системы в установившемся режиме, что также приводит к снижению КПД.

Для построения систем электропитания по любому из рассмотренных вариантов разработчикам современной

аппаратуры, в том числе и специально-го назначения, необходимы AC/DC-преобразователи различной мощности, обладающие следующими конструктивными и электрическими свойствами:

- преобразователь должен быть малогабаритным и занимать как можно меньший объём; лучшие AC/DC-преобразователи имеют энергетическую плотность несколько сотен ватт на кубический дециметр;
- преобразователь должен быть низкопрофильным, поскольку, во-первых, это улучшает его конструктивную совместимость с другими функциональными узлами аппаратуры, имеющими плоскую форму, во-вторых, плоская конструкция преобразователя увеличивает площадь его теплоотводящей поверхности, что особенно важно для мощных преобразователей с высокой удельной энергетической плотностью;
- конструкция преобразователя должна быть надёжно защищена от механических и климатических воздействий;
- корпус преобразователя должен обеспечивать эффективное экранирование излучаемых помех;
- преобразователь должен иметь возможность подключения к аппаратуре

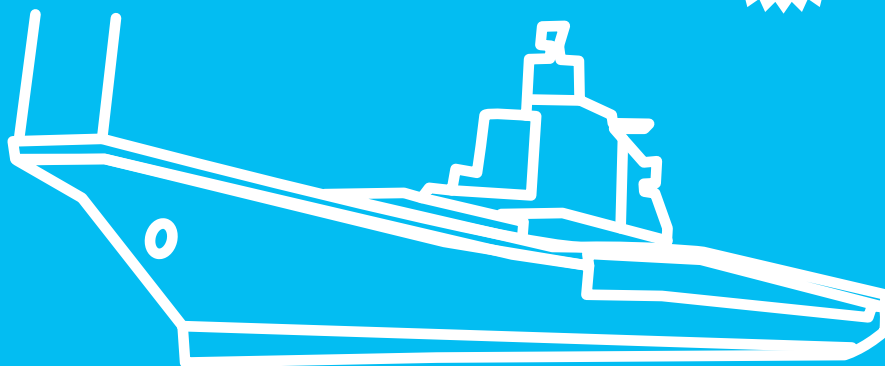
с помощью клеммного соединения гибких выводов, пайки к штыревым выводам или гибкими монтажными выводами;

- преобразователь должен иметь возможность работы в широком температурном диапазоне, обеспечивать хороший отвод тепла и выдерживать длительные тепловые перегрузки;
- преобразователь должен содержать все необходимые виды защит – от перенапряжения на выходе, от короткого замыкания и перегрузки выхода, тепловую защиту;
- для двух- и трёхканальных преобразователей необходимо иметь гальваническую развязку выходов между собой, что значительно расширяет функциональные возможности применения модуля в аппаратуре.

На рынке широко представлены модульные преобразователи AC/DC, в основном азиатских производителей, которые практически не имеют конкуренции по цене. Однако эти дешёвые устройства имеют много особенностей, затрудняющих их применение в промышленной и специальной технике, т.к. совокупность вышеперечисленных свойств обычно не достигается.

## AC/DC-преобразователи мощностью от 20 до 1500 Вт для техники специального назначения

включены  
в перечень  
МОП 44.001.18

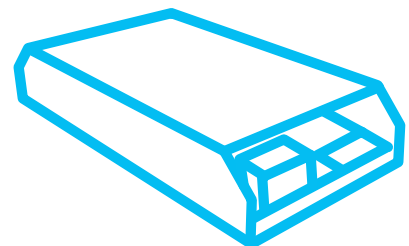


группа компаний



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

Диапазон рабочих температур  $-50...+85^{\circ}\text{C}$   
в низкопрофильной конструкции



Воронеж:  
т/ф: (4732) 519-518, alexdon@vmail.ru  
Москва:  
т/ф: (495) 510-64-11, aei@aedon.ru  
Прага:  
т/ф: +420 266-107-455,  
aeps@aeps-group.cz

Реклама

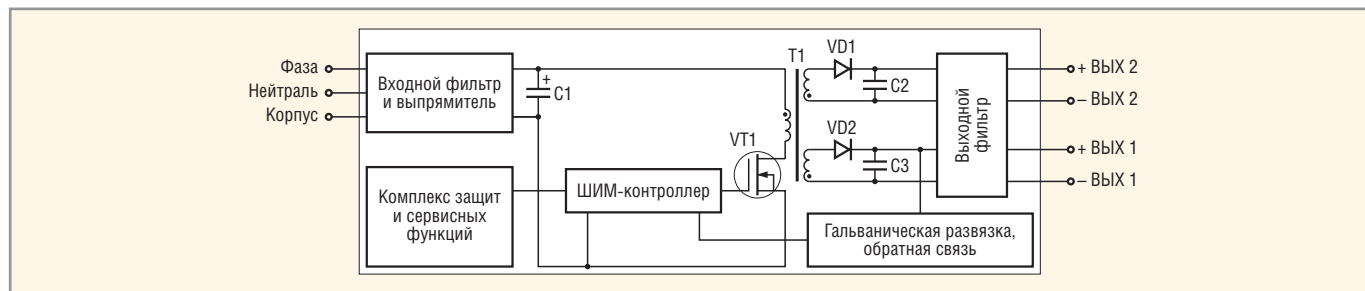


Рис. 3. Структурная схема модулей с выходной мощностью до 200 Вт включительно

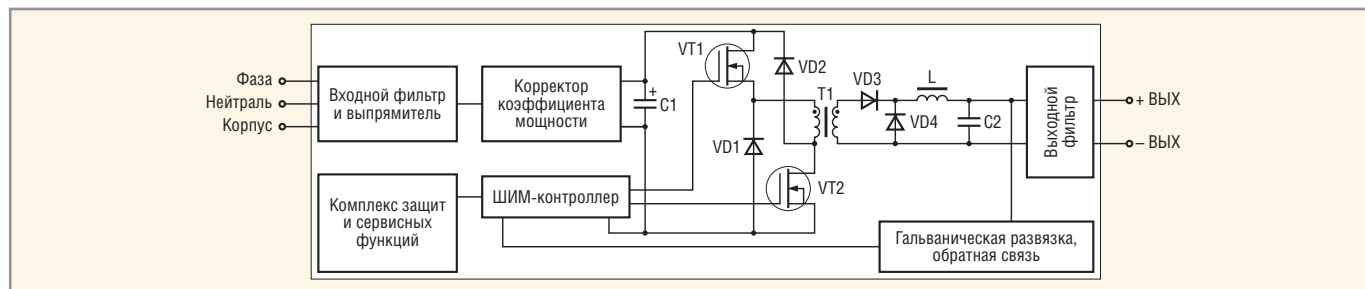


Рис. 4. Структурная схема модулей с выходной мощностью свыше 200 Вт

Во-первых, такие модули, как правило, имеют конструкцию, в которой отношение высоты модуля к его длине составляет неприемлемо большую величину. Это вызывает большие неудобства при размещении таких модулей в непосредственной близости от питаемых (низкопрофильных) функциональных узлов.

Во-вторых, несколько выходов одного модуля обычно связаны гальванически, что затрудняет построение высокоэффективных систем электропитания и организацию «чистых» земель.

В-третьих, большинство предлагаемых модулей AC/DC выполнены на основе печатных плат с локальными радиаторами охлаждения, не рассчитанными на эффективный отвод тепла на общий плоский радиатор. Примером может служить конструкция «компьютерного» источника питания стандарта ATX.

В результате в большинстве случаев конвекционного охлаждения и в ряде случаев воздушного обдува конструкторам аппаратуры приходится предусматривать недопустимо большие воздушные

промежутки с боков каждого модуля и особенно сверху. Наличие вентилятора в конструкции модуля обычно приводит к увеличению его высоты, к снижению надёжности в условиях пыли и песка и к увеличению уровня шума и вибрации.

В компактных AC/DC-модульных преобразователях [1–4] производства группы компаний «Александр Электрик» достигаются практически все вышеперечисленные свойства. В таблице 1 приведены массогабаритные показатели модулей, их энергетическая плотность и сервисные функции.

Типовая линейка AC/DC-преобразователей группы компаний «Александр Электрик» представлена категориями Standard, Industrial и Military.

Недорогие AC/DC-преобразователи категории Standard предназначены для питания разнообразной промышленной аппаратуры общего назначения. Они выполнены на стандартной элементной базе, поставляются без герметизирующей заливки и работают в диапазоне температуры –10...70°C. Оптимальная для большинства сфер

применения конфигурация преобразователей снижает расходы при создании системы электропитания общего назначения.

Преобразователи категории Industrial с диапазоном рабочей температуры –40...85°C предназначены для питания промышленной аппаратуры различного климатического исполнения. Устройства выполнены на элементной базе, тестируемой в расширенном диапазоне температур, и залиты теплопроводящим компаундом, защищающим элементы от неблагоприятных внешних воздействий. Для надёжной эксплуатации в аппаратуре модули проходят специальные температурные испытания и электротермотренировку.

Преобразователи AC/DC категории Military имеют диапазон рабочей температуры –50...85°C и выполнены на заказной элементной базе. Они имеют герметизирующую заливку полимерным теплопроводящим компаундом и предназначены для питания промышленной и специальной аппаратуры в самых жёстких климатических усло-

Таблица 1. Состав, основные характеристики и сервисные функции AC/DC-модулей группы компаний «Александр Электрик»

Выходная мощность модуля, Вт	Количество выходов	Масса, кг	Габариты, мм	Энергетическая плотность, Вт/дм³	Температурный диапазон, °С	Входное напряжение, В		Развязка вход-выход, –кВ	Дистанционное выключение	Развязка выходов	Подстройка выходного напряжения	Выносная ОС	Параллельная работа	Корректор коэффициента мощности	Выход питания вентилятора	Стандарт ЭМС EN55022		Крепление на DIN-рейку	
						~100...264, ~80...140, ~176...264	трехфазное ~305...457									класс B	класс A		
30	1, 2, 3	0,16	98 × 50 × 16	382	–50...85; –40...85; –10...70	+		3		+							+	+	
60...75		0,22	108 × 60 × 20	578		+				+								+	+
150...200		0,5	130 × 83 × 32	579		+	+				+	+	+		+			*	+
400...500	1, 2	1	171 × 92 × 34	940		+	+		+	+	+	+	+	+	+	*	+	+	
800...1000		1,82	205 × 116 × 40	1099		+	+		+	+	+	+	+	+	+	*	+	+	
1200...1500		2,21	244 × 139 × 40	1143		+	+		+	+	+	+	+	+	+	*	+	+	

\* В разработке

виях. Модули проходят специальные виды температурных и предельных испытаний, в том числе электротермотренировку с экстремальными режимами включения и выключения.

АС/DC-преобразователи разрабатывались для использования в различных конфигурациях систем электропитания. Так, например, модули мощностью до 200 Вт включительно оптимальны в качестве источников в системе электропитания без промежуточных преобразований (см. рис. 1). Они могут иметь до трёх выходных каналов и построены на основе обратных преобразователей напряжения с гальванической развязкой между входом и выходом (см. рис. 3).

Модули мощностью свыше 200 Вт обычно имеют один выходной канал и могут быть использованы в качестве централизованного стабилизатора в структуре, показанной на рисунке 2. Они представляют собой прямоходовую структуру так называемого косоугольного полумоста с гальванической развязкой между входом и выходом, схематично показанную на рисунке 4.

Модульные преобразователи не только имеют высокие удельные энергетические показатели, но и обладают специальной конструкцией, рассчитанной на общее теплоотводящее основание, снижающее требуемый для системы электропитания объём.

На рисунке 5 схематично показана конструкция модулей в разрезе. В основе модуля лежит алюминиевый корпус, на который отводится тепло от всех теплонагруженных элементов схемы – силовых транзисторов, диодов, трансформаторов, дросселей. В результате корпус модуля одновременно является радиатором, имеющим хорошую теплоотдачу. Так, преобразователи KS500A-230WS24-SCN без дополнительного теплоотвода в нормальных климатических условиях способны отдавать в нагрузку мощность около 200 Вт,

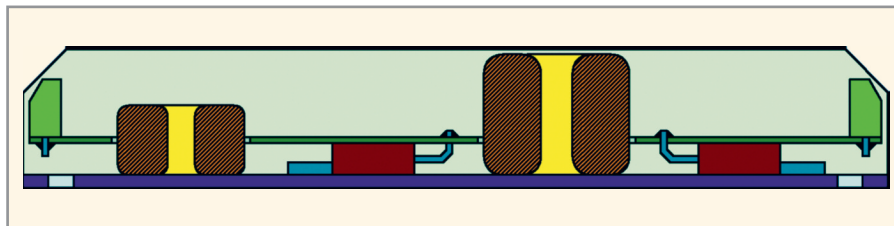


Рис. 5. Схематичная конструкция модулей в разрезе

а с радиатором и принудительным охлаждением – до 500 Вт вплоть до температуры окружающей среды 85°C.

В корпусе имеются крепёжные отверстия для установки модулей на теплоотвод; также существует исполнение для крепления на DIN-рейку. От механических и климатических воздействий печатная плата модуля предохраняется крышечкой-кожухом из тонкостенной стали. Такая конструкция корпуса, с четырёх сторон закрывающая элементы преобразователя, дополнительно улучшает его электромагнитную совместимость с окружающей аппаратурой. Для более надёжной защиты от внешних факторов в аппаратуре промышленного и специального назначения предусмотрено исполнение преобразователей с полимерной герметизирующей теплопроводящей заливкой, которая исключает повреждение преобразователя, вызванное вибрацией или попаданием грязи, влаги или соляного тумана.

На печатной плате модуля имеются входные и выходные винтовые клеммные колодки; также возможна модификация со штыревыми выводами под распайку или гибкими монтажными выводами.

Описанная реализация технических решений позволила АС/DC-преобразователям группы компаний «Александр Электрик» уверенно конкурировать с аналогичной продукцией других производителей. В качестве примера в таблице 2 приведены некоторые технические характеристики преобразователя KS500 мощностью 500 Вт группы

компаний «Александр Электрик» в сравнении с характеристиками модулей других производителей.

Анализ современного рынка АС/DC-преобразователей показывает, что продукция группы компаний «Александр Электрик» обладает всем комплексом качеств, необходимых для изделий промышленного и специального назначения. Высокое качество АС/DC-преобразователей достигнуто за счёт использования современной элементной базы, а также схемотехнических, конструктивных и технологических решений, защищённых патентами и авторскими свидетельствами [5–9].

Таким образом, на сегодняшний день АС/DC-модули группы компаний «Александр Электрик» соответствуют требованиям, предъявляемым к системам электропитания современной компактной аппаратуры промышленного и специального назначения, и отражают современный уровень высокотехнологичной продукции производителя, успешно сочетающего новейшие технологии и ресурсосбережение.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Номенклатура АС/DC-преобразователей. [www.aeps-group.ru](http://www.aeps-group.ru).
2. Группа компаний «Александр Электрик», каталог продукции, 2010.
3. Источники вторичного электропитания унифицированные в модульном исполнении. Модули серии «Н-А». Технические условия БКЯЮ.436610.010ТУ.
4. Источники вторичного электропитания унифицированные в модульном исполнении. Модули серии «МАА». Технические условия Главного конструктора БКЯЮ.436610.015ТУ ГК.
5. Гончаров А.Ю. Патент на полезную модель №19247.
6. Гончаров А.Ю. Патент на полезную модель №19440.
7. Гончаров А.Ю. Патент на полезную модель №21702.
8. Гончаров А.Ю. Патент на полезную модель №53835.
9. Гончаров А.Ю. Патент на изобретение №2265977.

Таблица 2. Сравнительные характеристики преобразователя KS500 и модулей других производителей

Наименование модуля	Модуль KS500 группы компаний «Александр Электрик»	Модуль А, США	Модуль Б, Великобритания	Модуль В, Тайвань	
Выходная мощность, Вт	500				
Габариты, мм	длина	170	278	170	
	ширина	92	129	120	
	высота	34	63,5	93	
Температурный диапазон, °С	-50...85	-10...60	0...70	-10...50	
Энергетическая плотность, Вт/дм <sup>3</sup>	с кондуктивным теплоотводом	940	220	312	264
	без дополнительного теплоотвода при 25°C	249	220	312	264
Значения выходного напряжения, В	От 5 до 60	От 5 до 48	От 12 до 54	От 12 до 48	
Количество выходных каналов	1, 2	1	1	1	
Масса, кг	1	2,6	1,5	1,9	

# Применение датчиков Холла во внутритрубных диагностических снарядах магистральных нефтепроводов

**Игорь Буслов, Валерий Бауткин, Александр Драпезо, Вячеслав Ярмолович (г. Минск, Беларусь)**

**В статье описан оригинальный датчик серии ДУПХ, предназначенный для построения инклинометров, одометров и других дефектоскопов, в основе которых лежит использование датчиков угла поворота на эффекте Холла.**

Уровень разработки и использования внутритрубных инспекционных снарядов-дефектоскопов (ВИС) во многом зависит от их оснащённости современными контрольно-измерительными датчиками и устройствами. Уникальную возможность конструирования различного рода миниатюрных датчиков повышенной надёжности предоставляет использование эффекта Холла, который не требует механического контакта между объектом контроля или измерения и органом преобразования.

Государственная организация «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению» (г. Минск) последние 15 лет специализируется на выпуске разного рода электронных датчиков и устройств на эффекте Холла. С участием авторов настоящей публикации и других специалистов, в рамках договора о сотрудничестве с фирмой LIN SCAN (Объединённые Арабские Эмираты, г. Дубай) в период 2002–2003 гг. был спроектирован, изготовлен и введён в опытную эксплуатацию типоряд датчиков для внутритрубных диагностических снарядов: профиломеры (каллиперы) на диаметр труб 8...40", магнитные дефектоскопы типа

MFL на диаметр труб 12...40" и типа TFI на 30". Диагностические снаряды успешно прошли испытания в Индии и ОАЭ, обеспечив диагностику около 3000 км труб только за 2003 г.

Уникальные магниточувствительные элементы Холла изготавливаются из разработанных авторами гетероэпитаксиальных структур антимоноида индия на полуизолирующем арсениде галлия с высокой подвижностью носителей заряда n-типа. На рисунке 1 показана пластина, содержащая миниатюрные магниточувствительные элементы, выполненные методами фотолитографии, которые широко используются в микроэлектронике. Эти миниатюрные элементы имеют различные варианты компоновки: они могут объединяться в двухкомпонентные или трёхкомпонентные магниточувствительные зонды, собираться в виде матриц и др. Для использования магниточувствительных зондов в узких щелях и отверстиях предусмотрено планарное или торцевое крепление элементов Холла. Основные технические параметры миниатюрных элементов Холла приведены в таблице 1.

При изготовлении двухкомпонентных зондов миниатюрные элементы Холла располагаются в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, а в трёхкомпонентных зондах – в трёх взаимно перпендикулярных плоскостях. Двух- и трёхкомпонентные зонды могут использоваться в устройствах контроля в автоматике, автомобильном транспорте, медицине, а также в магнитных дефектоскопах ВИС.

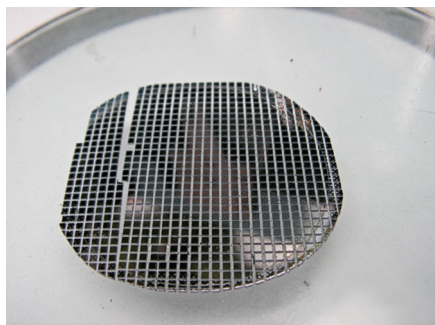
В основе функционирования ряда устройств, используемых в ВИС, таких как инклинометры, одометры и др., лежит использование датчиков угла по-

ворота на эффекте Холла серии ДУПХ, основные технические характеристики которых приведены в таблице 2 [1]. Датчик ДУПХ предназначен для преобразования угла поворота вала в аналоговый электрический выходной сигнал. Он может быть как полнооборотным, так и секторным. Датчик выполнен в виде цилиндрического корпуса с фланцем и вращающимся валом. Он имеет шлицевое самоцентрирующееся крепление, обеспечивающее точную фиксацию. Преобразование угла поворота вала в электрический сигнал производится бесконтактным способом за счёт изменения индукции магнитного поля в области расположения чувствительного зонда при повороте вала.

Датчики ДУПХ изготавливаются в различных вариантах, в том числе возможен вариант, когда магнитные системы создают квазиоднородное магнитное поле, вращающееся относительно двух взаимноперпендикулярных элементов Холла. Для секторного датчика используется однокомпонентный зонд, для полнооборотного – двухкомпонентный зонд. Сигнал с магниточувствительного элемента подаётся на встроенный усилитель, выполненный в виде интегральной схемы.

Датчики серии ДУПХ предназначены для работы в условиях повышенных температурных воздействий и агрессивных сред (соляной туман, кислотные и щелочные воздействия и др.). Датчики устойчивы к радиации, имеют пожаро- и взрывобезопасное исполнение и большую износостойкость (количество рабочих циклов более 106). Благодаря характеристикам точности и надёжности они могут работать в составе сложных микропроцессорных систем. Также датчик может применяться в военной и космической технике, авиационных и автотракторных системах управления и контроля, станкостроении и др.

В отличие от существующих аналогов на других принципах функционирования (потенциометрических, индукционных), датчик имеет меньшие



**Рис. 1. Пластина, содержащая миниатюрные магниточувствительные элементы, выполненные стандартными методами фотолитографии**

габариты, на порядок более высокую надёжность, простоту конструкции и современную элементную базу.

Применительно к ВИС также разработаны линейные первичные преобразователи микроперемещений, прецизионные схемы усилителей, технология герметизации и кабельные соединения, а также высокоточные датчики углового перемещения ДУПХ для контроля рельефа внутренних стенок трубопровода диаметром от 6" до 60" (см. рис. 2).

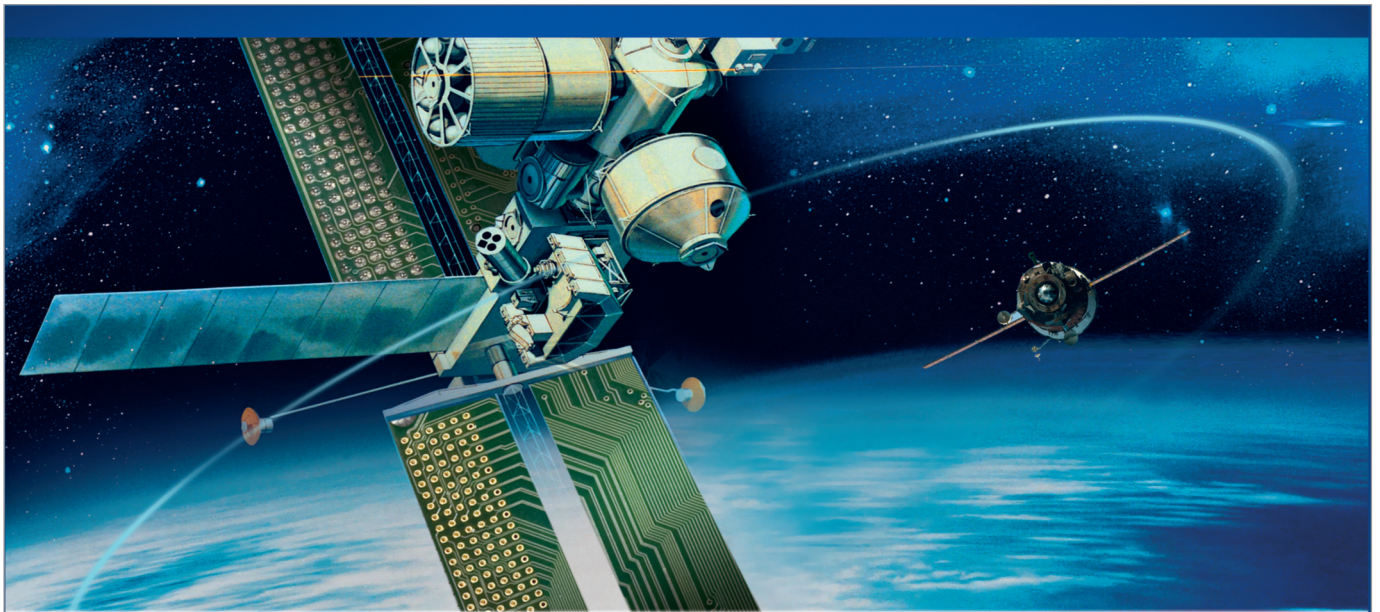
Принцип работы последних заключается в измерении углового положения рычагов, равномерно распределённых по окружности ВИС и имеющих непосредственный контакт с внутренней стенкой трубопровода. Каждый из рычагов имеет возможность изменять своё угловое положение в диапазоне 0...85° независимо от других рычагов. Усилие прижатия лопатки к трубе при угле поворота рычага 30° находится в диапазоне от 2,0 до 5,0 Н. Датчики ДУПХ выполнены в герметичном исполнении, предназначены для работы в агрессивной среде перекачиваемого продукта (нефть и нефтепродукты, вода, морская вода, растворённый в жидкост-

Таблица 1. Основные технические параметры миниатюрных элементов Холла

Температурный коэффициент ЭДС Холла, 0,02%/К, не более	0,02
Температурный коэффициент электрического сопротивления, %/К, не более	0,03
Коэффициент нелинейности по магнитной индукции, %, не более	0,3
Входное (выходное) сопротивление элемента Холла, Ом, не более	8
Магнитная чувствительность, мВ/мТл, не менее	300
Напряжение неэквипотенциальности, мкВ, не более	30
Номинальный ток питания элементов Холла, мА	30
Габариты элемента Холла в сборе (по электрическим выводам), мм, не более	0,15 × 1,2 × 70
Габариты магниточувствительной области, мм	0,5 × 0,5 × 0,006
Концентрация носителей заряда (электронов), см <sup>-3</sup>	1,4 × 10 <sup>17</sup>
Подвижность носителей заряда, м <sup>2</sup> В <sup>-1</sup> с <sup>-1</sup>	2,0

Таблица 2. Основные технические характеристики датчиков серии ДУПХ

Габариты, мм, не более	∅45 × 60 (∅45 × 90)
Напряжение питания, В	+12 <sup>+5</sup> (4,8 <sup>+1,5</sup> )
Диапазон угла поворота, град	-15...0...+15 (0...360)
Разрешающая способность, угл. мин	5
Рабочий температурный диапазон, °С	-60...120
Выходной сигнал, В	2...6
Ток питания, мА	20...40
Основная погрешность, %, не более	0,5
Дополнительная погрешность в диапазоне температур:	
-40...80°С, %, не более	0,25
-60...120°С, %, не более	1,8
Изменение выходного сигнала от угла поворота, функция вида	$Y_1 = k_1 \sin x$ $Y_2 = k_2 \cos x$



Свыше 3 млн. наименований продукции

Комплексные поставки электронных компонентов  
СПЕЦИАЛЬНОГО, ДВОЙНОГО И ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

ЗАО «Фаворит – Электронная Компания»

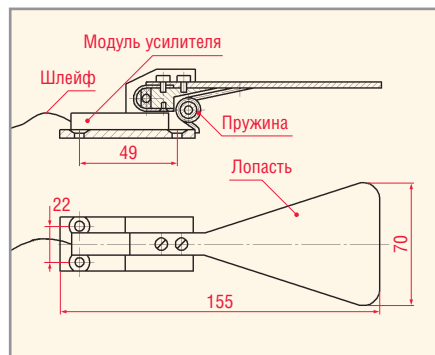
Web: [www.favorit-ec.ru](http://www.favorit-ec.ru) ■ тел./факс: +7(495)627-76-24



Представительство ЗАО «Фаворит – ЭК» в Республике Беларусь, г. Минск  
Тел.: +375 (17) 227-12-95 • [info@favorit-ec.ru](mailto:info@favorit-ec.ru)

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

Реклама



**Рис. 2. Высокоточный датчик углового перемещения для контроля рельефа внутренних стенок трубопровода**



**Рис. 3. Датчик магнитного поля в раскрытом состоянии**

ти сероводород) при давлении до 80 атмосфер и при температуре до 70°C.

Двухкоординатный инклинометр на эффекте Холла размещается в герметичном отсеке внутритрубного дефектоскопа и вырабатывает электрические сигналы об угле наклона снаряда в горизонтальной плоскости. При этом ВИС может вращаться относительно продольной оси трубопровода. В основе функционирования лежит преобразование углов отклонения двух маятников, имеющих по одной степени свободы от вертикали. Относительная погрешность измерения не превышает 1%.

Одометры на эффекте Холла реализованы при помощи покрытого износостойкой оболочкой подпружиненного колеса, которое прилегает к внутренней стороне трубопровода и приводится во вращение при движении ВИС. На оси одометра закреплена миниатюрная магнитная система, состоящая из двух редкоземельных магнитов и создающая плоскопараллельное магнитное поле, которое вращается относительно двух неподвижных магниточувствительных элементов Холла, установленных в двух взаимноперпендикулярных плоскостях. Аналоговые сигналы угла поворота оси вида  $\cos\beta$  и  $\sin\beta$  поступают в блок

обработки информации. Высокая точность одометров такого типа обеспечивается отсутствием ложных срабатываний, которые характерны для одометров, построенных на дискретных методах подсчёта угла поворота, когда проявляется эффект дребезга источника информации относительно чувствительного элемента. Использование не менее трёх одометров на снаряде позволяет алгоритмически устранить эффект проскальзывания колеса.

Для разбраковки дефектов трубопровода на внутренние приповерхностные и другие разработаны высокочувствительные селективные датчики типа ID/OD. Такого рода датчик содержит цилиндрический магнит из сплава альнико, на торце которого размещён однокомпонентный или двухкомпонентный датчик Холла.

Датчик остаточной намагниченности стенок трубопровода содержит элемент Холла с магнитомягким концентратором магнитного потока. В качестве концентраторов используются миниатюрные заточенные стержни из магнитомягкого феррита. В плоскостном исполнении роль концентратора выполняют тонкие пермаллоевые пластинки. В зависимости от геометрических размеров датчика, коэффициент усиления магнитного потока может варьироваться в широком диапазоне (10...400). Используя явление концентрации магнитного потока магнитомягкими ферромагнитными телами определённых геометрических форм, можно на два-три порядка увеличить магнитную чувствительность без ухудшения шумовых характеристик и временной стабильности.

Например, в ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению» изготовлен трёхкоординатный датчик слабых магнитных полей на эффекте Холла для применения в малых космических аппаратах (в рамках программного мероприятия № 2.5 научно-технической программы Союзного государства «Космос-НТ»). На рисунке 3 приведена фотография датчика магнитного поля в раскрытом состоянии. Величина зазоров  $d$ , в каждом из которых размещалась по микроминиатюрному преобразователю Холла, не превышала 0,15 мм.

Датчики Холла с концентраторами магнитного потока можно эффективно использовать для контроля изоляции трубопровода путём измерения магнитного поля, вызванного токами катодной защиты.

Именно миниатюрность размеров датчиков Холла позволяет эффективно использовать их для измерения пространственного распределения компонент индукции магнитного поля в зоне расположения неоднородностей в ферромагнитных конструкциях магистральных трубопроводов при прохождении внутритрубного инспекционного снаряда типа MFL, который намагничивает трубопровод в продольном направлении практически до насыщения. При удалённости двухкомпонентных преобразователей Холла на 3...4 мм от внутренней поверхности трубы разрешающая способность (минимальные размеры) обнаружения датчиками Холла дефектов на внутренней поверхности трубопровода  $h$  составляет не менее чем  $0,1t$  где  $t$  - толщина трубы трубопровода для следующих видов дефектов: общая коррозия, питтинг, поперечный задир. Обнаружение раковин, пор, непроваров, шлаковых включений возможно от 0,15t и обнаружение поперечных трещин - от 0,2t. При этом дефекты стресс-коррозийного типа могут быть обнаружены инспекционными снарядами типа MFL только случайным образом.

При прохождении внутритрубного инспекционного снаряда типа TFI, который намагничивает трубопровод в поперечном направлении, разрешающая способность идентификации магниточувствительными сенсорами неоднородностей ферромагнитных конструкций трубопровода как функция удалённости магнитных сенсоров от поверхности трубы следующая. При расположении двухкомпонентных элементов Холла на расстоянии 3...4 мм от внутренней поверхности трубы разрешающая способность обнаружения дефекта при глубине  $h$  не менее чем  $0,1t$  где  $t$  - толщина трубы трубопровода для следующих видов дефектов: продольные стресс-коррозийные дефекты, питтинг, задир продольный. Обнаружение раковин, пор, непроваров, шлаковых включений от 0,15t и обнаружение продольных трещин - от 0,2 t.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дραπεзо А.П., Ярмолович В.А. Применение миниатюрных преобразователей Холла и малогабаритных магнитных систем в специализированных датчиках для машиностроения. Машиностроение: Сб. научных трудов. Вып.18. Технопринт, 2002. С. 370–375.

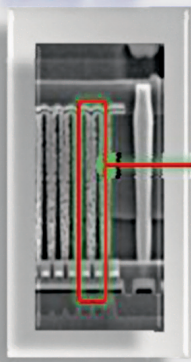


# Новости мира News of the World Новости мира

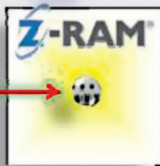
## Z-RAM готова заменить DRAM?

Компания Innovative Silicon (ISi) заявила о двух существенных прорывах своей технологии памяти Z-RAM (zero-capacitor RAM). Напомним: Z-RAM отличается от традиционной памяти отсутствием конденсаторов для хранения информации. Запись и хранение данных в этой технологии основаны на так называемом эффекте «плавающего тела» (FB, floating body).

Conventional DRAM cell

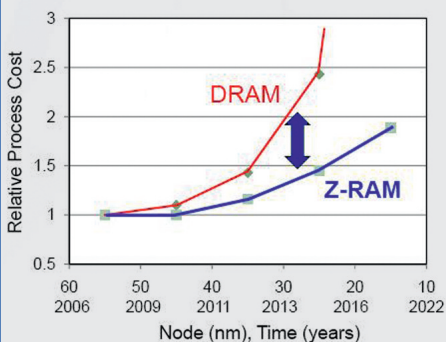


Single Transistor cell



Инженерам ISi удалось снизить напряжение питания Z-RAM до уровня ниже 1 В. Это самое низкое значение среди других технологий памяти с «плавающим телом». Новое достижение позволило впервые сравнить по этому показателю FB-память с традиционной DRAM-памятью. Второй прорыв состоит в реализации Z-RAM на основе объёмного кремния с использованием структур трёхмерных (неплоских) транзисторов, широко применяемых производителями DRAM-памяти. Это позволяет отказаться от использования субстратов SOI (кремний на изоляторе), которые являются более дорогими.

Обновлённая технология Z-RAM была реализована в тестовой микросхеме компанией Hynix Semiconductor. Как от-



мечает ISi, этот чип наглядно продемонстрировал, что Z-RAM имеет все шансы заменить традиционную память и обладает более низкой себестоимостью по сравнению с любой DRAM-технологией при использовании техпроцесса с проектными нормами 40 нм и ниже. Z-RAM сравнима с DRAM по энергопотреблению и быстродействию.

Как отметил президент и CEO Innovative Silicon Марк-Эрик Джонс (Mark-Eric Jones), DRAM была основной технологией памяти на протяжении сорока лет, но ей пришлось время уступить место передовой «бесконденсаторной» Z-RAM. Представитель Hynix Semiconductor считает, что ISi удалось устранить недостатки и преодолеть ключевые барьеры, стоящие на пути всех технологий памяти с «плавающим телом».

Более подробно о достоинствах обновлённой технологии Z-RAM написано в материале Remarkable Low Voltage Operation of Z-RAM, который будет представлен на крупнейшей отраслевой конференции 2010 VLSI Technology Symposium.

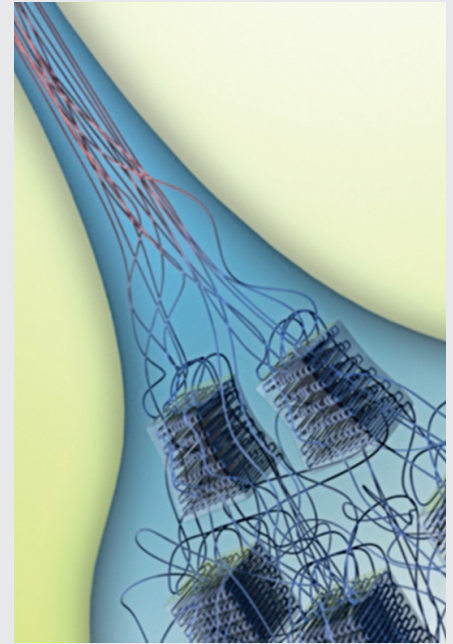
Innovative Silicon

## Полимеры – новое слово в охлаждении процессоров

Подавляющее большинство полимеров – отличные изоляторы, не проводящие ни электрический ток, ни тепловую энергию. Вот почему крайне удивительным оказалось сообщение сотрудников Массачусетского технологического университета (MIT), которые заявили о возможности использования полимеров в качестве эффективного теплопроводящего материала. Как мы знаем, отличные проводники тепла являются и отличными проводниками электрического тока (например, такими свойствами обладают все металлы), но другое дело – полимеры. Согласно сообщению учёных, будучи отличными проводниками тепла, полимерные материалы являются при этом отличным электрическим изолятором.

Ещё одним многообещающим свойством полимеров является их анизотропия – они отлично передают тепло только в одном направлении. Это означает, что можно добиться направленной передачи тепла от нагретого объекта к «холодильнику» – идеальный подход для организации нового поколения систем охлаждения для интегральных микросхем, в том числе и центрального процессора.

Впрочем, для того чтобы полимерные материалы «научились» эффективно про-



водить тепло, необходимо провести определённую процедуру обработки. Если обычно полимерные материалы представляют собой хаотичную структуру из длинных молекул, то в случае теплопроводящего полимера молекулы должны быть ориентированы в едином направлении. Добиваются этого медленным «вытягиванием» полимерного волокна из раствора. До сих пор исследователи пытались увеличить теплопроводность полимеров путём добавления к ним иных материалов, например углеродных нанотрубок. Но такое направление разработок приводило только к незначительному росту теплопроводности по той причине, что соединение двух материалов обычно приводит к росту термосопротивления конечного «гибрида».

В результате полимерные волокна проводят тепло в триста раз лучше, нежели обычные полимерные материалы – полимеры лучше проводят тепло, нежели некоторые чистые металлы, например, железо и платина. Этого вполне достаточно для замены металлических материалов, используемых сегодня в системах передачи/отвода тепла самых различных типов: систем охлаждения для электронных устройств, солнечных систем горячего водоснабжения, теплообменниках и пр.

Как всегда, перед исследователями ещё остался целый ряд вопросов, на которые только предстоит дать ответы. Возможно ли наладить изготовление теплопроводящих полимерных волокон в промышленных масштабах и по невысокой стоимости? Каким образом применить полимерные волокна в реальных приложениях?

3dnews

# Высокочастотные преобразователи для питания линий связи большой протяженности

(часть 2)

**Владислав Пржегорлинский, Сергей Сергеев,  
Дмитрий Богословский (Московская обл.)**

Во второй части статьи рассмотрены варианты построения устройств питания на базе высоковольтных источников СП-2000.

Источник питания СП\_2000 (далее СП) может управляться как с лицевой панели, так и дистанционно, от управляющей ЭВМ.

Основные элементы управления с лицевой панели:

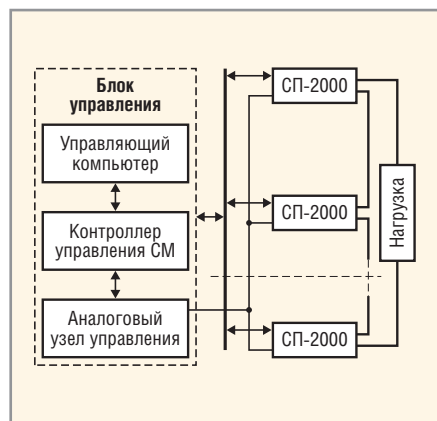


Рис. 1. Функциональная схема включения СП при дистанционном управлении

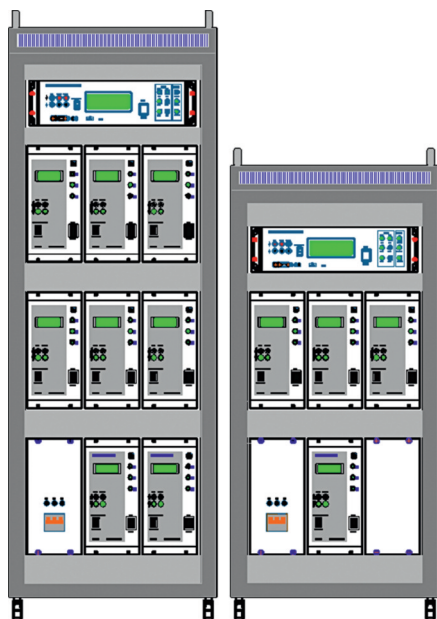


Рис. 2. Внешний вид приборов SVM16-08 и SVM12-04.

В приборе SVM-12 может быть установлено до пяти СП-2000 плюс БУ-СМ. В приборе SVM-16 может быть установлено до восьми СП-2000 плюс БУ-СМ

- алфавитно-цифровой дисплей, позволяющий отображать состояние источника питания, его установки и текущее значение выходного тока и напряжения;
- клавиша включения/выключения;
- клавиша выбора режима управления ручной/дистанционный;
- кнопки установки выходного напряжения и тока в ручном режиме;
- индикаторы наличия фаз сети.

При дистанционном управлении до десяти источников могут группироваться в компактный силовой модуль (СМ). Для обмена данными в СМ используется последовательная линия RS-232 с уровнем сигнала 0..3,3 В.

На рисунке 1 показана функциональная схема включения СП при дистанционном управлении. Для сопряжения СМ с управляющим компьютером могут быть использованы разные типы контроллеров, поддерживающих следующие аппаратные протоколы:

- USB с длиной кабеля между контроллером ветви и компьютером до 2 м;
- RS-232 с длиной линии до 100 м;
- RS-422 или RS-485 с длиной линии до 2 км;
- Ethernet, имеющий две версии: контроллер версии А, требующий включения в локальный сегмент сети, и контроллер версии Б, при котором общая длина линии не ограничена, как и топология сети.

При использовании протоколов семейства RS имеется возможность включить оптическую развязку с напряжением изоляции до 2 кВ в линию связи с компьютером.

Дополнительно для обеспечения безопасной работы СП при использовании параллельно-последовательного включения может быть реализована линия аппаратного управления величинами  $U_{\text{стаб}}$  и  $I_{\text{стаб}}$ .

Для управления силовым модулем, состоящим из нескольких источников (от 2 до 10), разработан блок управления (БУ-СМ), который выполняет следующие функции:

- осуществляет полное управление и контроль параметров источников, входящих в состав СМ;
- осуществляет дополнительную фильтрацию выходного напряжения СМ;
- выполняет функции защиты как СМ, так и подключенной к нему нагрузки при возникновении аварийных ситуаций;
- компьютер, входящий в состав БУ-СМ, обеспечивает выполнение перечисленных выше функций контроля и управления, а также сопряжение с системами верхнего уровня.

На основе СП-2000 и блока управления БУ-СМ разработаны приборы SVM-12-х и SVM-16-х, построенные на базе стойки TS8 фирмы Rittal высотой 1200 и 1600 мм соответственно (см. рис. 2).

Программное обеспечение, поставляемое с БУ-СМ и приборами SVM, работает под операционной системой семейства Windows (2000, XP, Vista и 7) и включает в себя:

- сервисную программу для управления блоками СП через последовательный порт с использованием контроллера управления СМ, работающего на аппаратном протоколе USB, RS или Ethernet. Эта программа также позволяет выполнять калибровку внутренних узлов СП и производить диагностику неисправности;
- специализированную программу управления приборами SVM, оснащённую графическим пользовательским интерфейсом, также исполняющую функции сервера и взаимодействующую с клиентами с помощью протокола TCP/IP (raw sockets). При необходимости эта программа также может быть оснащена интерфейсом DIM или OPC;

- набор серверов для построения распределённой системы по архитектуре клиент/сервер и для сопряжения с промышленными управляющими системами верхнего уровня (SCADA): DIM-сервер и DIM-клиент для построения автономной распределённой системы с несколькими блоками СП. Сервер также может быть использован в качестве интерфейса для SCADA типа PVSS II; OPC-сервер – для подключения к другим типам промышленных управляющих систем;
- библиотеку DLL для разработки пользовательских приложений на языках высокого уровня (Delphi, C, C++ и т.д.).  
Сервисная программа для настройки и управления блоками СП позволяет:
- просмотреть и изменить текущие установки напряжения и тока;
- задать скорость нарастания выходного напряжения при включении источников;
- подстроить коэффициенты преобразования цифроаналоговых и аналого-цифровых преобразователей тока, напряжения и температуры;
- включать или отключать необходимое количество СП при изменении нагрузки.

Сервисная программа также обеспечивает защиту системы дистанционного питания (ДП) ВОЛС от высоковольтного пробоя при возникновении обрывов, приводящих к возникновению больших токов короткого замыкания, которые могут вывести аппаратуру ВОЛС из строя. Программа постоянно отслеживает величину активного сопротивления линии. При превышении заданного порога подаётся команда на снятие высокого напряжения и одновременно – на подключение к линии ДП разрядного резистора. На разрядном резисторе сбрасывается накопленная в ёмкостях линии энергия, и напряжение в течение долей секунды снижается до нуля.

Набор серверов с архитектурой клиент/сервер предназначен для построения распределённых систем, имеющих в своём составе несколько отдельных блоков СП2000 или СМ, размещённых в разных местах. Схема такой системы показана на рисунке 3.

Система на основе платформи-независимого протокола DIM/DIP, разработанного в Европейском исследова-

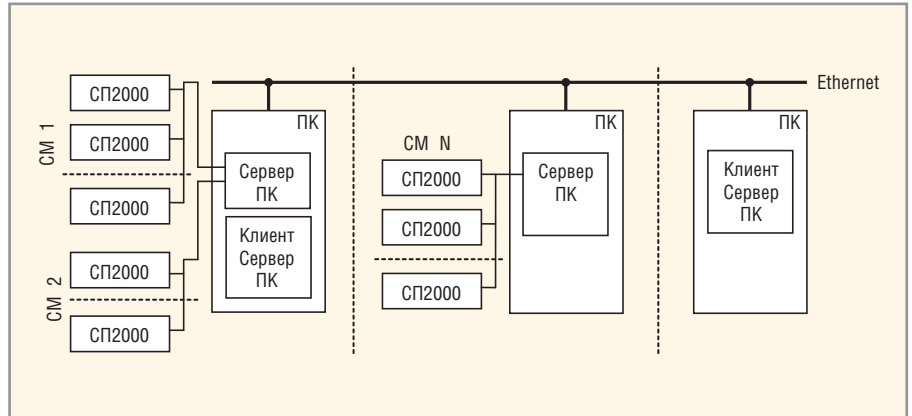


Рис. 3. Распределённая система управления источниками СП2000

тельном центре ЦЕРН (<http://dim.home.cern.ch/dim>), включает в себя как серверное, так и клиентское приложения. Система позволяет использовать несколько компьютеров, управляющих многими блоками СП2000, причем её можно сконфигурировать так, чтобы управление каждым из СП осуществлялось с любого из компьютеров, входящих в систему.

Система на основе стандартного промышленного протокола OPC (<http://www.opcfoundation.org>) содержит только серверное приложение, а клиентом является собственно SCADA. В связи с тем что сегодня на рынке имеется большое количество разнообразных систем такого рода, конфигурация клиентских приложений зависит от конкретной SCADA.

Таким образом, на базе СП-2000 может быть построена разветвлённая

сеть питания как аппаратуры ВОЛС, так и других сложных систем.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Santelmann W.F. Designing Ultra-Efficient High Voltage Supplies Using a High Frequency Resonant Flyback Technique. Proc. of Powercon 9.
2. Полищук А. Схемотехника современных мощных источников питания для телекоммуникационного оборудования и систем промышленной автоматики. Силовая электроника. 2005. № 2.
3. Ромаши Э.М., Дравович Ю.И., Юрченко Н.Н., Шевченко П.Н. Высокочастотные транзисторные преобразователи. Радио и связь, 1988.
4. Полищук А. Высоковольтные диоды Шоттки из карбида кремния в источниках электропитания с преобразованием частоты. Компоненты и технологии. 2004. № 5.



## СП-2000 Высоковольтный источник питания

Питание оборудования линий связи, промышленного оборудования.

- Выходная мощность — до 2 кВт
- Стабилизация выходного напряжения — от 100 до 1500 В, тока — от 0,1 до 1,4 А
- Гальваническая развязка выход-корпус — 10 кВ



Компания ЗАО «СЕНСОР» разрабатывает и изготавливает:  
- высоковольтные источники питания мощностью – до 20 кВт,  
- системы охраны объектов на суше и в прибрежной акватории моря.  
г. Дубна, Моск. обл., [pvladex@mail.ru](mailto:pvladex@mail.ru), моб. тел.: 926-359-1253

ФГУП НИИ «АТОЛЛ» разрабатывает и изготавливает системы охраны объектов в акватории океана.  
г. Дубна, Моск. обл., ул. Приборостроителей 5, <http://atoll.su>

Реклама

# Твердотельные реле для высоконадёжных применений

Владимир Федосов (г. Орёл)

В последние годы требования военной и авиакосмической промышленности по увеличению надёжности радиоэлектронной аппаратуры возросли. В связи с этим разработчики аппаратуры ищут технические решения и компонентную базу, которая позволяет снизить отказы техники при эксплуатации. В статье рассказывается о новом классе электронных компонентов – твердотельных реле, способных повысить надёжность аппаратуры специального назначения.

Не секрет, что механический контакт, входящий в состав электромеханических реле, контакторов, пускателей, является одним из самых ненадёжных

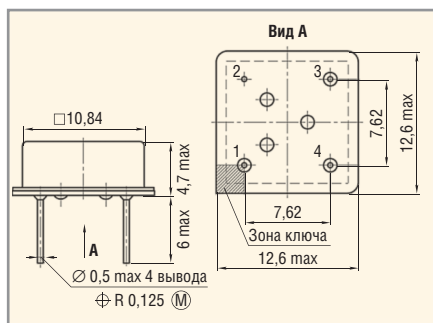


Рис. 1. Корпус реле К452КП3П, К452КП4П, К457КП1П

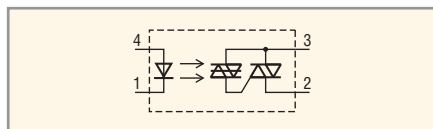


Рис. 2. Электрическая схема реле К457КП1П

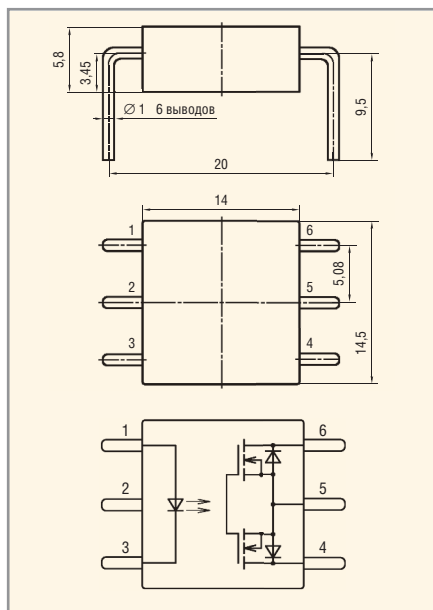


Рис. 3. Чертёж корпуса и электрическая схема реле 5П166

элементов аппаратуры, которая подвергается жёстким механическим и климатическим воздействиям. Такой вид отказа, как случайное замыкание контактов, которое происходит под воздействием вибрации и многократных ударов, давно стал головной болью специалистов, занимающихся разработкой и эксплуатацией авиакосмической техники. Значительная доля отказов связана с «залипанием» контактов и перегоранием управляющих обмоток электромеханических реле.

Разработанная в конце 1990-х годов серия оптоэлектронных реле К293 в пластмассовых DIP-корпусах с МОП-транзистором в качестве ключевого элемента нашла широкое применение в промышленной и военной аппаратуре. В серию вошли реле как с одной, так и с двумя парами контактов, работающие как на замыкание, так и на размыкание. Такие уникальные свойства, как линейная характеристика замкнутых контактов, коммутация одно- и двухполярных сигналов, возможность управления от стандартных логических ИС, позволили оптоэлектронным МОП-реле успешно конкурировать на рынке с электромеханическими реле.

Несмотря на широкое применение данной серии МОП-реле, проблема надёжности военной аппаратуры не могла быть решена в рамках требований, предъявляемых к микросхемам в пластмассовых корпусах. Поэтому в начале 2000-х годов была поставлена задача разработки серии высоконадёжных оптоэлектронных МОП-реле, удовлетворяющих требованиям стандарта «Климат-7». С использованием собственных достижений предприятия в области высоковольтной изоляции, фотодиодных матриц и технологии МОП-структур, была разработана

249 серия оптоэлектронных реле в герметичных корпусах для высоконадёжных применений.

Учитывая потребности военной промышленности в качественных коммутационных элементах, разрабатывается новая серия твердотельных коммутаторов на токи до 40 А и напряжения до 600 В, оснащённых функциями интеллекта, под которыми подразумеваются следующие характеристики:

- встроенная защита от короткого замыкания на выходе;
- встроенная защита от перегрева выходного транзистора;
- мониторинг состояния напряжения на выходе;
- мониторинг состояния короткого замыкания на выходе.

К452КП3П – оптоэлектронное МОП-реле для коммутации постоянного напряжения 60 В и тока до 2 А, К452КП4П – оптоэлектронное МОП-реле для коммутации постоянного и переменного напряжения 60 В и тока до 1 А. Напряжение изоляции 1000 В. Корпус этих реле показан на рисунке 1. Каждое реле имеет одну пару нормально-разомкнутых контактов и предназначено для замены электромеханических реле в цепях силовой коммутации.

Оптоэлектронное реле К457КП1П с симисторным выходом предназначено для коммутации переменного напряжения 260 В частотой от 50 до 400 Гц с током 1,5 А. Реле имеет встроенный детектор нулевого напряжения, разрешающий переключение выходного симистора в диапазоне выходных напряжений  $\pm 10$  В. Это помогает снизить потери энергии, а также предотвращает возникновение электромагнитных помех при переключении. Данное реле имеет то же корпусное исполнение, что и реле К452КП3П. Электрическая схема реле К457КП1П приведена на рисунке 2.

Одна из последних разработок – оптоэлектронное МОП-реле К249КП16Р – не уступает по параметрам реле К452КП3П и К249КП4П и коммутирует постоянное напряжение 60 В с током 2 А или постоянное и переменное напряжение 60 В с током 1 А. По габаритам реле К249КП16Р имеет преимущество – оно реализовано в стандартном металлокерамическом восьмивыводном DIP-корпусе, который поставляется в двух вариантах – для монтажа в отверстия и для монтажа на поверхность. Учитывая рекордное на сегодняшний день соотношение коммутируемой мощности к объёму – 364 Вт/см<sup>3</sup>, реле К249КП16Р можно считать весьма

перспективным для применения в военной аппаратуре.

Оптоэлектронное МОП-реле 5П166 с напряжением коммутации 90 В и током коммутации 5 А в шестивыводном металлоглазном корпусе (см. рис. 3) содержит мощные инфракрасные AlGaAs-светодиоды с повышенной радиационной стойкостью. Светодиоды оптически связаны с двумя кристаллами фотодиодной матрицы, которые управляют двумя включенными встречно-последовательно МОП-транзисторами. Использование двух последовательно включенных матриц позволило обеспечить размах управляющего напряжения не менее 15 В для надёжного отпираания МОП-транзисторов. Реле 5П166 обеспечивает сопротивление в замкнутом состоянии 20 мОм для коммутации постоянного напряжения и 57 мОм для коммутации двухполярных напряжений. Реле коммутирует импульсный ток до 12 А.

Оптоэлектронное МОП-реле 5П163 предназначено для коммутации постоянного напряжения 60 В и тока до 7 А. Реле выполнено в плоском металлокерамическом корпусе ТО-220-5 с изолированным теплоотводом. Напряжение изоляции между управляющими и выходными выводами, а также между теплоотводом и выводами корпуса составляет 1000 В (ампл.). На рисунке 4 показан чертёж корпуса и электрическая схема этого реле.

Интеллектуальный контроллер 5П170 предназначен для коммутации постоянного напряжения 90 В и тока 10 А. Контроллер имеет входной буферный каскад на МОП-транзисторе; напряжение питания составляет от 5 до 15 В, ток потребления 10 мА. Данная особенность делает контроллер совместимым с ТТЛ- и КМОП-схемами. Время переключения составляет 2 мс.

Контроллер имеет встроенную защиту от короткого замыкания в нагрузке, что предохраняет выходной транзистор от выхода из строя. В режим КЗ контроллер переходит при семикратной перегрузке выходной цепи. Режим, когда контроллер отключает выход при коротком замыкании, индицируется лог. 0 на выходе состояния. Переход в нормальный режим осуществляется путём сброса выходного напряжения.

Контроллер 5П170 также имеет индикацию состояния выходного напряжения. При появлении на выходе напряжения свыше 25 В, выход статуса переходит в лог. 0. Контроллер выполнен в десятивыводном корпусе с теплоотво-

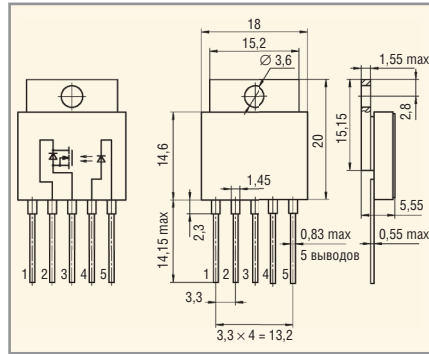


Рис. 4. Чертёж корпуса и электрическая схема реле 5П163

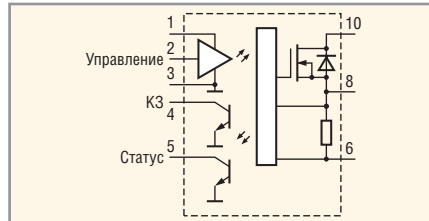


Рис. 5. Структурная схема интеллектуального реле (контроллера) 5П170

дом; его схема приведена на рисунке 5, а чертёж корпуса – на рисунке 6.

В новом реле 5П168Т применена схема управления силовым транзистором от DC/DC-преобразователя. Реле рассчитано на коммутацию постоянного напряжения 90 В и тока до 40 А. Напряжение изоляции составляет 1000 В (ампл.). Время переключения имеет более низкие значения, чем в оптоэлектронных реле, и составляет 200 мкс. В реле использован кристалл контроллера трансформатора со встроенными силовыми транзисторами и частотой переключения 600 кГц.

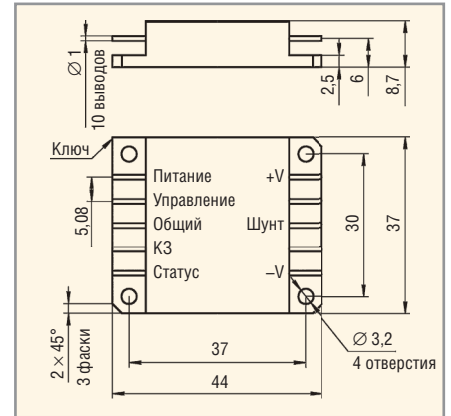


Рис. 6. Чертёж корпуса интеллектуального реле (контроллера) 5П170, 5П168Т

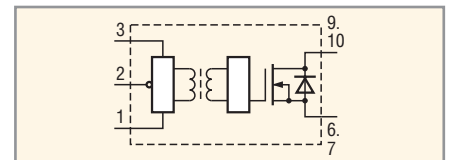


Рис. 7. Структурная схема реле 5П168Т с трансформаторной развязкой

Модификация данного реле имеет защиту от короткого замыкания в нагрузке с индикацией состояния. Схема реле 5П168Т приведена на рисунке 7 (корпус показан на рис. 6).

В заключение следует отметить, что благодаря развитию оптоэлектронных и МОП-технологий и появлению новых высококачественных корпусов стало возможным реализовать оптоэлектронные реле с параметрами, удовлетворяющими самым высоким требованиям, предъявляемым к современной высоконадёжной аппаратуре. ©



# ОАО "ПРОТОН"

МОЩНЫЕ  
ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ РЕЛЕ  
и интеллектуальные  
СИЛОВЫЕ МОДУЛИ

для высоконадёжной  
ТЕХНИКИ

302040, Россия, г. Орёл, ул. Лескова, 19  
e-mail: [market@proton-orel.ru](mailto:market@proton-orel.ru)  
[fedosov@proton-orel.ru](mailto:fedosov@proton-orel.ru)  
[www.proton-orel.ru](http://www.proton-orel.ru)  
тел/факс: (4862) 41 84 57  
тел/факс: (4862) 49 85 36

# Волоконно-оптический датчик давления

Александр Котов, Юрий Макаров, Анатолий Гориш, Сергей Пономарёв (Москва), Елена Бадеева, Антон Щевелёв, Александр Пивкин (г. Пенза)

В статье описана конструкция волоконно-оптического датчика давления аттенуаторного типа. Рассмотрена схема прохождения светового потока от источника до приёмника излучения. Приведены технические характеристики датчика.

## ВВЕДЕНИЕ

Сегодня, в эпоху высоких технологий, на рынке электронных компонентов присутствует множество датчиков давления различных типов. Но в последнее время многие потребители проявляют интерес к датчикам избыточного давления, отвечающим требованиям искро-, взрыво- и пожаробезопасности. В наибольшей степени указанным требованиям отвечают волоконно-оптические датчики избыточного давления (ВОДИД).

Известные технические решения ВОДИД имеют существенные неинформативные потери светового потока в зоне измерения. В новом датчике используется управляющее устройство – аттенуатор с круглым отверстием, которое повышает освещённость и эф-

фективность использования светового потока и снижает размеры площади изображения торца подводящего оптического волокна в плоскости расположения отводящих оптических волокон [1]. Кроме того, такая конструкция обеспечивает простую юстировку аттенуатора и волокон.

## ОПИСАНИЕ ДАТЧИКА

На рисунках 1 и 2 приведены общий вид и фото разработанного ВОДИД. Волоконно-оптический преобразователь давления (ВОПД) предназначен для преобразования измеряемого давления в изменение интенсивности светового потока, волоконно-оптический кабель (ВОК) передаёт световой поток от источника излучения в зону измерения давления и обратно к приёмни-

ку излучения, согласующее устройство (СУ) преобразует электрический сигнал в оптический и оптический в электрический. Блок преобразования информации (БПИ) служит для питания элементов СУ и преобразования электрического сигнала с выхода СУ в стандартный электрический сигнал, например 0...6 В.

Датчик состоит из мембранного блока 1, ВОК 2, штуцера 3, корпуса 4, втулки 5 и фотоблока 6. Мембранный блок 1 состоит из корпуса, стаканообразной мембраны и аттенуатора с круглым отверстием. Аттенуатор крепится к мембране посредством импульсной сварки. Мембрана с аттенуатором соединяется с корпусом сваркой. Отверстие в аттенуаторе  $\varnothing 0,5$  мм выполняется после установки мембраны в корпус блока. После укладки волокон мембранный блок устанавливается в корпус 4, в котором имеется выемка для ВОК.

Корпус датчика состоит из двух частей, соединённых между собой с помощью сварки. Мембрана выполнена из сплава 36НХТЮ, штуцер, корпус и аттенуатор – из стали 12Х18Н10Т. Свободное пространство штуцера заполняется компаундом «Виксинт» или герметиком. Фотоблок 6 представляет собой держатель, в который вклеены

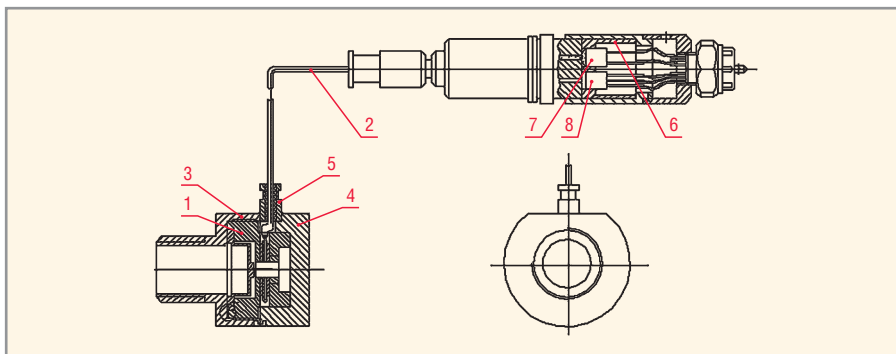


Рис. 1. Блок-схема волоконно-оптического датчика избыточного давления



Рис. 2. Макетный образец ВОДИД совместно с БПИ

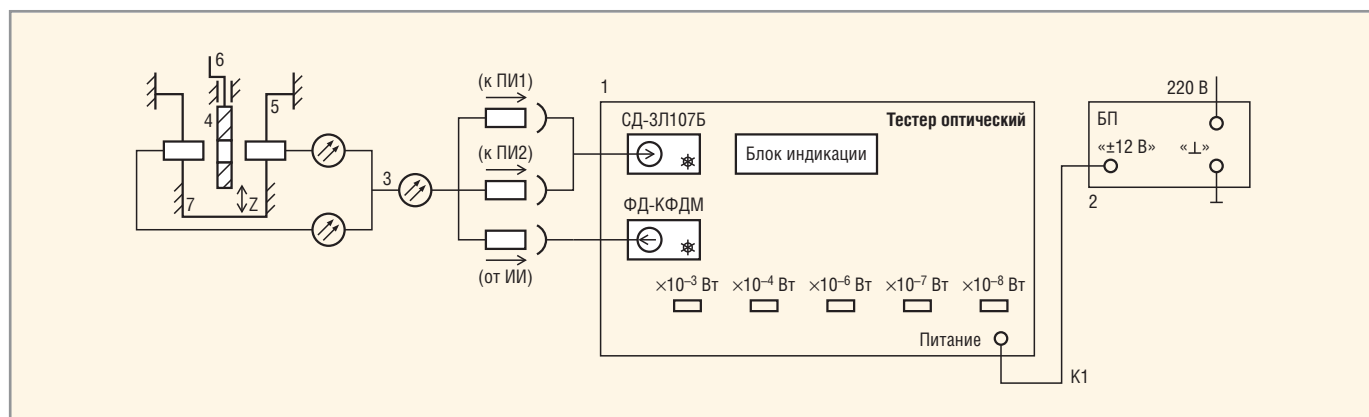


Рис. 3. Схема экспериментальных исследований ВОПД аттенуаторного типа

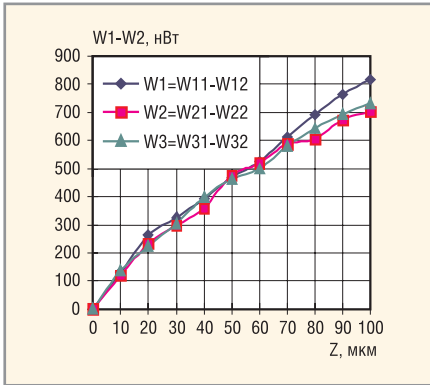


Рис. 4. Графические зависимости  $W = f(Z)$

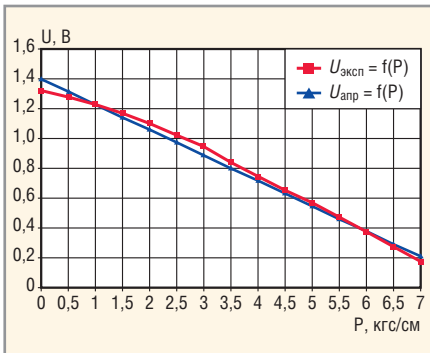


Рис. 5. Графики экспериментальной и аппроксимирующей кривых  $U_{\text{эксп}} = f(P)$  и  $U_{\text{аппр}} = f(P)$  макетного образца ВОДИД совместно с БПИ

светодиод 7, фотодиоды первого и второго измерительных каналов 8. Фото-блок присоединяется к БПИ с помощью розетки типа МР1-10-5-В. К контактам розетки подпаиваются выводы светодиода и фотодиодов. Для упрощения процесса юстировки оптических волокон относительно отверстия в аттенуаторе ужесточены допуски на соосность отверстий в мембранном блоке. Для повышения надёжности конструкции увеличен радиус изгиба волокна внутри мембранного блока.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Схема экспериментальных исследований ВОПД приведена на рисунке 3. Установка для снятия экспериментальной зависимости  $\Phi/\Phi_0 = f(P)$  состоит из оптического тестера 1, блока питания 2, ВОК 3, соединительного электрического кабеля К1, аттенуатора 4, микровинта 5 для задания перемещения по оси Z, основания 6 и стойки 7.

Оптический тестер выполнен в виде малогабаритного переносного прибора и состоит из фотоэлектрического преобразователя ФП-0,85, усилителя-преобразователя, аналого-цифрового преобразователя (АЦП), электро-

### Техническая характеристика ВОДИД

Название параметра	Значение параметра
Диапазон измерения, кгс/см <sup>2</sup>	0...10
Выходной сигнал (напряжение постоянного тока при работе совместно с БПИ), В	0,5...6
Основная приведенная погрешность, не более, %	1
Дополнительная приведенная погрешность, не более, %	3
Работоспособен при воздействии:	
- температуры окружающей среды в диапазоне, ОС	± 60 (и более)
- вибрации частотой, Гц (с ускорением, м/с <sup>2</sup> )	10...5000 (5...400)
- механического удара с ускорением, м/с <sup>2</sup>	1000
- длительностью импульса, мс (число ударов)	1...5 (9)
Вероятность безотказной работы	0,99
Срок службы, лет, не менее	11
Масса, кг, не более	0,15
Габаритные размеры чувствительного элемента, мм	M18 × 35
Длина волоконно-оптического кабеля (по требованию заказчика), м	2...200

оптического преобразователя СИД-0,85 и индикатора. Входной и выходной оптические разъёмы предназначены для соединения с оптическими волокнами датчика, заключёнными в стандартный наконечник диаметром 2,5 мм и длиной 8 мм. Диапазон измерений оптической мощности изменяется за счёт изменения масштабного коэффициента усилителя. Оптическая мощность фиксируется в ваттах в диапазоне волн  $(0,85 \pm 0,1)$  мкм.

По показаниям оптического тестера были построены графические зависимости  $W = f(Z)$  (см. рис. 4).

Анализ экспериментальной зависимости для одного измерительного канала показал:

- максимальное значение погрешности линейности  $|\gamma|_{\text{max}}$  составляет 3%;

- чувствительность преобразования датчика  $dU1/dZ = 0,17$  В/кгс/см<sup>2</sup>.

При реализации алгоритма  $[U1(P) - U2(P)]/[U1(P) + U2(P)]$  погрешность линейности не превысит 1,5%, а чувствительность преобразования составит приблизительно 0,34 В/кгс/см<sup>2</sup>.

На рисунке 5 приведены графики экспериментальной и аппроксимирующей кривых  $U_{\text{эксп}} = f(P)$  и  $U_{\text{аппр}} = f(P)$ , а в таблице – основные технические характеристики макетного образца ВОДИД.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Пивкин А.Г. Математическая модель волоконно-оптического преобразователя аттенуаторного типа. Информационно-измерительная техника, экология и мониторинг. 2003. Вып. 6, МГУЛ. С. 268–274. ©

**Научно-технический центр**  
**«Нанотехнологии волоконно-оптических систем»**

ГОУ ВПО «Пензенский государственный университет»  
 Пенза, ул. Красная, 40; тел./факс: (8-412) 36-84-59  
 E-mail: timurashkina.pgu@mail.ru

# Силовые полевые транзисторы STMicroelectronics

Андрей Бреднев (Москва)

Компания STMicroelectronics является одним из мировых лидеров в разработке и производстве полупроводниковых решений во многих областях микроэлектроники. Линейка продукции компании содержит как простейшие полупроводниковые дискретные компоненты, так и сложные высокопроизводительные сигнальные процессоры. В данной статье речь пойдёт о силовых полевых транзисторах, в производстве которых компания занимает одну из лидирующих позиций в мире.

На сегодняшний день трудно себе представить область электроники, которая могла бы обойтись без полевых транзисторов. Они применяются в источниках питания различной мощности, зарядных устройствах, в приборах управления и коммутации, осветительной технике и т.д.

Полевые транзисторы характеризуются тремя основными параметрами: сопротивлением перехода сток-исток в открытом состоянии ( $R_{DS,on}$ ), максимальным напряжением сток-исток ( $V_{DSSmax}$ ) и временем восстановления (быстродействием).

Основу производства силовых полевых транзисторов у компании STM составляют технологии:

- STripFET для транзисторов, рассчитанных на напряжения 20...300 В;
- SuperMESH для напряжений 300...1200 В;
- MDmesh для напряжений 300...650 В;
- FDmesh для напряжений 500...600 В;
- PowerMESH для напряжений до 1500 В.

Каждая из этих технологий предусматривает особенности применения транзисторов своей категории для получения наилучших основных параметров. Рассмотрим подробно одну из новых технологий создания низковольтных полевых транзисторов STripFET V.

Технология STripFET V [1] (серия H5) и STripFET VI DeepGate (серия H6) – это пятое поколение стратегии построения полевых транзисторов, призванное обеспечить потребность современной компьютерной техники и средств телекоммуникаций в производительности и эффективности преобразователей напряжения в режимах переключения. Основными чертами этого поколения являются напряжение пробоя более 25...30 В, высокая стойкость к лавинообразному пробою, низкое сопротивление открытого перехода и высокое быстродействие. В общем и целом технология STripFET V

выбирает в себя лучшие характеристики от STripFET III и STripFET IV для получения лучших значений  $R_{DS,on}$  и быстродействия за счёт изменения структуры стока, двойной толщины оксидного покрытия затвора, области обогащения J-FET и вертикальных контактов (канавок). Структура транзистора представлена на рис. 1.

Параметр  $R_{DS,on}$  в обычном планарном полевом транзисторе складывается из сопротивления проводников, металла, канала, области J-FET, эпитаксиального слоя, подложки и обратного сопротивления:

$$R_{DSon} = R_{WIRES} + R_{MET} + R_{CH} + R_{JFET} + R_{EPY} + R_{SUB} + R_{BACK}$$

Влияние сопротивления металла легко объясняется тем, что ток, поступающий к подложке от проводников, течёт горизонтально, для того чтобы попасть в каждую ячейку полупроводника. Это означает, что металлический слой сам по себе является причиной увеличения  $R_{DSon}$ . Для уменьшения этого влияния по технологии STripFET V толщина металлического слоя увеличена на 50% по сравнению со STripFET III, что даёт по сравнению с предыдущей технологией выигрыш около 10% по  $R_{MET}$ .

Меньшее значение  $R_{DSon}$  также обеспечивается введением области J-FET, которая является N-областью между P-областями. Название J-FET объясняется тем, что P-области в данном случае играют роль своеобразного затвора. Уменьшение сопротивления этой области достигается за счёт обогащения области между двумя P-областями.

На рис. 2 изображено сравнение значений  $R_{DSon}$  для одного и того же размера подложки с областью JFET (розовый цвет) и без неё (синий цвет). Как видно из графика, благодаря наличию области JFET мы получаем уменьшение  $R_{DSon}$  примерно на 15%.

Для оптимизации выбора между необходимым напряжением пробоя и сопротивлением перехода используется структурирование стока (drain

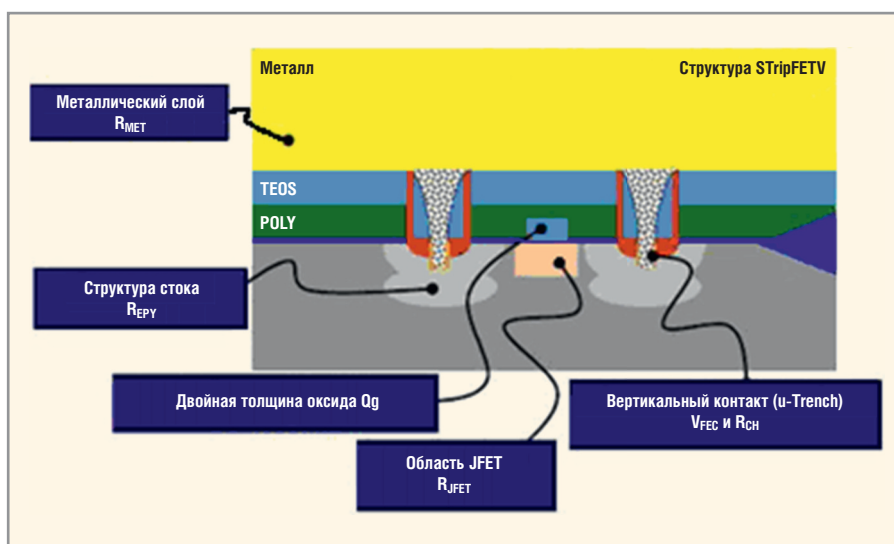


Рис. 1. Структура STripFET V

# DECTEL

ELECTRONICS  
VISA group



**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР**  
**NXP Semiconductors, STMicroelectronics**



**МОСКВА,**  
**ул. Милашенкова, д. 22**  
**тел./факс:**  
**+7 (495) 610-8863**  
**610-9180**  
**610-9443**

**info@dectel.ru • www.dectel.ru**

Таблица 1. Силовые полевые транзисторы STMicroelectronics на напряжение 20...250 В

Максимальный ток, А	Напряжение Vdss max, В												
	20	25	30	33	40	55	60	75	100	120	150	200	250
300		0,002 Ом V STV300NH02L											
250						0,0015 Ом V STV250N55F3		0,0023 Ом V STV240N75F3					
200						0,0018 Ом V STV200N55F3			0,0045 Ом E STE250NS10				
150		0,003 Ом D U STD150NH02L			0,0021 Ом B STB270N4F3	0,005 Ом B P ST_150NF55		0,0052 Ом STP155N75F4	0,0045 Ом E STE180NE10				
140									0,0065 Ом Y B P F ST_140N_10			0,012 Ом E STE140NF20D	
120		0,0018 Ом B P ST_300NH02L	0,036 Ом B P ST_200NF03	0,0035 Ом P STP180NS04ZC	0,0025 Ом P B ST_120N_04	0,0029 Ом B P ST_180N55F3		0,0035 Ом B P W ST_120N75	0,009 Ом B P W ST_120NF10			0,012 Ом Y STY130NF20D	
100	0,004 Ом L STL120N2VH5		0,0026 Ом B P L ST_100Nх3LL										
90		0,0034 Ом P STP130NH02L	0,0056 Ом P STP90NF03L										
80		0,005 Ом D P U STD95N2LH5	0,0035 Ом B D U P ST_80Nх03	0,005 Ом P STP90NS04ZC	0,0054 Ом D L P U ST_80Nх04	0,005 Ом P F B ST_80NF55	0,0065 Ом P STP80NF06	0,0032 Ом B STB160N75F3	0,012 Ом B P ST_80NF10	0,013 Ом P STP80NF12	0,019 Ом B P ST_85N15F4		
70			0,008 Ом B P ST_70NF03					0,01 Ом B P F ST_75NF75				0,028 Ом B P W ST_75NF20	
65					0,0125 Ом P STP62NS04Z	0,0065 Ом B D P U ST_65NF5F3							
60		0,0042 Ом D B STD100NH02L	0,005 Ом P D ST_120Nх03L			0,012 Ом D U STD60NF55L	0,012 Ом B D P ST_60NF06		0,019 Ом P STP60NF10				
55			0,008 Ом L B ST_55NF03L				0,014 Ом P B ST_55NF06L						
50		0,0085 Ом D STD50NH02L	0,009 Ом D U STD50N03L				0,017 Ом P B ST_55NF06		0,024 Ом D B P ST_40NF10				0,033 Ом W STW52NK25Z
48		0,007 Ом D U ST_70N2LH5	0,0072 Ом D U ST_60N3LH5										
45			0,014 Ом P B ST_45NF3LL										0,055 Ом B P ST_50NF25
40			0,009 Ом D P ST_40NF03L	0,011 Ом P STP60NS04ZB				0,018 Ом D STD45NF75	0,028 Ом B P ST_40NF10L	0,028 Ом P STP40NF12	0,044 Ом B STB40NS15	0,038 Ом B P F W ST_40NF20	0,065 Ом B STB50N25M3
38		0,0015 Ом Z D U STK822					0,022 Ом P B ST_45NF06		0,012 Ом F STP80NF10FP				
35		0,0165 Ом D STD36NH02L	0,014 Ом P STD35NF3LL				0,014 Ом D STD35NF06						
34			0,0017 Ом L STL150N3LLH5										
32			0,018 Ом S STS8DNH3LL										
30		0,011 Ом D STD36NH02L	0,0024 Ом Z L P ST_30Nх03L			0,0065 Ом F STF60N55F3	0,032 Ом P F STP36NF06		0,038 Ом B P ST_30NF10			0,065 Ом P W ST_30NF20	
27			0,011 Ом L STL50NH3LL				0,02 Ом D STD30NF06		0,055 Ом P STP24NF10				
25			0,0032 Ом S STS25NH3LL				0,032 Ом D STD20NF06L		0,03 Ом D STD25NF10	0,07 Ом F STF24NF12			
21		0,005 Ом Z STK820	0,038 Ом P STP22NF03L				0,024 Ом D F ST_40NF06		0,06 Ом D STD15NF10				
20			0,005 Ом L Z STL75NH3LL				0,06 Ом F STF20NF06L	0,006 Ом Z STK20N75F3					
19			0,0048 Ом L STL65N3LLH5									0,1 P F ST_20NF20	
17			0,038 Ом D U ST_17NF03L										0,14 Ом D P F L ST_17NF25
15			0,0045 Ом L STL15N3LLH5		0,0042 Ом S STS15N4LLF3		0,06 Ом D U B P F ST_16NF06		0,115 Ом P STP14NF10			0,15 Ом B P F ST_19NF20	0,23 Ом P F STP16NS25
14			0,006 Ом S STS14N3LLH5							0,16 Ом P F STP14NF12			0,195 Ом D P F ST_16NF25
12			0,008 Ом S STS12NF30L				0,08 Ом D U STD12NF06						
10			0,009 Ом S STS11NF30L						0,115 Ом D STD10NF10		0,085 Ом F STP30NS15L		
9			0,015 Ом S STS9NF30L									0,35 Ом P F IRF630	
8			0,012 Ом L S ST_8Nх3LL				0,017 Ом S STS7NF60L						0,38 Ом P STP8NS25
6	0,045 Ом S STS6NF20V		0,020 Ом C STC6NF30V						0,22 Ом D STD6NF10				
5	0,045 Ом C S ST_5NF20V		0,032 Ом C STC5DNF30V				0,045 Ом S STS5NF60L					0,65 Ом D STD5N20L	
4			0,039 Ом N S ST_4NF03L				0,045 Ом S STS4DNF60L		0,055 Ом S STS4NF100			1,3 Ом P STP4N20	
3			0,09 Ом S STS2DNF30L				0,07 Ом N STN3NF06		0,23 Ом N STN2NF10				
1									0,7 Ом N STN1NF10			1,2 Ом N STN1N20	
0,3								1,8 Ом Q 2N7000					
0,2								1,8 Ом T 2N7002					

Таблица 2. Силовые полевые транзисторы STMicroelectronics на напряжение 300...1500 В

Максимальный ток, А	Напряжение V <sub>ds max</sub> , В														
	300	400	450	500	525	600	620	650	700	800	850	900	950	1000	1500
80						0,035 Ом Y STY80NM60N		0,022 Ом Y STY112N65M5							
70				0,045 Ом E STE70NM50		0,05 Ом E STE70NM60									
60	0,033 Ом W Y ST_60NK30Z			0,045 Ом Y STY60NM50		0,05 Ом Y STY60NM60		0,038 Ом W STW77N65M5							
54	0,052 Ом W STW54NK30Z			0,036 Ом W STW55NM50N											
50				0,070 Ом E STE53NC50		0,047 Ом W STW55NM60N		0,065 Ом W STW54N65N							
48				0,08 Ом E STE48NM50											
45	0,075 Ом B STB46NF30			0,08 Ом W STW45NM50		0,09 Ом W STW45NM60				0,11 Ом E STE45NK80ZD					
40				0,0065 Ом W STW43NM50N		0,098 Ом E STE40NC60						0,14 Ом E STE40NK90ZD			
35				0,105 Ом W STW29NK50Z		0,075 Ом W STW43NM60N									
30	0,078 Ом P STP30NM30N			0,1 Ом W STW26NM50		0,125 Ом W STW26NM60		0,079 Ом B I P F W ST_42N65M5				0,21 Ом E STE30NK90Z			
25						0,11 Ом B P F W ST_30NM60ND		0,098 Ом B I P F W ST_35N65M5				0,3 Ом Y STY30NK90Z			
21				0,11 Ом B P F ST_25NM50N		0,13 Ом B P F W ST_25NM60ND		0,119 Ом B I P F W ST_32N65M5					0,36 Ом W STW25N95K3		
20				0,22 Ом B P F W ST_20Nx50		0,14 Ом B P F W ST_25NM60		0,139 Ом B I P F W ST_30N65M5							
19				0,15 Ом B P F ST_21NM50N		0,15 Ом B P F W ST_23NM60N		0,16 Ом B I P F W ST_24NM65N		0,34 Ом W STW18NK80Z					
17				0,23 Ом W STW20NK50Z		0,17 Ом B P F W ST_21NM60		0,179 Ом B I P F W ST_21N65M5		0,3 Ом B P F ST_18NM80					
15		0,23 Ом P F STP17NK40Z		0,26 Ом B P F W ST_16NM50N			0,38 Ом P F W ST_17N62K3	0,25 Ом B I P F W ST_19NM65N				0,4 Ом W STW15NK90Z			
14				0,3 Ом B P F W ST_14NM50FD		0,27 Ом P W ST_16Nx60		0,299 Ом D U ST_16N65M5							
13						0,299 Ом B P F W ST_13Nx60		0,38 Ом P STP16NK65Z				0,85 Ом P F W ST_13N95K3	0,56 Ом W STW13NK100Z		
12				0,32 Ом B P F W ST_13NM50N		0,45 Ом B P F W ST_14NK60Z		0,33 Ом B I P F W ST_14NM65N		0,53 Ом W STW13NK80Z					
11				0,29 Ом D F ST_12NM50N		0,4 Ом B P F ST_11Nx60		0,7 Ом I P F ST_12NK65Z		0,35 Ом B P F W ST_11NM80		0,72 Ом W STW12NK90Z			
10				0,3 Ом B P F ST_12NM50N		0,41 Ом B D U P F W ST_1xNM60	0,75 Ом P F ST_10N62K3	0,375 Ом D U ST_12N65M5	0,75 Ом P F STP10NK70Z	0,65 Ом B P W ST_12NK80Z			0,68 Ом W STW12NK95Z		
9	0,36 Ом P STP12NK30Z	0,49 Ом B P F ST_11NK40Z		0,55 Ом F STF10NK50Z				0,43 Ом D U P ST_10NM65N		0,8 Ом P F W ST_10NK80Z		0,82 Ом W STW11NK90Z			2,2 Ом W STW9N150
8						0,9 Ом B P F ST_8NM60					1,1 Ом F STF8NK85Z	1,1 Ом B P F W ST_9NK90Z		1,1 Ом W STW11NK100Z	
7				0,47 Ом D U P F ST_9NM50x		0,56 Ом B D P F ST_8Nx60			1,0 Ом B P F W ST_9NK70Z			1,56 Ом W STW7NK90Z	1,35 Ом B P F W ST_7N95K3		
6						1,0 Ом B I P F ST_8NM60N		1,0 Ом P F STP9NK65Z		0,85 Ом W P F ST_8Nx80				1,6 Ом P F ST_8NK100Z	
5	0,8 Ом P STP7NK30Z	0,85 Ом D U P F ST_7NK40Z		0,93 Ом D P ST_6NK50Z		0,85 Ом L D U P F ST_5Nx60	1,1 Ом D U P F ST_6N62K3	1,5 Ом P F STP5NK65Z	1,5 Ом P F STP6NK70Z	1,5 Ом B P F ST_7NK80Z		1,56 Ом B P F ST_6NK90Z	3 Ом D U P F ST_5N95K3		
4				1,22 Ом B D U P F ST_5NK50Z	1,22 Ом D U P ST_5NK52ZD	0,85 Ом P F B I D U ST_6Nx60	1,6 Ом D P F ST_5N62K3			1,9 Ом P F STP5NK80Z		2,0 Ом P STP5NK90Z			5,0 Ом P W ST_4N150
3		1,47 Ом D U ST_5NK40Z		2,4 Ом D U P F ST_4NK50ZD		1,3 Ом D U ST_3NM60				3,0 Ом D U P F ST_4NK80Z		3,5 Ом D P F ST_3NK90Z		3,0 Ом P F W ST_5NK100Z	
2				2,8 Ом D U Q ST_3NK50Z		3,3 Ом D U P F ST_3Nx60	2,2 Ом B D U P F ST_3N62K3			3,8 Ом D U P F ST_3NK80Z		5,5 Ом D U P ST_2NK90Z		5,4 Ом D P F ST_3NK100Z	8,0 Ом P W ST_3N150
1			4,1 Ом Q U ST_2NC45			7,2 Ом D U P F ST_2NK60Z			6,0 Ом D U STD2NK70Z	12,0 Ом Q N D U ST_1NK80Z				8,5 Ом D U P ST_2NK100Z	
0,8						13,0 Ом Q STQ1NK60ZR									
0,4			4,1 Ом S STS1DNC45			8,0 Ом Q N ST_1HNK60									
0,3						8,0 Ом S STS1HNK60									
0,2						13,0 Ом Q N S ST_1NK60Z									

engineering). Благодаря этому между Р-областями может поддерживаться увеличенное электрическое поле, которое по закону Пуассона может выдерживать большее напряжение в

этой области. Соответственно, появляется возможность, применяя ту же толщину эпитаксиального слоя, получить большее значение напряжения пробоя. Использование этого

подхода позволяет уменьшить толщину эпитаксиального слоя, что позволяет снизить  $R_{DSon}$  и в то же время сохранить необходимое значение напряжения пробоя.

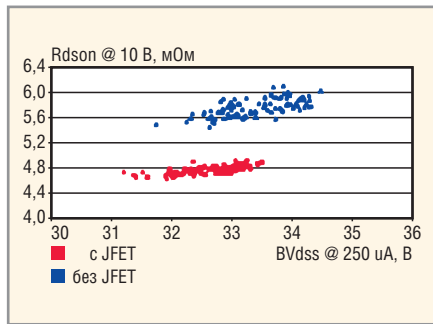


Рис. 2. Зависимость  $R_{DS(on)}$  от наличия области JFET для разных значений  $V_{DS}$

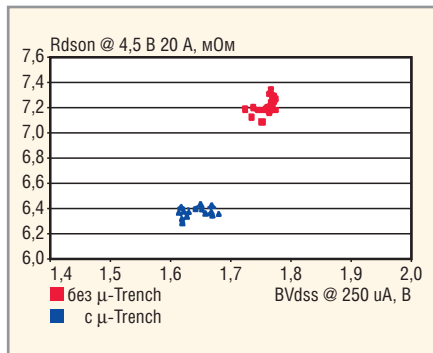


Рис. 3. Сравнение сопротивления  $R_{ds(on)}$  при наличии и отсутствии  $\mu$ -trench

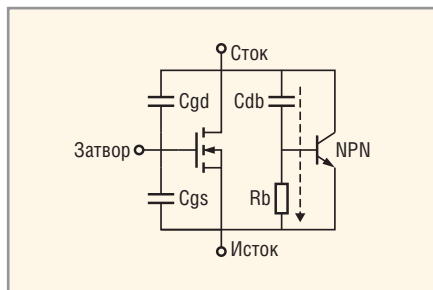


Рис. 4. Эквивалентная схема работы транзистора

Для того чтобы уменьшить заряд затвора и, соответственно, улучшить быстродействие, применяется двойное по толщине покрытие затвора оксидом, однако только в области между двумя P-областями. Преимущества данного подхода легко объясняются, если обратиться к хорошо известным формулам для ёмкости конденсатора:

$$C = \epsilon \frac{A}{d}$$

и накопленному в нём заряду:

$$Q_g = \alpha C \Delta V.$$

Чем больше толщина оксида  $d$ , тем меньше ёмкость  $C$  и заряд затвора  $Q_g$ . Другими словами, благодаря двойной толщине оксидирования получается меньшая ёмкость и заряд затвора, соответственно, увеличивается быстродействие.

Для уменьшения параметров  $R_{DS(on)}$  и прямого напряжения  $V_{fEC}$ , а также улучшения устойчивости к лавинообразному пробою, в транзисторах реализованы небольшие канавки ( $\mu$ -trench). Для устранения возможности замыкания истока и стока глубина канавок должна быть больше, чем истоковый слой, но меньше, чем P-область. В предыдущей технологии это достигалось путём использования полупроводниковой области подложки, которая гарантированно контактировала с металлом.

Благодаря  $\mu$ -trench в технологии STripFET V появляется возможность использования части подложки, которая раньше была предназначена для предотвращения замыкания. Таким образом, на одной и той же подложке появилась возможность создания большего числа элементарных ячеек, что улучшило параметр  $R_{DS(on)}$ . На рис. 3 можно увидеть сравнение результатов при использовании технологии  $\mu$ -trench и без неё для одного и того же размера подложки. Как видно из графика, данный подход даёт улучшение  $R_{DS(on)}$  примерно на 15%.

Следующими двумя преимуществами, полученными благодаря применению  $\mu$ -trench, являются уменьшение прямого напряжения  $V_{fEC}$  и повышенная стойкость к лавинообразному пробою (UIS). Технология  $\mu$ -trench позволяет выполнить специальное покрытие области подложки ниже истока определённым способом, что было невозможно в технологии STripFET III. Благодаря этому покрытию удалось уменьшить прямое напряжение  $V_{fEC}$  диода внутри транзистора, причём оно обратно пропорционально толщине покрытия. Данный параметр является очень важным для синхронных DC/DC-преобразователей. В период, когда транзистор закрыт, ток течёт через внутренний диод транзистора. Потери в этот период определяются потерями на внутреннем диоде и, соответственно, пропорциональны  $V_{fEC}$ . Из этого следует, что уменьшение  $V_{fEC}$  уменьшит потери преобразователя в данный период работы. Новая технология STripFET V позволяет снизить  $V_{fEC}$  примерно на 20%.

Технология  $\mu$ -trench также позволяет увеличить лавинообразную прочность транзистора. Благодаря дополнительному покрытию области подложки ниже стока, снижается сопротивление подложки  $R_b$  и, соответственно, падение напряжения на этом сопротивле-

нии, что позволяет гораздо дольше держать паразитный биполярный транзистор закрытым. На рис. 4 приведена эквивалентная схема работы транзистора.

Легко увидеть, что в выключенном состоянии рост напряжения стока создаст ток через  $C_{db}$  и  $R_b$ . Когда напряжение на сопротивлении  $R_b$  достигает значения примерно 0,7 В, транзистор впадает в лавинообразный пробой. Можно показать, что напряжение на базе транзистора равно:

$$v_{BE} = R_b C_{DB} \frac{dv_D}{dt}.$$

Из соотношения видно, что уменьшение  $R_b$  уменьшает  $V_{be}$  и, соответственно, увеличивает стойкость к лавинообразному пробою. Технология STripFET V позволяет уменьшить ток ошибки примерно на 20%.

Подытоживая вышесказанное, следует отметить, что новая технология STripFET V по сравнению с предыдущими при одинаковом размере кристалла позволяет получить устройства с уменьшенными потерями, улучшенными характеристиками переключения и повышенной стойкостью к лавинному пробою. Другими словами, появляется возможность получить устройства с теми же характеристиками, что и по старой технологии, но на меньшей площади кристалла, что, в свою очередь, позволяет снизить стоимость, применить меньший корпус или получить большую мощность. Кроме того, увеличенное быстродействие даёт возможность разработчику применить более высокую частоту преобразования и уменьшить размер пассивных элементов обвязки.

Кроме подробно рассмотренной технологии STripFET V, компания ST активно внедряет новые технологии для создания высоковольтных транзисторов. В частности, это технологии SuperMESH3 и MDmesh V.



















Технология SuperMESH3 предназначена для транзисторов с напряжением 300...1200 В. Она позволяет увеличить запас по напряжению пробоя на 20...50 В. Например, если транзистор по технологии SuperMESH имеет напряжение пробоя 600 В, то точно такой же по характеристикам транзистор по технологии SuperMESH3 будет иметь напряжение пробоя 620...650 В. Применение новой технологии также дало возможность уменьшить ключевой параметр  $R_{ds(on)}$  до 20% по сравнению с предыду-

щим поколением, увеличить производительность в режимах переключения и уменьшить потери проводимости.

Технология MDMesh V предназначена для транзисторов с напряжением 300...650 В. Основными достоинствами технологии MDMesh являются экстремально низкие значения  $R_{ds(on)}$ , повышенное быстродействие и стойкость к лавинному пробое.

Линейку полевых транзисторов ST можно условно разделить на две группы: низковольтные транзисторы (12...250 В) и высоковольтные (300 В и выше). Низковольтные транзисторы в основном находят свое применение в компьютерной технике и устройствах управления двигателями. Целый ряд наименований транзисторов предназначен специально для автомобильной техники. Компания ST в этой группе имеет большой выбор корпусов транзисторов, начиная от TO-92 и SO-8 и заканчивая новейшими типами корпусов PolarPAK и PowerFLAT. Группа высоковольтных транзисторов также имеет большое количество вариантов корпусов, наиболее популярными из которых являются TO-220, TO-247 и

Таблица 3. Корпуса транзисторов

Q	U	I	P	F	W	Y	E	T
								
TO-92	IPAK	I2PAK	TO-220	TO-220FP	TO-247	Max247	ISOTOP	SOT23
C	N	L	J	S	Z	D	B	V
								
TSSOP8	SOT-223	PowerFLAT	PowerSO-8	SO-8	PolarPAK	DPAK	D2PAK	PowerSO-10

Max247. В табл. 1 приведена номенклатура низковольтных полевых транзисторов, а в табл. 2 – номенклатура высоковольтных транзисторов. Каждая ячейка таблицы со значением содержит: значение параметра  $R_{DS(on)}$ , возможные типы корпусов (например, D, B, P означает, согласно табл. 3, что транзистор может быть выполнен в корпусах D-PAK, D2PAK и TO-220) и непосредственно название типа транзистора (например, ST\_40NF10, вместо знака «\_» подставляется буква, означающая тип корпуса).

На сегодняшний день компания STM выпускает около 1000 наименований

силовых полевых транзисторов с различными характеристиками, типами корпусов и для различных вариантов применения, именно поэтому данная продукция компании может занять достойное место в любом продукте электронной и электрической техники.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Criscione F., Fusillo F., Repici D. STripFETV. New Low Voltage Power MOSFET technology. 14th IEEE Semi-Therm 1998.
2. Stollenburg R.R. Boundary of Power MOS UIS Avalanche current capability IEEE Applied Power Electronics Conf. Proc. 359-64 (Mar 1989).



## Новости мира News of the World Новости мира

### Российский «город будущего» построят в Сколково

О планах российского правительства начать строительство так называемого «города будущего», или Центра для исследований и научных разработок, уже писали. В течение последнего времени между чиновниками и учёными велась дискуссия относительно выбора территории для размещения Центра. Новую структуру предлагалось разместить в следующих городах: Дубна, Томск, Новосибирск, Санкт-Петербург, а также в районе Москвы (Ново-Рижское и Ленинградское шоссе, территория между МКАД и Троицком, Сколково).

На днях Дмитрий Медведев объявил об окончательном решении вопроса размещения Центра для исследований и научных разработок – «город будущего» будет построен в Сколково. Президент акцентировал внимание общественности на том, что в данном случае важную роль играет скорость реализации проекта. Кроме того, при выборе места размещения Центра учитывались показатели развитости инфраструктуры района, его доступность.



Недалеко от деревни Сколково Московской области находится Российская бизнес-школа, основанная в 2006 г. Председателем попечительного совета школы является президент Российской

Федерации Дмитрий Медведев. Целью школы является воспитание бизнес-лидеров, способных применять свои профессиональные навыки в самых разных условиях.

Согласно плану, строительство Центра для исследований и научных разработок может начаться во второй половине следующего года. Необходимо отметить, что «город будущего» в Сколково станет не первым перспективным научным проектом в России. На территории страны уже работают центры, сотрудники которых занимаются исследованиями в самых разных областях науки и IT. К примеру, в Дубне недавно открылся научно-образовательный центр «Параллельные вычисления», осуществляющий обучение и консультации по решению сложных вычислительных задач на GPU. Также стоит отметить деятельность Нижегородского центра компании Intel, Сибирского суперкомпьютерного центра.

Специалисты надеются, что через пять лет объём продаж продуктов и решений, разработанных в российском «городе будущего» в Сколково превысит 100... 200 млрд. руб.

[special.kremlin.ru](http://special.kremlin.ru)

# FirmASIC: новое направление, новые рынки, новые возможности!

Печатается с разрешения журнала Chip News Украина (www.chipnews.com.ua)

**Артём Козлов (Украина, Киев)**

**Авторская технология компании CML Microcircuits для производства систем на кристалле под названием FirmASIC создана для успешной работы в широком диапазоне стандартных и заказных приложений. Ключевыми особенностями FirmASIC являются быстрая реализация проекта с минимальными рисками, низкая себестоимость, миниатюрность и непревзойдённая гибкость.**

Технология FirmASIC обеспечивает оптимальную комбинацию аналоговой и цифровой технологий, аппаратной части и памяти на одной платформе. Разработчику предлагается постоянно развиваемая линейка проверенных и неизменных платформ, каждая из которых имеет различные фиксированные и изменяемые функции.

Основная суть FirmASIC – это реализация систем на чипе с определёнными наборами функций, производительностью и стоимостью в самые короткие сроки для специальных целевых приложений.

Предлагая свои услуги по разработке и производству заказных микросхем, компания CML Microcircuits преследует сразу несколько целей.

Во-первых, FirmASIC – это новое направление деятельности компании, которое основательно дополняет стандартную номенклатуру выпускаемых микросхем для средств связи.

Во-вторых, это поиск и открытие новых рынков для продукции CML, а также поиск новых возможностей и новых функций для производимых изделий. При этом компания создаёт сильную и эффективную конкуренцию для производителей ASIC-, FPGA- и DSP-микросхем.

Основные развиваемые направления для применения технологии FirmASIC:

- проводная и беспроводная связь;
- промышленные средства управления;
- системы безопасности.

Благодаря технологии FirmASIC успешно реализовано множество стандартных, заказных и модифицированных приложений. Данный подход идеален для европейской бизнес-модели.

Компания CML Microcircuits выступает на рынке заказных систем на кристалле в качестве разработчика систем на кристалле без собственных производственных мощностей, поэтому она

имеет гибкий подход к производству с широким выбором технологических процессов, наиболее оптимальных по срокам производства и стоимости.

Среди производственных ресурсов компании CML имеются новейшие современные технологии, позволяющие реализовать самые сложные запросы заказчика. Однако в большинстве случаев наиболее востребованными ресурсами являются оптимизированные по цене производственные мощности.

Разработчики компании CML имеют богатый опыт работы с разнообразными технологиями производства микросхем, включая субмикронные, среди которых следует выделить следующие:

- *кремниевые подложки.* Они поставляются от ведущих мировых производителей, в список которых вошли известные компании из Европы и Дальнего Востока – UMC, X-FAB, AMS, TSMC, Dongbu, и др.;
- *КМОП.* Технологии производства комплементарных металло-оксидных полупроводников широко используются для реализации большого диапазона требований заказчика: от цифровых схем высокой плотности и производительности с возможным включением сложных IP-ядер до аналоговых и смешанных схем, включающих блоки обработки радиочастотного сигнала;
- *биполярная технология.* Для мощных аналоговых среднечастотных изделий (300...3000 кГц) или устройств с низким уровнем шума биполярная транзисторная технология является эффективным по стоимости решением;
- *биполярная КМОП-структура.* Данная технология применима в качестве эффективного по стоимости решения для среднечастотных ВЧ-уст-

ройств или других приложений, где преимущество отдаётся биполярным транзисторам (низкие уровни шумов, минимальные отклонения регулирования, большие плотности тока). Объединение результирующих свойств от применения биполярных и КМОП-транзисторов на одной подложке даёт в результате аналоговые схемы и структуры с уникальными возможностями, позволяющими работать с плотной и маломощной логикой;

- *SiGe.* Это также биполярный КМОП-процесс, но с хорошими высокочастотными свойствами германида кремния. Данная технология может использоваться не только для работы в гигагерцовом диапазоне, но и для маломощных приложений, работающих на более низких частотах. При этом аналоговые схемы могут быть оптимизированы с помощью SiGe-биполярных структур с использованием КМОП-транзисторов, что в результате позволяет получить высокоинтегрированные, маломощные устройства логики, которые выполнены на одной подложке.

## Исходные аппаратные средства

Ключевой особенностью проектов FirmASIC является применение исходных аппаратных платформ. Это многократно отработанные на практике средства, применение которых максимально снижает риски неудачи проектирования.

Компания CML Microcircuits в качестве базы нового проекта FirmASIC предоставляет целый ряд аппаратных исходников, каждый из которых содержит разный набор стандартных блоков. Все они оснащены аналоговым интерфейсом и работают в режиме низкого потребления (рис. 1).

Данные платформы делятся на два типа:

- на базе RAM-памяти – для этапа оценки изделия заказчиком и опытной партии;
- на базе ROM-памяти – для серийного производства.

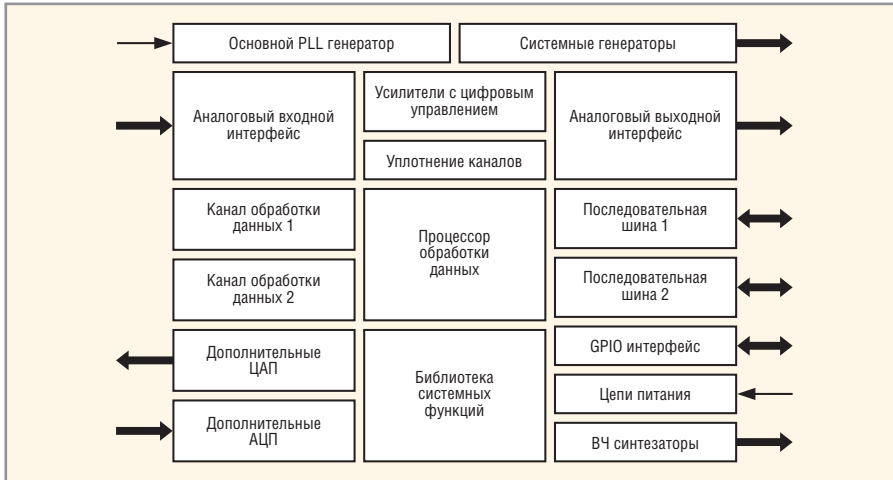


Рис. 1. Блок-схема стандартной аппаратной платформы FirmASIC

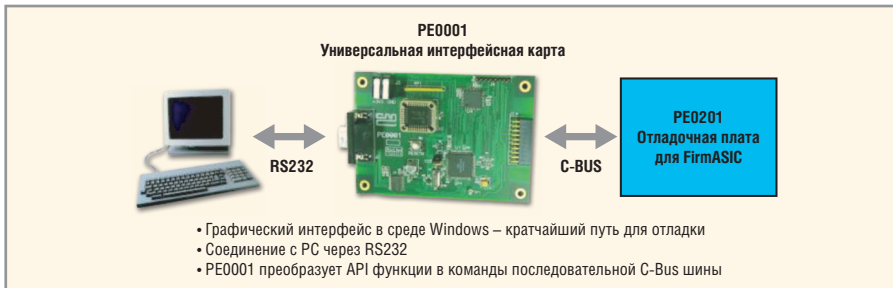


Рис. 2. Конфигурация отладочных плат для загрузки и отладки микросхемы с помощью компьютера

### ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ ФУНКЦИЙ FUNCTION IMAGE™

Компания CML Microcircuits обеспечивает своих заказчиков отлаженными библиотечными файлами для выполнения различных функций. Она поддерживает на своём сайте портал FirmASIC, в котором хранится библиотека типовых загрузочных файлов Function Image™, которые можно бесплатно скачать, загрузить в микросхему и начать работать с новыми функциями. Эти файлы представляют собой массивы 16-битных слов, оформленные как Си-подобные заголовочные файлы. Их можно загрузить как с микроконтроллера через C-Bus, так и напрямую из внешней памяти.

Время загрузки стандартного файла Function Image™ зависит от тактовой частоты шины. Например, при частоте шины C-Bus, равной 54 МГц, время загрузки составляет примерно 500 мс, а загрузка из внешней памяти при частоте Xtal, равной 6,144 МГц, занимает 1 с.

Для удобства пользователя компания CML предусмотрела отладочную плату, которая сопрягается с компьютером через дополнительную интерфейсную плату, которая, в свою очередь, подключена к компьютеру по RS232. Интерфейсная плата PE0001

преобразует API-функции в команды последовательной шины.

На рис. 2 показана конфигурация отладочных плат для загрузки и отладки микросхемы с помощью компьютера.

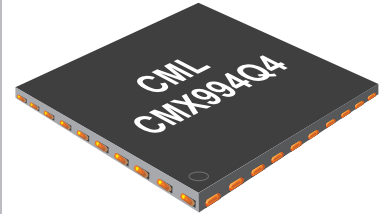
После загрузки файла программы в память FirmASIC получаем микросхему с необходимым набором функций. Таким образом, проекты FirmASIC имеют отличную программную гибкость на стадии проектирования или модернизации.

В библиотеке файлов Function Image™ содержатся следующие типы функций:

- функции схем модема для беспроводной связи – FFSK/MSK, GMSK/GFSK, C4FM, 4FSK, 8FSK;
- функции системы кодирования – Interleaving, FEC, CRC;
- функции схем проводных модемов – V.32bis, V.32, V.22bis, V.22/Bell 212A, V.23/Bell 202, V.21/Bell 103;
- функции передачи сигналов – модуляция одним тоном, DTMF, тон начала вызова, CLI, CIDCW, CTCSS, DCS, XTCSS, передача речевых сигналов;
- функции обработки речи – фильтрация, АРУ, компандирование, скремблирование, предсказание, устранение ВЧ-составляющей, плавное ограничение;
- функции измерения сигнала – обнаружение сигнала, усреднение, гистерезис;



## НОВЫЙ ТРАНСИВЕР С ПРЯМЫМ ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ ОТ CML MICROCIRCUITS!



- Прямое преобразование обеспечивает подавление зеркального канала
- Малозумящие усилители в составе микросхемы обладают регулируемым коэффициентом усиления
- ВЧ полоса демодулятора 100МГц 1ГГц
- Точное фильтрование baseband сигнала
- Компактный QFN корпус
- Напряжение питания 3,0-3,6 В
- Режим гетеродина с возможностью деления опорной частоты на 2, 4 и 6
- Выполнение в компактном корпусе Q4 (40-пиновый VQFN)

\* CML Microcircuits специализируется на проектировании и производстве маломощных аналоговых, цифровых и гибридных интегральных микросхем для телекоммуникационных систем.

www.macrogroup.ru

Макро Групп – официальный дистрибьютор CML Microcircuits в России.

С-Петербург тел.: (812) 370 60 70	Ростов-на-Дону тел.: (863) 227 03 93	Екатеринбург: тел.: (343) 379 03 68
Москва: тел.: (495) 388 02 72	Чебоксары тел.: (8352) 42 61 03	Резерв

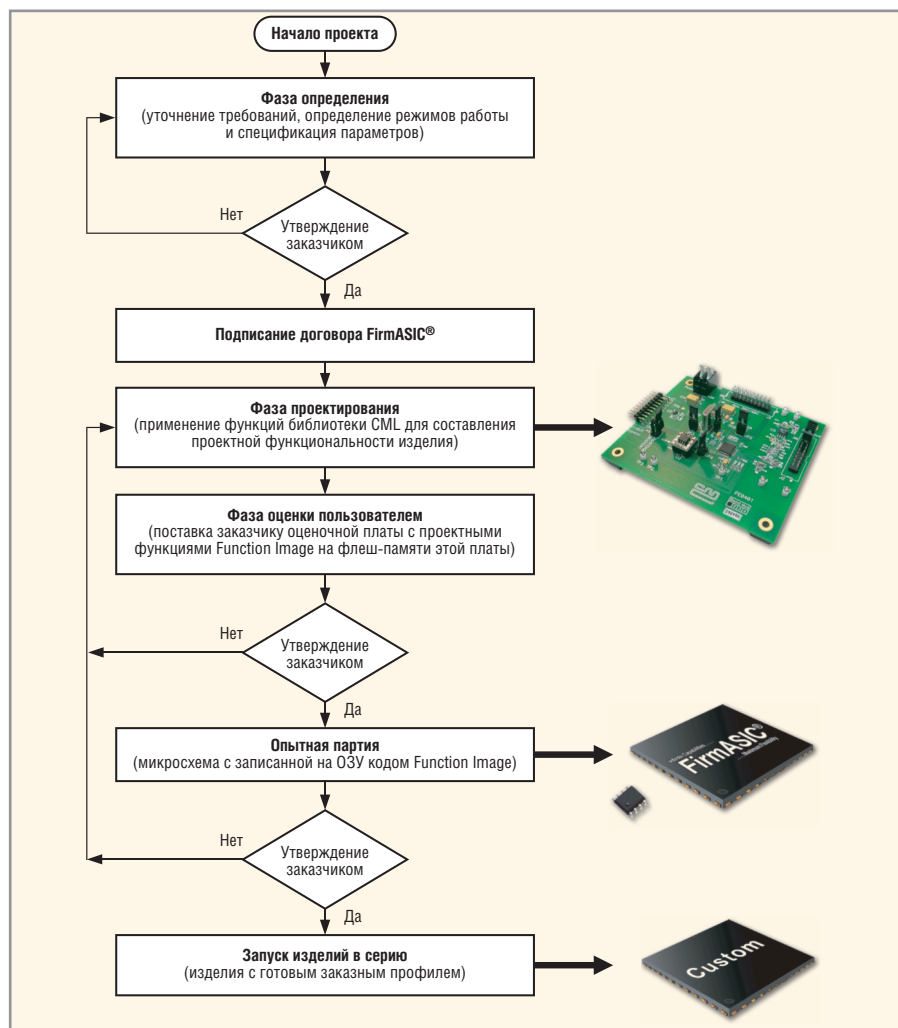


Рис. 3. Схема разработки нового изделия FirmASIC

- функции фильтрации – обширный выбор цифровых фильтров;
- заказные функции – специальные функции для различных приложений, определённые пользователями. CML Microcircuits уже выпускает несколько «гибких» процессоров, функции которых можно конфигурировать с помощью Function Image™:
- CMX7031 и CMX7041 – радиопроцессоры для приёмопередатчиков и аналоговых радиосистем. Микросхемы способны выполнять голосовые функции, передавать данные и оповещение. CMX7041 не содержит ВЧ-синтезаторов, которые есть у CMX7031. Причина в том, что совмещение в одном корпусе микросхемы блока синтезаторов и цифровой части может ухудшить общую селективность радиостанции. Поэтому CMX7041 предназначен для профессиональных решений, где внешние синтезаторы можно поместить в отдельный экранированный отсек;
- CMX7032 и CMX7042 – радиопроцессоры для реализации морского АИС-оборудования класса Б и др., которые

поддерживают протокол CSTDMA. Кроме стандартных узлов, данные микросхемы содержат два ограничителя-дискриминатора в передающем тракте для полудуплексного обмена данными, а также один АИС-тракт передачи с поддержкой синхронной или двухточечной модуляции. CMX7042 не содержит ВЧ-синтезаторов, которыми оснащена микросхема CMX7032;

- CMX7131 и CMX7141 – цифровые PMR-процессоры. Поддерживается ETSI dPMR-стандарт TS102-490 и обычное цифровое PMR-радио с каналами шириной 6,25 и 12,5 КГц;
- CMX7143 – многорежимный беспроводной модем для передачи данных, который включает в себя базовую аппаратную часть, общую для всех типов модемов, а схема модуляции определяется загружаемой пользователем программой из Function Image. Микросхема оснащена системой обнаружения синхронизации фреймов AFSD и RSSI-обработкой для LTB-приложений. Компания продолжает развивать семейство конфигурируемых процессоров. При этом не останавливается разви-

тие библиотеки файлов Function Image™, которая постоянно пополняется свежими решениями для разработчиков радиоэлектронных средств и программистов.

### ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ НОВОГО ИЗДЕЛИЯ FirmASIC

Проектирование специализированных микросхем проходит с использованием промышленных систем проектирования на базе Unix и Linux APM с программным обеспечением CadenceEDA. Временные рамки разработки нового изделия FirmASIC до выхода его в серию определяются в основном сложностью изделия и варьируются от нескольких недель до нескольких месяцев.

Разработка специализированной микросхемы состоит из следующих этапов.

1. Проектирование:
  - определение спецификации микросхемы;
  - проектирование микросхемы, утверждение заказчиком;
  - формирование топологии и проверка, последнее утверждение заказчиком.
2. Изготовление образцов:
  - разработка единичной подложки;
  - разработка многокристальной подложки;
  - производство образцов/прототипов;
  - оценка заказчиком и утверждение.
3. Производство:
  - опытное производство и разработка программы;
  - серийное производство;
  - отправка продукции.

Схема разработки нового изделия FirmASIC показана на рис. 3.

Как уже сообщалось выше, одной из целей CML Microcircuits является создание весомой конкуренции производителям специализированных микросхем (ASIC), цифровых сигнальных процессоров (DSP), программируемых матриц (FPGA) и базовых кристаллов (Gate Array). Основным преимуществом FirmASIC является оперативность разработки нового изделия, а значит, и сравнительно короткие сроки до начала серийного производства. Сравнительная характеристика различных технологий производства заказных ИМС приведена в таблице. Основные преимущества FirmASIC по сравнению с похожими предложениями следующие:

- быстрая реализация продукта (нет необходимости во множественных обработках подложки, доступность опытных образцов уже в течение 3 месяцев);
- высокая гибкость (доступность целого семейства аппаратных плат-

## Сравнительная характеристика различных технологий производства заказных ИМС

Технология	Затраты на проектирование	Себестоимость конечного продукта	Срок до начала серийного производства	Стоимость добавления или изменения функций	Возможность программного обновления	Специальные аналоговые функции	Габариты устройства
ASIC	Высокие	Низкая	Длительный (разработка + множество исправлений шаблона)	Высокая	Нет	Есть	Небольшие
Gate Array	Низкие	Низкая	Средний (разработка + множество исправлений шаблона)	Средняя (проектирование схемы + тестирование)	Нет	Нет	Большие
FPGA	Высокие, но для отладочных средств – низкие	Очень высокая	Средний (разработка + время отладки)	Средняя (проектирование схемы + тестирование)	Есть	Нет	Большие
DSP	Высокие, но для отладочных средств – низкие	Низкая	Длительный (разработка программы + её всестороннее тестирование)	Низкая/средняя (разработка кода и тестирование)	Есть	Нет	Большой
FirmASIC	Низкие	Низкая	Короткий	Низкая/нулевая	Есть	Есть	Небольшие

форм со специфическими функциями, наличие стандартной библиотеки программ Function Image™, а также возможность добавления заказных функций);

- низкая стоимость (небольшие единовременные затраты на проектирование, конкурентная конечная цена изделия, реальные возможности для небольших проектов с суммарным количеством изделий от 50 тыс. шт.);

- низкие риски (доступность исходных аппаратных платформ, проектирование проходит одновременно с тестированием заказчиком);
- работа на низкой мощности (заложена изначально в аппаратных платформах);
- миниатюрные корпуса (стандартные 32/64-выводные VQFN- или LQFP-корпуса).

Более подробную информацию о FirmASIC-технологии компании CML Microcircuits можно найти на сайте производителя – [www.cmlmicro.com](http://www.cmlmicro.com).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов С. Новая гибкая платформа для аналоговых радиостанций. Chip News Украина. 2006. № 1.
2. FirmASIC: New Direction, New Markets, New Opportunities. CML Microcircuits. ©

## Новости мира News of the World Новости мира

## Лампы накаливания уходят в прошлое

Toshiba останавливает массовое производство ламп накаливания, положив конец 120-летней производственной истории привычных всем ламп. Компания является крупнейшим производителем светотехнической продукции в Японии. Toshiba собиралась прекратить выпуск привычных нам ламп в следующем году, но перенесла дату на этот год. Дальнейшие планы компании – сфокусироваться на производстве более энергоэффективных продуктов на основе светодиодов, включая светодиоды белого свечения, которые уже теснят на рынке лампы накаливания.



Напомним, что в октябре 2009 г. министр экономического развития РФ Эльвира Набиуллина сообщила о предложении Правительства РФ запретить производство и продажу ламп накаливания. Запрет должен вступить в силу с 1 января 2014 г. Однако, как заявил помощник президента РФ Аркадий Дворкович, законодательно сроки фиксировать не предполагается. Помимо

этого известно, что рассматривается возможность запрета оборота ламп накаливания более 100 Вт уже со следующего года.

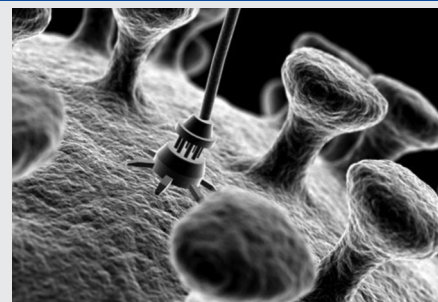
Однако в отличие от планов Toshiba, лампу накаливания в нашей стране, скорее всего, заменит ЭСЛ (энергосберегающая лампа). Они могут быть люминесцентными или галогенными. Преимущество перед традиционными лампами – пятикратная экономия электричества и в 6 – 12 раз более долгий срок службы. Эти несомненные плюсы уравновешиваются дороговизной.

*slashdot.org*

## США сдаёт позиции в нанотехнологиях

Если США не сделают ничего с текущим положением дел, касающихся нанотехнологий, то мировое лидерство выскользнет из их рук. Именно к такому выводу ведёт отчёт, попавший в четверг к президенту Соединённых Штатов Бараку Обаме.

Согласно отчёту, с 2003 по 2008 г. объём инвестиций – государственных и частных – увеличился в среднем на 18% в год, за рубежом – на 27%. Составители отчёта рекомендуют увеличивать финансирование, переманивать зарубежных специалистов в Америку и коммерциализировать индустрию нанотехнологий, – словом, ничего оригинального не посоветовали. Надо отметить, что отчёт охватывает весь спектр применения нанотехнологий, куда среди прочего входит производство новых видов материалов, медицина, электроника.



Пока США остаются крупнейшим игроком на рынке нанотехнологий, несмотря на отставание в темпах развития. В 2008 г. было инвестировано \$5,7 млрд. – больше, чем смогло вложить любое другое государство. На пятки стране «звёздно-полосатого флага» наступают Япония, Китай, Южная Корея и Европейский Союз. Максин Савитц (Maxine Savitz), возглавляющая группу National Nanotechnology Initiative, комментирует: «Несмотря на наше лидирующее положение, уровень экономического соперничества со стороны других стран очень сильно возрос».

Предполагается, что NNI, уже вложившая в нанотехнологии США \$12 млрд., увеличит инвестиции на 100% в течение ближайших пяти лет. Дело не только в том, какая страна «нанотехнологичней». Потеря лидерства для Соединённых Штатов может означать, что деньги на инвестирование уплывут за океан, а американским производителям придётся лицензировать технологии других стран и использовать материалы, произведённые за рубежом.

*dailytech.com*

**CREE**   
LED Light

430 лм @ 350 мА

114 лм @ 350 мА

107 лм @ 350 мА

139 лм @ 350 мА

**Области применения светодиодов:**  
архитектурная и ландшафтная подсветка,  
системы общего освещения,  
переносные прожекторы и фонари,  
подсветка витрин и рекламных щитов,  
уличное освещение.



**Ярче звезд**

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР CREE В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ**

**PROSOFT**®

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

Реклама



GE Enterprise Solutions Digital Energy

## Сочетание компактности и надёжности!

### Универсальные источники бесперебойного питания серии GT

- + Модели с выходными мощностями 6000 и 10 000 В·А
- + Технология двойного преобразования решает проблемы обеспечения надёжности электропитания
- + Напольное и стоечное исполнение корпуса: монтажные аксессуары входят в комплект поставки
- + Простая процедура замены батарей, не влияющая на питание нагрузки
- + Простая процедура подключения батарейных блоков для увеличения времени автономной работы
- + Удалённый мониторинг и управление при установке ИБП в местах ограниченного доступа
- + Широкий диапазон входных напряжений 85–276 В (176–276 В при 100% нагрузке)
- + Высота силового модуля 3U, высота батарейного блока 3U

#### Области применения:

системы безопасности, серверы, локальные вычислительные сети, телекоммуникационное оборудование, технологическое оборудование

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ GE DIGITAL ENERGY**

**PROSOFT**®

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

Реклама

**ХОРОШО ПОД СОЛНЦЕМ, ЕСЛИ ТЫ LITEMAX!**



- ЖК-дисплеи яркостью от 700 до 2200 кд/м<sup>2</sup>
- Размеры по диагонали от 6,4 до 52"
- Разрешение до 1680×1050 (WSXGA<sup>+</sup>)
- Угол обзора по вертикали и горизонтали 178°
- Модели для монтажа в панель управления и в настольном исполнении
- Поставляются ЖК-дисплеи со светодиодной подсветкой
- Возможна установка сенсорного экрана, защитного стекла

## Дисплеи сверхвысокой яркости

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ LITEMAX

**PROSOFT**<sup>®</sup>

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

Реклама

## ВАКУУМНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ДИСПЛЕИ

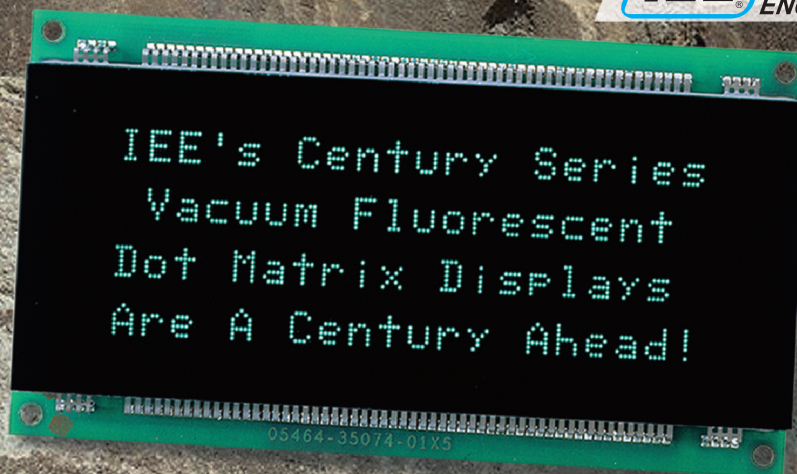
Яркость 600 кд/м<sup>2</sup>

Угол обзора 150°  
(конусный)

Встроенные  
контроллеры  
с последовательным  
и параллельным  
интерфейсом

Символы высотой  
5 и 9 мм

Температурный  
диапазон -40...+85°C



**ДЛЯ ЖЁСТКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ IEE

**PROSOFT**<sup>®</sup>

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

Реклама

# Имитаторы качества электрической энергии систем электроснабжения

**Александр Подолько (Москва)**

**В статье обсуждается проблема обеспечения надёжной работы современных технических средств в условиях воздействия помех и различных нестабильностей в сети электропитания. Предлагается моделирование воздействующих факторов при помощи комплекса имитации бортовой сети.**

Проблема обеспечения надёжной работы современных технических средств (ТС) в условиях воздействия помех и различных нестабильностей в сети электропитания всегда была актуальной. Существует большое число публикаций, посвящённых этой теме. Приняты и действуют отраслевые и государственные стандарты, которые регламентируют требования к качеству электрической энергии как в сети общего назначения, так и в автономных системах электроснабжения (СЭС) различных объектов. Разработаны и действуют отечественные и международные стандарты, в которых установлены требования и методы проверки ТС на соответствие качеству электропитания и электромагнитной совместимости (ЭМС).

Однако выполнение данных требований в полном объёме, с проведением испытаний ТС на восприимчивость к помехам в сети питания, до настоящего времени сдерживалось отсутствием аттестованного испытательного оборудования – имитаторов СЭС, которые обеспечивали бы моделирование всех необходимых показателей качества

электроэнергии (ПКЭ). Попытки создания такого оборудования неоднократно предпринимались отечественной промышленностью, но выпущенные образцы не находили широкого применения по разным причинам, в том числе и технического характера.

Технически проще всего реализуется имитация ПКЭ сети постоянного тока. Опытные образцы имитаторов авиационной СЭС 27 В постоянного тока ограниченной мощности в различное время выпускались отечественной промышленностью в виде лабораторных приборов, а некоторые модели до сих пор предлагаются на рынке.

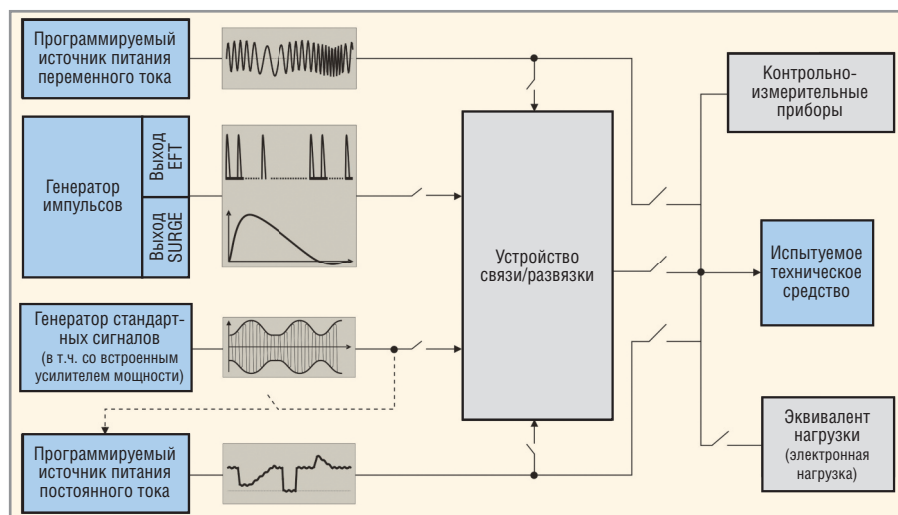
Моделирование для сети переменного тока всех необходимых изменений частоты питающего напряжения (установившиеся и переходные отклонения, модуляция), а также различных искажений формы напряжения с требуемым спектром гармонических составляющих является довольно сложной технической задачей. Поэтому часто для имитации сети переменного тока приходится использовать источники питания на основе элект-

ромашинных агрегатов, т.е. уникальное, нестандартное оборудование, которое не предназначено для широкого применения.

Развитие силовой электроники и появление на современном рынке программно-управляемых источников постоянного и переменного тока позволяет максимально просто и с наибольшей эффективностью решить проблему моделирования любого из показателей качества электроэнергии и создавать комплексы имитации практически любых СЭС.

Разработчикам аппаратуры предлагается несколько вариантов комплексов имитации систем электроснабжения (КИСЭС) в различной комплектации:

- «КИСЭС-Авиа» для проведения испытаний авионики, устанавливаемой на борт самолёта или вертолёт, на соответствие требованиям ГОСТ 19705-89, МУ-160, КТ-160, DO-160D;
  - «КИСЭС-Авто» для проведения испытаний аппаратуры, предназначенной для оснащения автомобилей и бронетанковой техники, на соответствие требованиям ГОСТ 28751-90, ГОСТ 21999-89;
  - «КИСЭС-Море» для проведения испытаний аппаратуры, устанавливаемой на борт кораблей и подводных лодок;
  - «КИСЭС-Связь» для проведения испытаний аппаратуры, предназначенной для оснащения передвижных пунктов связи, на соответствие ГОСТ РВ 51937-2002;
  - «КИСЭС-Космос» для проведения испытаний аппаратуры, предназначенной для установки на искусственные космические объекты.
- Структурно каждый комплекс состоит из следующего серийно выпускаемого оборудования (см. рисунок):
- программируемого источника питания, способного изменять выходное напряжение (частоту для источника переменного тока) в широких пределах, обеспечивая требуемые в нормативно-технической документации (НТД) параметры;
  - различных генераторов импульсных помех, обеспечивающих создание



Структурная схема комплексов имитации систем электроснабжения

импульсов напряжения в зависимости от требований НТД – амплитудой от 50 В до 10 кВ длительностью от 50 нс до 700 мкс;

- генератора гармонических помех;
- устройства связи/развязки для ввода в сеть питания импульсов напряжения и гармонических помех.

Программное управление комплексом обеспечивает автоматическую установку требуемых в НТД напряжений (частот) в сети электропитания, которые подаются на испытуемое ТС в заданной последовательности и длительности.

В качестве источников постоянного тока могут использоваться как модели на основе линейной стабилизации напряжения, так и с использованием импульсных методов преобразовании энергии.

Главными достоинствами источников питания на основе линейного стабилизатора напряжения является формирование очень чистого питания и возможность обеспечить очень быстрое (не более 200 мкс) программное изменение напряжения во всём выходном диапазоне. Эти свойства, в совокупности с прилагаемым программным обеспечением для построения кривых выходного напряжения, позволяют имитировать наложение на постоянное напряжение переменного напряжения с частотой до 2 кГц. Кроме того, существуют возможности «подмешивать» в питание мощной нагрузки гармонические колебания до 100 кГц, вырабатываемые обычным лабораторным маломощным генератором. Есть и другие, полезные для испытания аппаратуры функции, например, возможность кратковременной отдачи в цепь питания тока, в три раза превышающего номинальный (максимальный).

Комплексы имитации сети переменного тока строятся на основе программируемых источников питания как однофазных, так и чисто трёхфазных моделей с максимальной мощностью до 2250 Вт. Однофазные источники могут для увеличения мощности работать параллельно, а также их можно сконфигурировать в трёхфазные.

В режиме переменного тока эти программируемые источники питания позволяют выдавать любое напряжение питания от 0 до 300 В с частотой от 16 до 1000 Гц. Напряжение может быть модулировано как по амплитуде, так и

по частоте, а для трёхфазных источников может быть запрограммирован фазовый сдвиг, изменяемый во времени, и разбаланс напряжений в различных фазах. Также возможно получение переменного напряжения со сдвигом на постоянную составляющую.

Набор устройств генерации импульсных и гармонических помех для разных типовых вариантов комплектации мало зависит от рода тока имитируемой сети, скорее – от требований НТД. В одних случаях используются вышеописанные возможности источников питания, в других – стандартные лабораторные генераторы в комплексе с широкополосными высокочастотными усилителями мощности, в третьих случаях – генераторы высоковольтных импульсов и мощные генераторы гармонических помех.

Генераторы высоковольтных импульсов и мощные генераторы гармонических помех формируют помехи, нормированные по форме, частоте и амплитуде согласно международной системе стандартов ЭМС для электросетей общего назначения. Форма, частота и амплитуда допустимых помех, регламентированная

отраслевыми (точнее, «видовыми») стандартами, часто отличаются от сигналов, вырабатываемых серийно выпускаемыми генераторами. Например, импульсы напряжения, возникающие в электросети общего назначения, имеют длительность 100 мкс, а в авиационной СЭС по ГОСТ 19705-89 – 10 мкс. Используя различные схемы согласования («рассогласования»), аттенюаторы и дополнительные нагрузки, можно преобразовывать формы импульсов одного стандарта в импульсы другого стандарта.

Компактность и удобство пользования комплексом имитации бортовой сети позволяет использовать его на всех стадиях жизненного цикла ТС: от разработки до приёмо-сдаточных испытаний, а также при аттестации серийно выпускаемой продукции, в том числе и зарубежной.

В заключение следует добавить, что поставляемые комплексы имитации бортовых сетей, как правило, аттестовываются с участием 32-го ГНИИИ МО на возможность проведения испытаний ТС в соответствии с требованиями, установленными в конкретной НТД. ©



125363, Россия, Москва, ул. Фабрициуса, д.30  
Тел./факс: (495) 225-67-37 <http://www.test-expert.ru>

**ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМ И ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ**

**Комплекс имитации бортовых систем электроснабжения**

Программируемые источники питания переменного тока		Имитация всех допустимых нормативными документами нестабильностей напряжения (частоты) сети
Программируемые источники питания постоянного тока		
Генераторы импульсов		Имитация высоковольтных импульсных помех
Генераторы стандартных сигналов ( в т.ч. со встроенным усилителем мощности)		Имитация пульсации напряжения и высших гармонических составляющих в кривой напряжения
Согласующие устройства связи/развязки		Развязка основного питания и сигналов помехи
Эквиваленты нагрузки (электронные нагрузки)		Настройка и проверка параметров импульсных воздействий
Контрольно-измерительные приборы		Документирование воздействующих на испытуемое техническое средство процессов

**Приглашаем Вас посетить наш стенд № F19, Павильон № 1, Зал № 3 на выставке «Экспоэлектроника - 2010»**

Реклама

# Объединительные платы и системы Hartmann Elektronik



**Елена Жмуровская, Марина Блюм (Москва)**

Статья знакомит с продукцией ведущего немецкого производителя объединительных плат Hartmann- Elektronik, более подробно останавливаясь на объединительных платах семейства CompactPCI-Express.

Hartmann Elektronik – ведущий немецкий производитель высококачественных объединительных плат стандартного образца и по индивидуальному проекту заказчика. Компания была основана в 1971 г. Основное направление – разработка и проектирование объединительных плат и их систем в сборе. Hartmann Elektronik – одна из первых компаний, которые стали производить объединительные платы в технике запрессовки. В 90-х годах производство было автоматизировано за счёт высокопроизводительных установок пайки, автомата запрессовки с ЧПУ и линий установки компонентов для поверхностного монтажа (SMD). С января 2002 г. Hartmann Elektronik принадлежит известной во всём мире компании Phoenix Mecano Gruppe.

В настоящее время полностью автоматическое тестовое оборудование Hartmann Elektronik гарантирует высочайшее качество продукции. Производство Hartmann Elektronik расположено в Германии. Производство и тестирование системных плат на собственном заводе позволяет Hartmann Elektronik предлагать потребителям как стандартные продукты, так и полностью индивидуальные системы, в том числе и малые серии по очень привлекательным ценам.

В последние годы рынок объединительных плат сильно изменился. Всё большее количество клиентов желают получить предварительно смонтированные системы с базовой несущей конструкцией (конструктив), блоком питания и объединительной платой. Это способствовало превращению Hartmann Elektronik в партнёра по системному оборудованию.

Более тридцати лет Hartmann Elektronik занимается разработкой и изготовлением электронных систем и является профессионалом в следующих направлениях:

- разработка стандартных объединительных плат;
- производство объединительных плат форматов: CompactPCI, CompactPCI Express, CompactPCI 2,16, VME, VME64x, VPX, VXS, VXI;
- производство плат по индивидуальному заказу;
- производство 19-'' системообразующих платформ с источниками питания и системой вентиляции;
- производство электронных комплектующих (MPS);
- производство PCI-системы расширения.

Глобальная интеграция электронных систем в разнообразных приложениях позволяет применять продукцию Hartmann Elektronik в следующих отраслях:

- телекоммуникации;
- промышленные компьютеры;
- авиация и космонавтика;
- общественный транспорт: автомобильный, водный, железнодорожный;
- измерительные, испытательные и контрольные приборы;
- оборонная промышленность;
- медицинские технологии;
- производство локомотивов, метро, трамваев;
- радиолокационные приборы;
- электронное управление светофорами.

Преимуществами компании Hartmann Elektronik являются:

- производство широкого спектра стандартных объединительных плат (ATCA, VME, VME64x, CPCI, CPCI2,16, CPCI Express, VPX, VXS, VXI и т.д.);

- возможность мелкосерийного производства;
- большой опыт разработки и производства объединительных плат под заказ;
- полная сборка и комплектация готовых систем;
- высокое качество производимой продукции.

Рассмотрим более подробно линейку объединительных плат CompactPCI-Express как пример продукции Hartmann Elektronik.

## ОБЪЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ПЛАТЫ COMPACTPCI-EXPRESS

CompactPCI-Express – новая система, в которой передача данных происходит последовательно, а не параллельно. Это позволяет достичь более высокой скорости передачи данных. Применяемое программное обеспечение для PCI/CPCI-систем не влияет на скорость запуска CompactPCI-Express.

Новые объединительные платы CompactPCI-Express имеют два моста на лицевой стороне:

- мост CPCI к CPCI-Express,
- мост CPCI-Express к CPCI.

В данной конфигурации мы имеем гибридную объединительную плату. Можно использовать как CompactPCI-карты, так и CompactPCI-Express-карты в одной системе.

Компания Hartmann Elektronik является для своих партнеров не только производителем объединительных плат, но и поставщиком решений для интегрированных систем со стандартными или выполненными под заказ объединительными платами, источниками питания, вентиляционной системой, соединительными кабелями и индивидуальными корпусами.

Дистрибьютором продукции Hartmann Elektronik в России является компания РТД-Универсал.



**www.rtd-universal.ru**  
**Тел.: (499) 271-6657**

## Новости мира News of the World Новости мира

### QuantumFilm – революционный сенсор изображения?

Стартап-компания InVisage Technologies, которая специализируется на поиске новых способов захвата света и преобразования его в электрический сигнал, заявила о разработке новой технологии QuantumFilm. Эта технология предусматривает использование новых полупроводниковых материалов, а сенсоры на её основе являются первыми созданными в коммерческих целях датчиками изображения на базе квантовых точек. Сенсоры QuantumFilm предназначены для установки в мобильные устройства, такие как телефоны и смартфоны.

Среди особенностей новых сенсоров – в четыре раза более высокая по сравнению с другими датчиками изображения чувствительность, увеличенный в два раза динамический диапазон и профессиональные функции, которые, как отмечают разработчики, ранее не встречались в сенсорах такого класса. Первая партия сенсоров QuantumFilm ожидается на рынке уже в этом году.

Технология QuantumFilm разрабатывалась компанией InVisage на протяжении нескольких лет под руководством известного в своей области учёного и технического директора InVisage Тэда Саржента (Ted Sargent). Как уже отмечалось выше, технология основана на квантовых точках – полупроводниках с уникальными свойствами по захвату света. InVisage потратила около трёх лет на разработку полупроводникового материала, который не только обеспечивает высокую чувствительность, но и совместим со стандартными КМОП-техпроцессами.

По мнению президента InVisage Джесса Ли (Jess Lee), сегодня всё труднее совершенствовать датчики изображения на основе традиционных технологий, поскольку кремний уже практически исчерпал себя в этой области. Фундаментальная проблема в том, что кремний не позволяет эффективно захватывать свет, но до сих пор это было единственным доступным для серийных продуктов решением. В среднем сенсоры на базе кремния захватывают всего около 25% света. Для датчиков на базе нового материала этот показатель составляет 90...95%. Новая технология дебютирует в сегменте сенсоров для мобильных телефонов, но в будущем QuantumFilm может затронуть и другие рынки, включая камеры наблюдения, фототехнику для военных целей, компакт-

ные цифровые камеры, цифровые автомобильные системы.

Тонкая плёнка из материала на основе квантовых точек накладывается непосредственно на полупроводниковую пластину. В отличие от традиционных технологий, таких как BSI (back-side illumination) и FSI (front-side illumination), QuantumFilm обеспечивает стопроцентное покрытие каждого пиксела. Как отмечают разработчики, новую технологию можно легко запустить в производство на стандартном оборудовании.

*InVisage*

### Dell обвинила пять фирм – изготовителей ЖК-панелей в сговоре

Компания Dell начала судебное разбирательство с пятью азиатскими изготовителями ЖК-панелей: японские фирмы Sharp, Hitachi, Toshiba, Seiko Epson и тайваньскую компанию HannStar.



В иске, поданном в федеральный окружной суд Сан-Франциско, американская компания предъявила обвинение своим поставщикам в сговоре с целью фиксации цен на ЖК-панели. Представитель Dell не назвал сумму ущерба, пообещав предъявить её в ходе судебного процесса.

Представители фирм-ответчиков Sharp и Hitachi воздержались от комментариев по поводу данного иска, в то время как фирмы Toshiba и Epson сообщили, что до сих пор занимаются изучением предъявленных претензий.

Следует отметить, что с подобным иском в октябре прошлого года выступил соевый оператор AT&T, обвинивший в сговоре с целью удержания фиксированных цен на ЖК-панели целый ряд компаний, в число которых вошли LG Display, Sharp, AU Optronics, Chunghwa Picture Tubes, HannStar Display и Samsung. Иск был подан в тот же окружной суд, и трём фирмам (Sharp, LG и Chunghwa Picture Tubes) уже присудили выплату многомиллионных штрафов.

*news.softpedia.com*

### EUV-литография доступна не всем чипмейкерам

Сегодня при изготовлении современных интегральных схем все кристаллы проходят процесс фотолитографии. Эта процедура является одним из самых сложных и ответственных этапов во всей цепочке технологического процесса. Но самое главное – развитие интегральных микросхем, а именно их миниатюризация, невозможна без параллельного развития процесса литографии. И главное здесь – применение излучения со всё меньшей длиной волны. Сегодня стандартом является применение лазерного излучения с длиной волны 193 нм, но очевидно, что в недалеком будущем необходимо переходить на иное оборудование, работающее с электромагнитным излучением с ещё меньшей длиной волны. Одним из вариантов развития технологии изготовления интегральных микросхем является переход на так называемый глубокий ультрафиолет.

По современным оценкам, с помощью нового процесса литографии можно будет изготавливать интегральные микросхемы с проектной нормой 22 нм (переход на этот техпроцесс должен состояться в 2011 г.), а в будущем нас ждёт освоение и 16-нм техпроцесса с применением EUV-литографии. Однако приобрести соответствующее технологическое оборудование смогут далеко не все компании-производители. Всё дело в том, что его стоимость очень велика. На данный момент стоимость EUV-сканера, разработка которого ещё даже не завершена, оценивается в \$86,9 млн. По некоторым оценкам, стоимость полностью готового оборудования будет превышать отметку в \$100 млн. Не стоит забывать, что для серийного изготовления интегральных микросхем чипмейкеру необходимо приобретение не одной, а нескольких машин. В случае больших объёмов выпуска количество станков может исчисляться десятками.

Впрочем, крупнейшие производители интегральных микросхем не могут отказать себе в удовольствии приобрести даже столь дорогостоящее технологическое оборудование. Согласно имеющимся сведениям, заказы на EUV-сканеры уже разместили Samsung, Intel, Toshiba, TSMC, Hynix и IMEC.

Пока технология литографии с применением глубокого ультрафиолета требует доработки. Дело в том, что для столь прогрессивной техники требуется использование более прогрессивного фоторезиста, бездефектных масок и средств измерения. Без этого переход на повсеместное применение EUV-технологии попросту невозможен.

*eetimes.com*

# Параметрическая идентификация математической модели электропривода

Владимир Чуйков, Александр Семерников (Ростовская обл.)

Рассматривается алгоритм идентификации математической модели электропривода для случая, когда его передаточную функцию можно представить в виде последовательного соединения двух инерционных и одного интегрирующего звеньев. Описана структурная схема алгоритма, представлены результаты моделирования.

## ВВЕДЕНИЕ

При решении задач синтеза и оптимизации в процессе разработки современных систем автоматического управления (САУ) важным элементом является наличие математической модели (ММ) объекта управления (ОУ), описывающей этот объект как можно более точно. Это позволяет целенаправленно выполнять проектирование и разработку эффективных алгоритмов управления.

Точная копия математической модели редко известна на практике. Задача облегчается в том случае, если имеется структура модели, хотя значения её параметров изменяются в процессе работы системы. В качестве примера можно привести работу САУ на борту летательного аппарата [1]. Здесь структура системы известна, а значения параметров ММ заданы для номинальных условий эксплуатации (температуры, влажности, отсутствия агрессивной среды и т.п.).

Однако при изменении высоты полёта существенно изменяются условия работы САУ, например, температура на борту летательного аппарата. Это приводит к изменению сопротивления обмоток двигателей ОУ и, следовательно, к вариациям «электромеханических» постоянных времени передаточной функции; загустение смазки в меха-

низмах ведёт к дополнительному изменению динамических свойств приводов.

В такой ситуации процедуру идентификации можно рассматривать как задачу уточнения параметров ММ ОУ по экспериментальным данным в зависимости от условий его эксплуатации.

В терминах теории анализа электрических цепей задача идентификации достаточно исследована, и её решение в основном сводится к анализу переходной функции электрической цепи при подаче на её вход единичного скачка тестирующего напряжения [2].

В качестве примера приведены [3] эпюра и выражение для переходной характеристики  $b(t) = k[t - T(1 - \exp(-t/T))]$  интегрирующего звена с замедлением с передаточной функцией

$$W(p) = \frac{k}{(Tp+1)p},$$

которая, как известно, соответствует передаточной функции электропривода с коэффициентом передачи  $k$  и электромеханической постоянной времени  $T$  при использовании его простейшей модели.

Из соотношения для  $b(t)$  следует, что отрезок, отсекаемый асимптотой переходной функции на оси времени, равен  $T$ , а угол наклона асимптоты пропорционален арктангенсу  $k$ .

На этом принципе построены известные процедуры идентификации [1, 4], которые сводятся к анализу напряжения  $z(t)$  на выходе датчика углового положения (ДУП), жёстко связанного с выходным валом электропривода, при воздействии на вход разомкнутого электропривода тестирующего напряжения  $x(t)$ . Однако в

этом случае возможна идентификация только самой простейшей ММ электропривода.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В данной статье рассматривается алгоритм определения коэффициента передачи по угловой скорости  $K_{ЭМ}$  и постоянных времени  $T_1, T_2$  для более сложной ММ привода, когда его передаточную функцию по углу  $W_{пр}(p)$  можно представить в виде:

$$W_{пр}(p) = \frac{K_{ЭМ}}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)p}. \quad (1)$$

Структурная схема алгоритма представлена на рисунке 1, где:  $z(t)$  и  $y(t)$  – отклики на выходах датчиков углового положения (ДУП) и угловой скорости (ДУС) соответственно на скачок напряжения  $x(t)$  с амплитудой  $A$ ;  $T_1^*, T_2^*$  – оценки первой и второй постоянных времени электропривода соответственно;  $K_{ЭМ}^*$  – оценка коэффициента передачи по угловой скорости электропривода;  $W_{ДУП}(p)$  и  $W_{ДУС}(p)$  – передаточные функции датчиков углового положения и угловой скорости соответственно. Для упрощения выкладок полагается, что  $W_{ДУП}(p) = 1$  и  $W_{ДУС}(p) = 1/p$ .

Процедура идентификации сводится к тому, что на вход разомкнутого электропривода подаётся скачок напряжения, а в ЭВМ выполняется совместный анализ откликов  $z(t)$  и  $y(t)$  после их предварительного аналого-цифрового преобразования.

Рассмотрим предлагаемый алгоритм идентификации подробнее. Анализ структурной схемы показывает, что при использовании описания передаточной функции привода в виде (1) отклик  $y(t; K_{ЭМ}; A; T_1; T_2)$  (переходная характеристика по скорости) описывается соотношением:

$$y(t; K_{ЭМ}; A; T_1, T_2) = \Omega_{ном} \left\{ \frac{T_1}{T_2 - T_1} e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{T_2}{T_2 - T_1} e^{-\frac{t}{T_2}} + 1 \right\}, \quad (2)$$

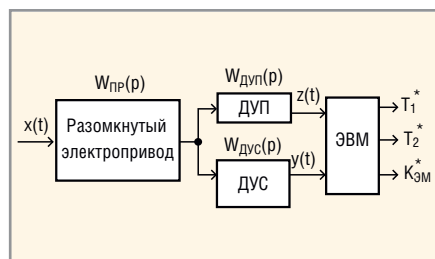


Рис. 1. Структурная схема алгоритма идентификации электропривода

где  $\Omega_{\text{НОМ}} = K_{\text{ЭМ}} A$  – номинальное (установившееся) значение скорости вращения вала электропривода.

Из выражения (2) следует:

- сохранив в памяти ЭВМ значения  $y(t; K_{\text{ЭМ}}; A; T_1; T_2)$  в диапазоне скоростей, лежащих от нуля до её установившегося значения, можно, кроме оценки установившегося значения скорости  $\Omega_{\text{НОМ}}^*$ , определить оценку времени  $t_{\text{уст}}^*$ , при котором скорость вращения двигателя достигает  $0,95\Omega_{\text{НОМ}}^*$ ;
- оценку коэффициента передачи по скорости  $K_{\text{ЭМ}}^*$  тестируемого электропривода в соответствии с вышесказанным можно произвести по формуле:

$$K_{\text{ЭМ}}^* = \frac{\Omega_{\text{НОМ}}^*}{A}. \quad (3)$$

Анализ структурной схемы также показывает, что  $z(t; K_{\text{ЭМ}}; A; T_1; T_2)$  (переходная характеристика по угловому положению) описывается соотношением:

$$z(t; K_{\text{ЭМ}}; A; T_1; T_2) = K_{\text{ЭМ}} A \left\{ \frac{-T_1^2}{T_2 - T_1} e^{-\frac{t}{T_1}} + \frac{T_2^2}{T_2 - T_1} e^{-\frac{t}{T_2}} - T_2 - T_1 + t \right\}. \quad (4)$$

Из формулы (4) следует, что для зависимости асимптоты  $P(t; K_{\text{ЭМ}}; A; T_1; T_2)$  функции  $z(t; K_{\text{ЭМ}}; A; T_1; T_2)$  можно записать [5]:

$$P(t; K_{\text{ЭМ}}; A; T_1; T_2) =$$

$$= z(t; K_{\text{ЭМ}}; A; T_1; T_2)|_{t \rightarrow \infty} = K_{\text{ЭМ}} A \{t - (T_2 + T_1)\}. \quad (5)$$

Отсюда можно сделать вывод, что если определено уравнение асимптоты переходной характеристики по углу, то из него может быть найдена оценка постоянной времени  $\tau_2^*$ , где  $\tau_2 = T_1 + T_2$ . Действительно, из (5) следует, что  $\tau_2$  определяется как значение момента времени  $t = T_2 + T_1$ , при котором функция  $P(t; K_{\text{ЭМ}}; A; T_1; T_2)$  равна нулю (точка пересечения асимптоты с осью абсцисс).

Дополнительно проведённые исследования показали, что с методической ошибкой, не превышающей нескольких процентов, для определения  $\tau_2^*$  вместо уравнения асимптоты можно использовать уравнение касательной к функции  $z(t)$ , построенной по результатам экспериментов в точке  $(t_{\text{уст}}, z(t_{\text{уст}}))$ .

Далее, для реализации предлагаемого алгоритма необходимо выполнить аппроксимацию записанной в памяти ЭВМ характеристики  $y(t; K_{\text{ЭМ}}; A; T_1; T_2)$  тестируемого привода вспомогательной аппроксимирующей функцией  $y_{\text{апп}}(t; \tau_2^*; d; K_{\text{ЭМ}}^*)$ , где  $d$  – некоторый единственный определяемый в процессе оптимизации вспомогательный параметр.

Определим выражение

$$y_{\text{апп}}(t; \tau_2^*; d; K_{\text{ЭМ}}^*),$$

являющееся описанием отклика на выходе ДУС на  $x(t)$ , для случая, когда вместо  $W_{\text{пр}}(p)$  используется эквивалентная ей передаточная функция

апериодического звена второго порядка  $W_{\text{пр}}^A(p)$  [6]:

$$W_{\text{пр}}^A(p) = \frac{K_{\text{ЭМ}}}{p(\tau_1^2 p^2 + \tau_2 p + 1)}, \quad (6)$$

где

$$\tau_2 = T_1 + T_2, \tau_1 = \frac{\tau_2}{2d}, a d > 1. \quad (7)$$

Тогда из рисунка 1 следует, что в этом случае отклик ДУС в операторной форме имеет вид [6]:

$$Y_{\text{апп}}(p) = \frac{A K_{\text{ЭМ}}}{p(\tau_1^2 p^2 + \tau_2 p + 1)}. \quad (8)$$

С учётом (7) соотношение (8) можно записать следующим образом:

$$Y_{\text{апп}}(p) = \frac{4d^2 A K_{\text{ЭМ}}}{\tau_2^2 p \left( p^2 + \frac{4d^2}{\tau_2} p + \frac{4d^2}{\tau_2^2} \right)}. \quad (9)$$

Разложим  $Y_{\text{апп}}(p)$  на простейшие дроби [3]:

$$Y_{\text{апп}}(p) = \frac{4d^2 A K_{\text{ЭМ}}}{\tau_2^2} \times \left( \frac{D}{p} + \frac{B}{p - p_1} + \frac{C}{p - p_2} \right), \quad (10)$$

где  $p_1$  и  $p_2$  – корни уравнения

$$p^2 + \frac{4d^2}{\tau_2} p + \frac{4d^2}{\tau_2^2} = 0. \quad (11)$$

Нетрудно показать, что из (10) и (11) следует:



**ПРОМТЕХ**



**SOURIAU**

## ЗАО «Промтехкомплект»

Сертифицированное производство соединителей по спецификации MIL-DTL-38999 Series III (в коде 8D) фирмы Souriau



- Соединители, широко применяемые в авиакосмической области
- Минимальные сроки поставки
- Низкая стоимость
- Постоянный контроль качества



Реклама

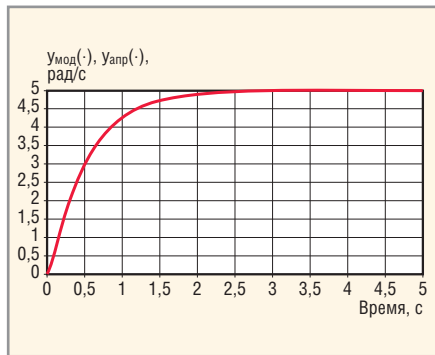


Рис. 2. Эксперимент 1

Переходная характеристика по скорости  $y_{\text{мод}}(\cdot)$  для модели тестируемого привода с  $K_{\text{ЭМ}} = 5,0$ ;  $T_1 = 0,05$  с;  $T_2 = 0,50$  и аппроксимирующая кривая  $y_{\text{апп}}(\cdot)$  с  $K_{\text{ЭМ}}^* = 5,0$ ;  $\tau_2^* = 0,542094$  с практически сливаются

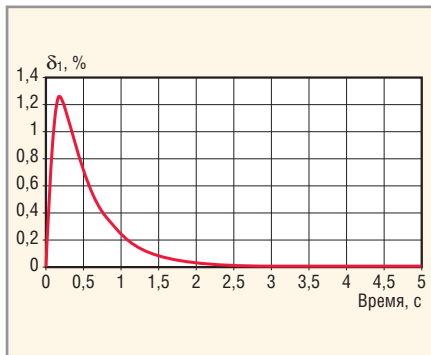


Рис. 3. Эксперимент 1

Относительная текущая ошибка между переходной характеристикой по скорости  $y_{\text{мод}}(\cdot)$  для модели тестируемого привода с  $K_{\text{ЭМ}} = 5,0$ ;  $T_1 = 0,05$  с;  $T_2 = 0,5$  с и аппроксимирующей кривой  $y_{\text{апп}}(\cdot)$  с  $K_{\text{ЭМ}}^* = 5,0$ ;  $\tau_2^* = 0,542094$  с

$$Y_{\text{апп}}(p) = \frac{4d^2 AK_{\text{ЭМ}} [p^2(D+B+C) - p(D(p_1+p_2) + Bp_2 + Cp_1) + Dp_1p_2]}{\tau_2^2 p(p-p_1)(p-p_2)}, \quad (12)$$

$$\text{где } p_1 = \frac{2d^2}{\tau_2} \left( -1 + \sqrt{1 - \frac{1}{d^2}} \right),$$

$$p_2 = \frac{2d^2}{\tau_2} \left( -1 - \sqrt{1 - \frac{1}{d^2}} \right). \quad (13)$$

Приравнивая коэффициенты при одинаковых степенях  $p$  в числителе (12), получим систему из трёх уравнений для определения  $D, B, C$ :

$$\begin{cases} D+B+C=0; \\ D(p_1+p_2)+Bp_2+Cp_1=0; \\ Dp_1p_2=1. \end{cases} \quad (14)$$

Решив систему уравнений (14), с учётом (13) получим:

$$D = \frac{\tau_2^2}{4d^2}, \quad B = \frac{\tau_2^2}{2d^2} \left( \frac{-1 - \sqrt{1 - \frac{1}{d^2}}}{\sqrt{1 - \frac{1}{d^2}}} \right),$$

$$C = \frac{\tau_2^2}{8d^2} \left( \frac{1 - \sqrt{1 - \frac{1}{d^2}}}{\sqrt{1 - \frac{1}{d^2}}} \right). \quad (15)$$

В итоге для  $Y_{\text{апп}}(p)$  получим:

$$Y_{\text{апп}}(p) = AK_{\text{ЭМ}} \left[ \frac{1}{p} - \frac{1 + \sqrt{1 - \frac{1}{d^2}}}{2\sqrt{1 - \frac{1}{d^2}}} \frac{1}{\left( p - \frac{4d^2}{\tau_2} \left( -1 + \sqrt{1 - \frac{1}{d^2}} \right) \right)} + \frac{1 - \sqrt{1 - \frac{1}{d^2}}}{2\sqrt{1 - \frac{1}{d^2}}} \frac{1}{\left( p - \frac{2d^2}{\tau_2} \left( -1 - \sqrt{1 - \frac{1}{d^2}} \right) \right)} \right]. \quad (16)$$

Перейдя к оригиналу, для аппроксимирующей функции получим:

$$y_{\text{апп}}(t; \tau_2^*; d; K_{\text{ЭМ}}^*) = K_{\text{ЭМ}} A \left[ 1 - \frac{1 + \sqrt{1 - \frac{1}{d^2}}}{2\sqrt{1 - \frac{1}{d^2}}} \exp\left( -\frac{2d^2}{\tau_2^*} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{d^2}} \right) t \right) + \frac{1 + \sqrt{1 - \frac{1}{d^2}}}{2\sqrt{1 - \frac{1}{d^2}}} \exp\left( -\frac{2d^2}{\tau_2^*} \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{1}{d^2}} \right) t \right) \right]. \quad (17)$$

Особенностью выражения (17) является то, что параметр  $d$  – един-

ственное неизвестное. Поэтому (17) удобно использовать для аппрокси-

мации записанной в памяти ЭВМ разгонной характеристики тестируемого привода.

В результате аппроксимации определяется значение  $d = d_0$  функции  $y_{\text{апп}}(t; \tau_2^*; d; K_{\text{ЭМ}}^*)$ , при котором средний квадрат ошибки между  $y(t; K_{\text{ЭМ}}; A; T_1; T_2)$  и  $y_{\text{апп}}(t; \tau_2^*; d; K_{\text{ЭМ}}^*; A)$  на всём анализируемом интервале времени  $\{0, t_{\text{уст}}\}$  будет минимальным.

Сравнение (2) и (17) показывает, что оценки постоянных времени  $T_1^*$  и  $T_2^*$  и параметры  $\tau_2^*$  и  $d_0$  связаны формулами:

$$T_1^* = \frac{\tau_2^*}{2d_0^2 \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{1}{d_0^2}} \right)},$$

$$T_2^* = \frac{\tau_2^*}{2d_0^2 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{d_0^2}} \right)}, \quad (18)$$

которые используются для определения  $T_1^*$  и  $T_2^*$  по найденным значениям  $\tau_2^*$  и  $d_0$ .

### МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА

Для проверки работоспособности алгоритма, в пакете программ *Matlab* проводилось математическое моделирование его работы в такой последовательности:

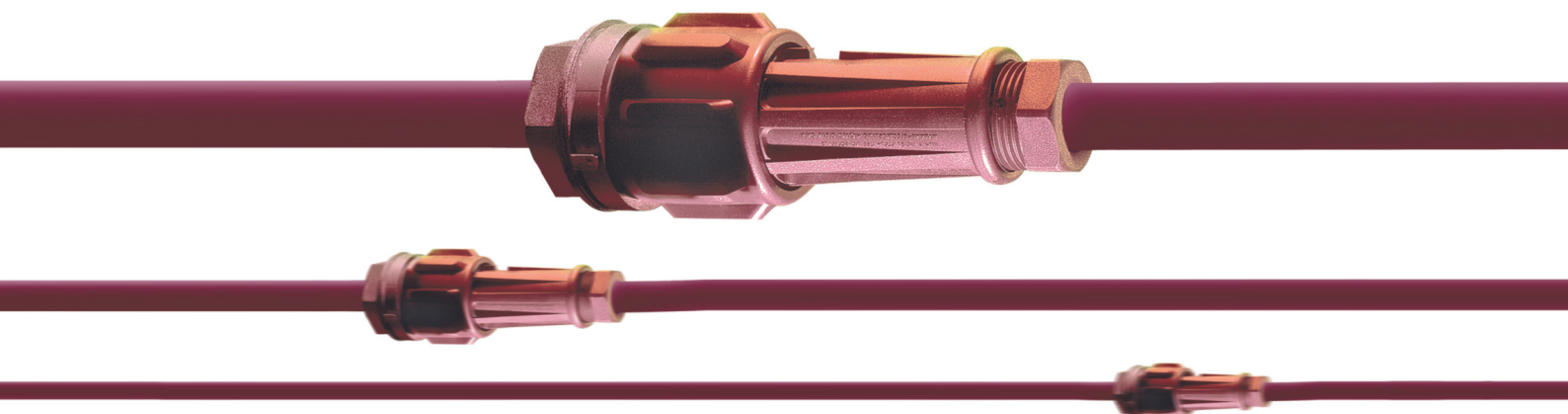
1. Была создана имитационная модель тестируемого электропривода. Для этого были заданы постоянные времени  $T_1, T_2$  и коэффициент передачи по скорости  $K_{\text{ЭМ}}$  модели, а также амплитуда  $A$  тестирующего напряжения;
2. По формуле (2) для заданных  $T_1, T_2$  и  $K_{\text{ЭМ}}$  была рассчитана переходная характеристика модели тестируемого двигателя по скорости  $y_{\text{мод}}(t; K_{\text{ЭМ}}; A; T_1; T_2)$ ;

$$y_{\text{мод}}(t; K_{\text{ЭМ}}; A; T_1; T_2) = K_{\text{ЭМ}} A \left\{ \frac{T_1}{T_2 - T_1} e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{T_2}{T_2 - T_1} e^{-\frac{t}{T_2}} + 1 \right\}. \quad (19)$$

3. По характеристике  $y_{\text{мод}}(t; K_{\text{ЭМ}}; A; T_1; T_2)$  были определены значения  $t_{\text{уст}}^*$  и  $K_{\text{ЭМ}}^*$ ;
4. По формуле (4) для заданных  $T_1, T_2, K_{\text{ЭМ}}$  была рассчитана переходная характеристика модели тестируемого двигателя по угловому положению  $z_{\text{мод}}(t; K_{\text{ЭМ}}; A; T_1; T_2)$ ;

# Взрывозащищённые соединители Explora

**B BULGIN**



## Надёжная защита



**НЕФТЬ**  
ОГНЕОПАСНО



**ВЗРЫВООПАСНО**



**ГАЗ**  
ОГНЕОПАСНО



Количество контактов: 2, 3, 4, 5, 7, 10  
Электрические характеристики: 10...18 А, 250...600 В AC/DC  
Рабочая температура: -20...+50°C  
Степень защиты: IP68  
Взрывозащищённость: для зон 2 и 22

**PROSOFT**<sup>®</sup>

Телефон: +7 (495) 232-2522  
E-mail: [info@prochip.ru](mailto:info@prochip.ru)  
Web: [www.prochip.ru](http://www.prochip.ru)

Таблица 1. Результаты проведения эксперимента 1

Параметры эксперимента 1	Значение параметров эксперимента 1
Отношение постоянных времени, $T_1/T_2$	0,1
Значение первой постоянной времени $T_1$ , с	0,050
Значение оценки первой постоянной времени $T_1^*$ , с	0,041
Относительная погрешность измерения первой постоянной времени в первом эксперименте $\gamma_{11^*}$ , %	1,8
Значение второй постоянной времени $T_2$ , с	0,50
Значение оценки второй постоянной времени $T_2^*$ , с	0,501
Относительная погрешность измерения второй постоянной времени в первом эксперименте $\gamma_{12^*}$ , %	0,6
Оценка суммы значений первой и второй постоянных времени $\tau_2^*$ , с	0,542094
Оценка коэффициента передачи по скорости привода $K_{ЭМ}^*$ , рад/(сВ)	5,0
Значение параметра d0 для первого эксперимента $d_{01}$	1,893
Максимальное значение относительной текущей ошибки между разгонными кривыми имитационной модели привода и аппроксимирующей кривой для первого эксперимента $\delta_1$ , %	1,25%

Таблица 2. Результаты проведения эксперимента 2

Параметры эксперимента 2	Значение параметров эксперимента 2
Отношение постоянных времени, $T_1/T_2$	0,4
Значение первой постоянной времени $T_1$ , с	0,200
Значение оценки первой постоянной времени $T_1^*$ , с	0,196
Относительная погрешность измерения первой постоянной времени во втором эксперименте $\gamma_{21^*}$ , %	2,0
Значение второй постоянной времени $T_2$ , с	0,500
Значение оценки второй постоянной времени $T_2^*$ , с	0,497
Относительная погрешность измерения второй постоянной времени во втором эксперименте $\gamma_{22^*}$ , %	0,6
Оценка суммы значений первой и второй постоянных времени $\tau_2^*$ , с	0,693169
Оценка коэффициента передачи по скорости привода $K_{ЭМ}^*$ , рад/(сВ)	5,0
Значение параметра d0 для первого эксперимента $d_{02}$	1,110
Максимальное значение относительной текущей ошибки между разгонными кривыми имитационной модели привода и аппроксимирующей кривой для первого эксперимента $\delta_2$ , %	0,54%

Таблица 3. Результаты проведения эксперимента 3

Параметры эксперимента 3	Значение параметров эксперимента 3
Отношение постоянных времени, $T_1/T_2$	0,600
Значение первой постоянной времени $T_1$ , с	0,300
Значение оценки первой постоянной времени $T_1^*$ , с	0,289
Относительная погрешность измерения первой постоянной времени во втором эксперименте $\gamma_{31^*}$ , %	3,7
Значение второй постоянной времени $T_2$ , с	0,500
Значение оценки второй постоянной времени $T_2^*$ , с	0,502
Относительная погрешность измерения второй постоянной времени во втором эксперименте $\gamma_{32^*}$ , %	4,0
Оценка суммы значений первой и второй постоянных времени $\tau_2^*$ , с	0,790136
Оценка коэффициента передачи по скорости привода $K_{ЭМ}^*$ , рад/(сВ)	5,0
Значение параметра d0 для первого эксперимента $d_{03}$	1,038
Максимальное значение относительной текущей ошибки между разгонными кривыми имитационной модели привода и аппроксимирующей кривой для первого эксперимента $\delta_3$ , %	0,75%

5. По значениям  $z_{\text{мод}}(t; K_{ЭМ}; A; T_1; T_2)$  определена зависимость касательной  $P(t; K_{ЭМ}; A; T_1; T_2)$  к функции  $z_{\text{мод}}(t; K_{ЭМ}; A; T_1; T_2)$  в точке  $(t_{\text{уст}}, z(t_{\text{уст}}))$ ;

6. Из уравнения  $P(t; K_{ЭМ}; A; T_1; T_2)$  определена оценка постоянной времени  $\tau_2^*$ ;

7. Выполнена аппроксимация разгонной характеристики  $y_{\text{мод}}(t; K_{ЭМ}; A; T_1; T_2)$  имитационной модели тестируемого привода аппроксимирующей функцией  $y_{\text{апп}}(t; \tau_2^*; d; K_{ЭМ}^*)$ , в результате чего найдено значение  $d_0$ ;

8. По найденным значениям  $\tau_2^*$  и  $d_0$  в соответствии с формулами (18) определены  $T_1^*$  и  $T_2^*$  модели тестируемого привода.

В процессе моделирования были выполнены три эксперимента, которые отличались значениями постоянных времени  $T_1$  и  $T_2$  имитационной модели тестируемого электропривода. Амплитуда напряжения  $A$  во всех экспериментах задавалась равной 1 В, коэффициент передачи по скорости  $K_{ЭМ}$  составлял 5 рад/(сВ).

Результаты проведения первого эксперимента, где для имитационной модели привода задавалось  $T_1 = 0,05$  с при  $T_2 = 0,50$  с, представлены на рисунках 2 и 3 и в таблице 1.

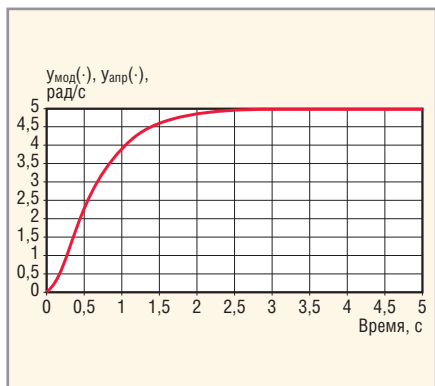
Результаты проведения второго эксперимента, где для имитационной модели привода задавалось  $T_1 = 0,20$  с при  $T_2 = 0,50$  с, представлены на рисунках 4 и 5 и в таблице 2.

Результаты проведения третьего эксперимента, где для имитационной модели привода задавалось  $T_1 = 0,30$  с при  $T_2 = 0,50$  с, представлены на рисунках 6 и 7 и в таблице 3.

## Выводы

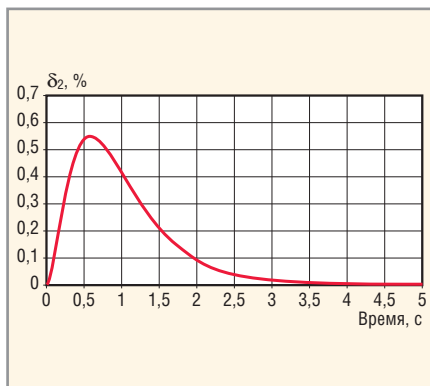
Результаты проверки работоспособности алгоритма в процессе его моделирования с использованием имитационной модели позволяют сделать следующие выводы:

- при уменьшении разности между постоянными времени привода относительная погрешность идентификации возрастает;
- максимальная относительная погрешность определения постоянных времени в достаточно широком диапазоне значений отношения постоянных времени не превышает 4%;
- максимальное значение относительной текущей ошибки между



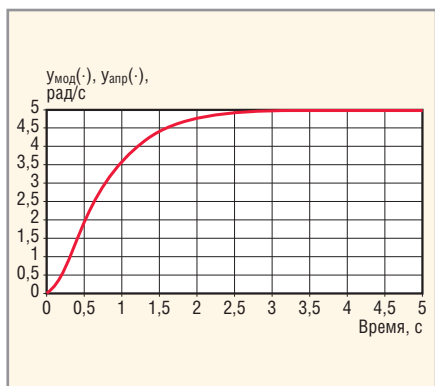
**Рис. 4. Эксперимент 2**

Переходная характеристика по скорости  $U_{\text{мод}}(\bullet)$  для модели тестируемого привода с  $K_{\text{ЭМ}} = 5,0$ ;  $T_1 = 0,2$  с;  $T_2 = 0,5$  с и аппроксимирующая кривая  $U_{\text{апр}}(\bullet)$  с  $K_{\text{ЭМ}}^* = 5,0$ ;  $\tau_2^* = 0,542094$  с практически сливаются



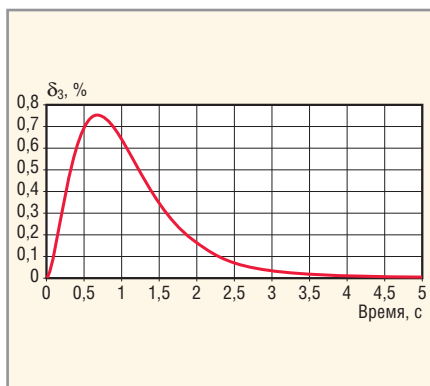
**Рис. 5. Эксперимент 2**

Относительная текущая ошибка между переходной характеристикой по скорости  $U_{\text{мод}}(\bullet)$  для модели тестируемого привода  $U_{\text{мод}}(\bullet)$  с  $K_{\text{ЭМ}} = 5,0$ ;  $T_1 = 0,2$  с;  $T_2 = 0,5$  с и аппроксимирующей кривой  $U_{\text{апр}}(\bullet)$  с  $K_{\text{ЭМ}}^* = 5,0$ ;  $\tau_2^* = 0,693169$  с



**Рис. 6. Эксперимент 3**

Переходная характеристика по скорости  $U_{\text{мод}}(\bullet)$  для модели тестируемого привода с  $K_{\text{ЭМ}} = 5,0$ ;  $T_1 = 0,3$  с;  $T_2 = 0,50$  с и аппроксимирующая кривая  $U_{\text{апр}}(\bullet)$  с  $K_{\text{ЭМ}}^* = 5$ ;  $\tau_2^* = 0,790136$  с практически сливаются



**Рис. 7. Эксперимент 3**

Относительная текущая ошибка между переходной характеристикой по скорости  $U_{\text{мод}}(\bullet)$  для модели тестируемого привода с  $K_{\text{ЭМ}} = 5,0$ ;  $T_1 = 0,3$  с;  $T_2 = 0,5$  с и аппроксимирующей кривой  $U_{\text{апр}}(\bullet)$  с  $K_{\text{ЭМ}}^* = 5,0$ ;  $\tau_2^* = 0,790136$  с

разгонными кривыми для имитационной модели тестируемого привода и аппроксимирующей кривой в выбранном при моделировании диапазоне отношений постоянных времени не превышает 1,25%;

- погрешность определения коэффициента передачи привода определяется временем расчёта переходного процесса. Если это время пятикратно превышает время установления переходного процесса, то погрешность определения коэффициента передачи не превышает 1%;
- предлагаемый алгоритм идентификации электропривода для случая, когда его математическая модель представима в виде последовательного соединения передаточных функций двух инерционных и одного интегрирующего звеньев, позволяет с достаточной для практического применения точностью опре-

делять коэффициент передачи по угловой скорости электропривода и обе постоянные времени.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Методы классической и современной теории автоматического управления. Т. 2: Статистическая динамика и идентификация систем автоматического управления. Под ред. К.А. Путькова, Н.Д. Егутова. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004.
2. Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники: Линейные электрические цепи. Лань, 2008.
3. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. Профессия, 2004.
4. Дейч А.М. Методы идентификации динамических объектов. Энергия, 1979.
5. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. Лань, 2009.
6. Красовский А.А., Поспелов Г.С. Основы автоматизации и технической кибернети-



**Зачем платить больше!**

**Коммерческие источники питания для военной техники**

*Низкая стоимость и короткие сроки поставки при соответствии военным стандартам*

**Основные характеристики DC/DC-преобразователей серии МТС:**

- Диапазон входных напряжений 15,5...40 В
- Выходные напряжения от 3,3 до 28 В
- Выходные мощности от 5 до 150 Вт
- Диапазон рабочих температур от -55 до +100°C (основание корпуса)
- Электромагнитные помехи соответствуют требованиям MIL-STD-461E
- Импульсное перенапряжение и помехоустойчивость в соответствии с MIL-STD-1275A/B/C, 704A-F
- Стойкость к внешним воздействующим факторам в соответствии с требованиями MIL-STD-810F
- Сервисные функции: синхронизация частоты преобразования, дистанционное включение/выключение, регулировка выходного напряжения, внешняя обратная связь



**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ XP POWER**



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

# MathSpice – аналитический PSpice-движок для OrCAD и MicroCAP.

## Расчёт функциональных схем в MathSpice

**Олег Петраков (Москва)**

**Функциональными блоками можно описать практически любую задачу, в том числе и не электрического типа. Это позволяет использовать MathSpice для аналитического решения разнообразных задач по физике и теории систем автоматического управления.**

Малевич поразил мир своим чёрным квадратом. Однако инженеры давным-давно знакомы с чёрным ящиком. Чёрный ящик имеет входы, выходы и передаточную функцию, при этом неважно, как, собственно, он устроен. Практически все электронные устройства являются для нас чёрными ящиками. Так, обозначение транзистора есть лишь мнемоническое изображение типа передаточной функции, в основе которой лежит физика твёрдого тела. Любую физическую систему, и не только электрическую, можно изобразить в виде комбинации чёрных ящиков и связей между ними. При формировании схемы для аналитического расчёта в MSpice вы можете использовать стандартные библиотеки функциональных блоков и математических функций OrCAD или MicroCAP. Это позволяет использовать одну и ту же схему и для симуляции и для получения аналитического решения.

### Малосигнальная схема замещения операционного усилителя

Поддержка стандартных библиотек OrCAD и MicroCAP позволяет использовать те же самые методы разработки проектов, что и для PSpice. При этом можно получать либо аналитический результат (в MSpice), либо численный, запустив симуляцию в OrCAD или MicroCAP. Единственное условие: не надо без особой надобности нарушать правила PSpice при создании схемы проекта. Однако эти правила часто приходится нарушать. Если вы вместо номиналов и позиционных обозначений запишете символы и формулы, что допустимо для MSpice, то PSpice откажется что-либо считать, ему нужны только числа. По мере накопления опыта удаётся так строить схемы, чтобы

при необходимости можно было «делать откат» и возвращаться к числам. Это можно сделать через блок ввода параметров – PARAMETERS. В основном это требуется, если вы хотите параллельно контролировать достоверность ваших аналитических расчётов при помощи PSpice, что весьма быстро и эффективно по сравнению с какими-либо другими способами. В этом случае вы можете быть достаточно уверены в правильности ваших расчётов.

Давайте проанализируем малосигнальную схему замещения ОУ (рис. 1). Это типовая структура, которая лежит в основе многих библиотечных макромоделей CMOS ОУ фирмы Simens. Моя личная потребность в изучении этой схемы была вызвана желанием использовать эту очень удачную макромодель для синтеза макромоделей ОУ других разработчиков, в том числе и отечественных, по их паспортным данным.

Составим и решим систему уравнений Кирхгофа:

```
> restart:read(`m:/PMAPLE/ESolver.m`);with(MSpice):
ESolve(Q,`LMC6484/CMOSOP-PSpice-Files/SCHEMATIC1/SCHEMATIC1.net`):
```

$$\begin{aligned} & \frac{V_{40}-V_{39}}{R_6}-(V_{39}-V_{29})sC3=0, \\ & -\frac{V_9}{RO}+0,044165V_6-0,044165V_5=0, \\ & (V_6-V_5)sC4-\frac{V_5-V_{101}}{R_3}+ \\ & +0,00177V_4-0,000177V_{104}=0, \\ & -0,000354V_4+0,000177V_{104}+ \\ & +0,000177V_7+I1=0, \\ & -(V_6-V_5)sC4-\frac{V_6+V_{101}}{R_4}+ \end{aligned}$$

$$+0,000177V_{104}-0,000177V_7=0,$$

$$-\frac{V_{15}}{R_{12}}-V_{15}sC5+0,001V_9=0,$$

$$(V_{39}-V_{29})sC3-\frac{V_{29}}{R_5}+$$

$$+0,5666710^{-5}V_{18}=0,$$

$$\frac{V_4-V_{100}}{R_{16}}-\frac{V_4-V_{39}}{R_6}-$$

$$-0,016667V_{29}=0,$$

$$\frac{V_{17}-V_{16}}{R_1}+0,281210^{-7}V_{102}+$$

$$+0,281210^{-7}V_{104}=0,$$

$$(V_{19}-V_{18})sC2-\frac{V_{18}}{R_{14}}+0,001V_{15}=0,$$

$$-\frac{V_{19}}{R_{15}}-(V_{19}-V_{18})sC2=0,$$

$$-\frac{V_{17}}{sL2}-\frac{V_{17}-V_{16}}{R_1}=0,$$

$$V_7=V_{102}+0,00075+V_{16},$$

$$\{V_{16}, V_{17}, V_4, V_5, V_{15}, V_{18}, V_6, V_9, V_{29}, V_{40}, V_7, V_{39}, V_{19}\}.$$

```
MSpice v8.52:
http://pspicelib.narod.ru
Заданы источники: [V100, V101,
I1, V102, V104]
Заданы узлы: {V2, V1, V50, V99}
Получены решения:
V_NET:=[V16, V40, V18, V29, V39,
V17, V15, V19, V9, V4, V5, V6, V7]:
J_NET:=[JR14, JR15, JR12, JV100,
JR16, JV104, JV102, JC3, JR5,
JC2, JR1, JV101, JL2, JR6, JC4,
J1, JR3, JR4, JRO, JC5]:
```

Выходным узлом схемы замещения ОУ является узел V40. Источник входного сигнала VINP. Тогда получим выражение для передаточной функции ОУ:

```
> H:=V40/VINP:
```

Для получения аналитических выражений нулей и полюсов функции VOUT вводим:

```
> PoleZero(VOUT,f):
```

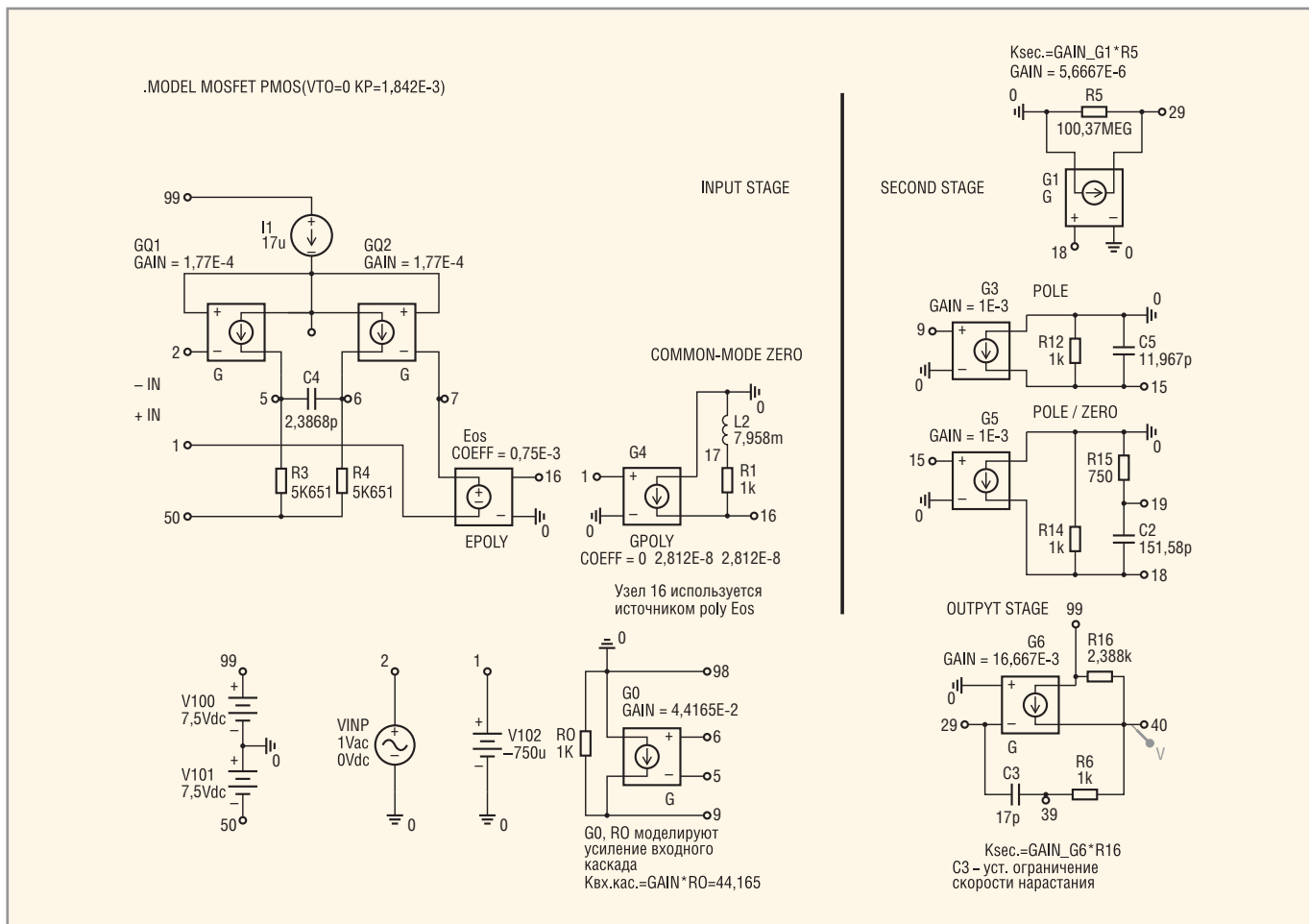


Рис. 1. Малосигнальная схема замещения операционного усилителя

Мы покажем только формулы для расчёта полюсов, поскольку формулы для нулей получились очень большими. Исходный листинг этого расчёта без сокращений можно скачать с сайта журнала.

$$F_{\_Pole_1} = \frac{0,1591549430I}{R12C5}$$

$$F_{\_Pole_2} = \frac{0,1591549430I}{C4(R3+R4)}$$

$$F_{\_Pole_3} = \frac{0,1591549430I}{C2(R14+R15)}$$

$$F_{\_Pole_4} = \frac{159154,9430I}{C3(0,1107R5 + 1667R5R16 + 0,1107R16 + 0,1107R6)}$$

Вводим номиналы элементов:

```
> Values (AC,RLCVI, []);
C3:=17e-12: [17p]
R5:=100.37e6: [100.37MEG]
R15:=750: [750]
R16:=2.388e3: [2.388k]
C2:=151.58e-12: [151.58p]
R1:=1e3: [1k]
L2:=7.958e-3: [7.958m]
R6:=1e3: [1k]
```

```
R12:=1e3: [1k]
C4:=2.3868e-12: [2.3868p]
R14:=1e3: [1k]
R3:=5.651e3: [5.651k]
R4:=5.651e3: [5.651k]
RO:=1e3: [1k]
```

```
C5:=11.967e-12: [11.967p]
DC источник: V102:=-750e-6: AC:
V102:=0:
DC источник: V101:=7.5: AC:
V101:=0:
AC источник: V104:=0: AC:
```

# ТРИТОН

## электронные компоненты

**MICROCHIP**

**NXP**  
Founded by Philips

**AMPIRE**

### Поставка электронных компонентов:

- Microchip
- NXP
- Ampire
- Заказные индикаторы
- Программаторы «Тритон»

119415, Москва, ул. Удальцова, д. 23 • (495) 668-26-46 • triton@trt.ru • www.trt.ru

Реклама

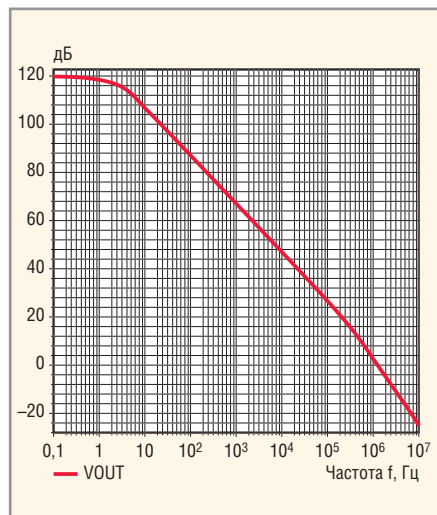


Рис. 2. АЧХ передаточной функции

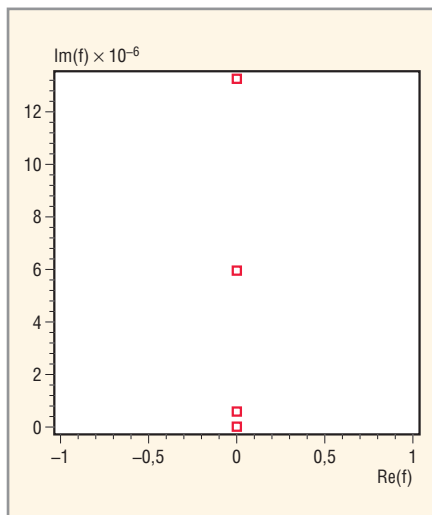


Рис. 3. Карта полюсов

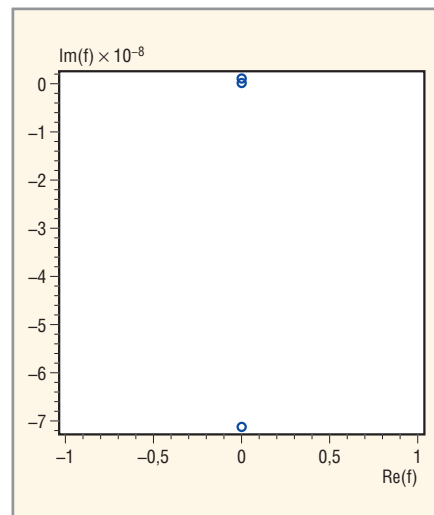


Рис. 4. Карта нулей

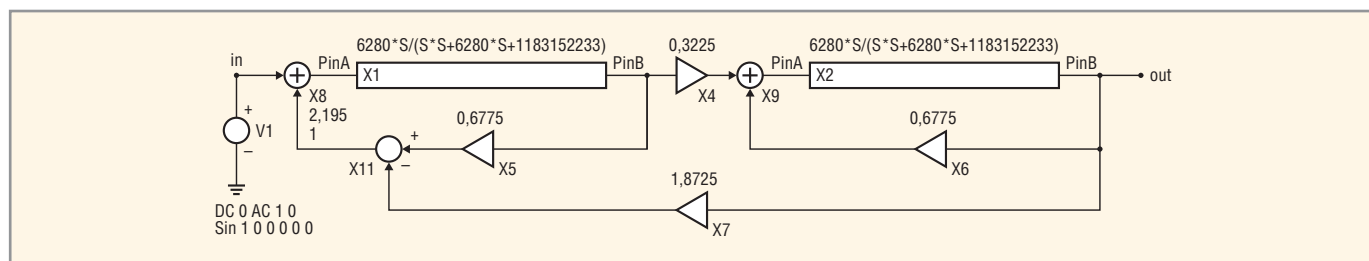


Рис. 5. Функциональная схема полосового фильтра

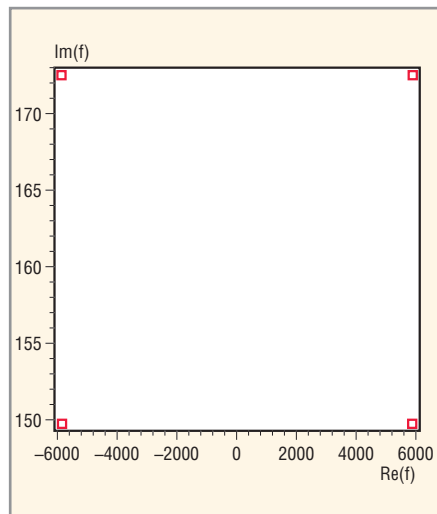


Рис. 6. Карта полюсов H(f)

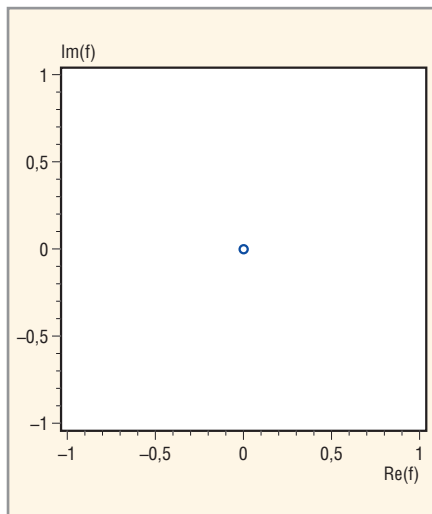


Рис. 7. Карта нулей H(f)

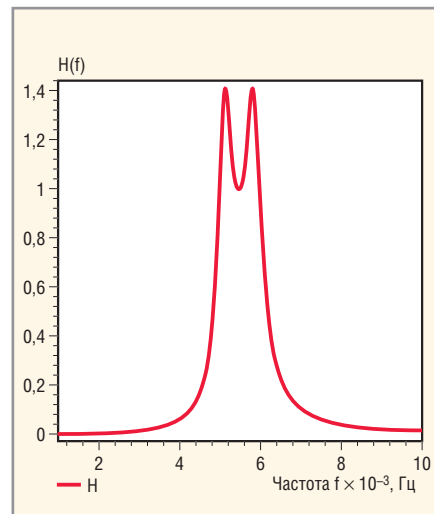


Рис. 8. АЧХ фильтра [H]

```
V104:=1: Pphase(degrees):=0:
DC источник: I1:=17e-6: AC:
I1:=0:
DC источник: V100:=7.5: AC:
V100:=0:
```

Теперь получим выражение для передаточной функции и значения нулей и полюсов в численном виде:

```
> H:=H; PoleZero(H,f):
```

$$VOUT := \frac{1,010^{-38} (-1,2910^{43} s - 9,9610^{49} - 1,7910^{35} s^2 + 4,0810^{25} s^3)}{(8,6110^{-23} s^3 + 1,0710^{-14} s^2 + 3,0510^{-7} s + 1)(69500s + 1,010^6)}$$

- $F\_Zero_1 = 9,906538455 \times 10^6 I,$
- $F\_Zero_2 = 1,400066200 \times 10^6 I,$
- $F\_Zero_3 = -7,095599087 \times 10^8 I,$
- $F\_Pole_1 = 5,983496802 \times 10^5 I,$
- $F\_Pole_2 = 1,329423664 \times 10^7 I,$
- $F\_Pole_3 = 2,2899991811,$

$$F\_Pole_4 = 5,886250964 \times 10^6 I.$$

Построим АЧХ передаточной функции (рис. 2), карту полюсов (рис. 3) и нулей (рис. 4), для чего вводим:

```
> HSF([H], f=0.1..1e7, "Рис. 2 semi [H] dB ");
> PlotPZ(H, f, "3");
```

### РАСЧЁТ ПОЛОСОВОГО ФИЛЬТРА В MICROCAP

Рассмотрим типовую задачу синтеза фильтра (рис. 5). Лёгкость, с которой можно оперировать блоками схемы, формулами и графиками, способствует созданию самых сложных фильтров. Во главу угла теперь ставится понимание как универсальный ключ для любых задач. Грандиозная экономия времени на расчётных работах позволяет с головой погрузиться в изучение

фундаментальных проблем выбранной темы, что наверняка приведёт к синергетическим эффектам.

Составим и решим систему уравнений Кирхгофа:

```
> restart: with(MSpice):
ESolve(Q, `L1.СКТ`);
```

$$\begin{aligned}
 V_{10} &= V_6 - V_8, \\
 V_5 &= 0,322V_2, \\
 V_6 &= 0,6775V_2, \\
 V_7 &= 0,6775V_{out}, \\
 V_8 &= 1,8726V_{out}, \\
 V_3 &= V_5 + V_7, \\
 V_1 &= 2,195V_1\_PULSE + V_{10}, \\
 V_2 &= \frac{6280V_1s}{s^2 + 6280s + 1183152233}, \\
 V_{out} &= \frac{6280V_3s}{s^2 + 6280s + 1183152233},
 \end{aligned}$$

{V3, Vout, V1, V5, V2, V6, V7, V8, V10}.

MSpice v8.52:

http://pspicelib.narod.ru

Заданы источники: [V1\_PULSE]

Заданы узлы: {Vin}

Получены решения:

V\_NET:=[V10, V1, Vout, V3, V5, V2, V6, V7, V8];

$$H := \frac{2,791810^7 s^2}{(s+1084,3-36909I)(s+940,96-32028I)(s+940,96+32028I)(s+1084,3+36909I)}.$$

Найдём частотную передаточную функцию в ноль-полосном виде:

$$K := \frac{-70723 f^2}{(f-5874-172,5I)(f-5097-150I)(f+5097-150I)(f+5874+172,5I)}.$$

Построим карту частотных полюсов (рис. 6) и частотных нулей (рис. 7).

```
> PlotPZ(H, f, "6) H(f)");
```

J\_NET:=[JV1\_SIN];

Найдём операторную передаточную функцию в ноль-полосном виде:

```
H:=converth(Vout/Vin,s,FPP);
```

```
> K:=converth(converth(H, f), f, FPP);
```

В заключение построим АЧХ передаточной функции (рис. 8), для чего вводим:

```
> HSF([H], f=1e3..10e3, "Рис. 8. АЧХ фильтра, [H].");
```



## Новости мира News of the World Новости мира

### Начал работу завод Sharp по производству солнечных элементов

В начале недели компания Sharp запустила производство тонкоплёночных солнечных элементов на новом заводе, построенном в производственном комплексе Sharp Green Front Sakai.



Завод будет выпускать тонкоплёночные солнечные элементы со стеклянной подложкой размером 1000 × 1400 мм. Благодаря применению тонкоплёночных кремниевых слоёв, располагающихся на стеклянной подложке, расход кремния в выпускаемых панелях снижается в 100 раз по сравнению с традиционными солнечными панелями из кристаллического кремния. К тому же производство по новой технологии проще, что также положительно скажется на себестоимости производства.

Как отмечают аналитики, тонкоплёночные солнечные элементы пользуются устойчивым, постоянно растущим спросом по всему миру, в особенности для применения в крупных фотоэлектрических энергетических системах.

В пресс-релизе компании сказано, что новый завод должен стать эталоном для будущих заводов компании, которые будут строиться в разных регионах мира. Первоначально комплекс в Сакае ежегодно будет выпускать солнечные элементы общей мощностью 160 МВт.

**Sharp**

### Планы Intel относительно литографии для 22-нм чипов

Аналитик компании Arete Research LLC Джагадиш Айер (Jagadish Iyer) раскрыл некоторые подробности, касающиеся планов Intel относительно литографии для 22-нм техпроцесса. По данным отраслевых источников, процессорный гигант уже определился с поставщиками литографических решений для своих 22-нм чипов – ими, вероятно, станут ASML и Nikon. Компания Intel воспользуется их технологиями иммерсионной литографии.

Интересно отметить, что Intel для 32-нм процессоров единственным поставщиком оборудования избрала компанию Nikon. При переходе на 32-нм техпроцесс Intel впервые задействовала иммерсионную литографию. Для производства 45-нм чипов использовалось оборудование Nikon и ASML. При переходе на 22-нм проектные нормы Intel продолжит использовать 193-нм иммерсионную литографию и теперь уже опять будет сотрудничать с двумя поставщиками.

По прогнозам аналитиков, к концу текущего года Intel выпустит всего около пяти тысяч пластин с 22-нм микросхемами. Это связано

с медленным принятием решений по закупке литографического оборудования. Высокие объёмы 22-нм производства ожидаются в 2011 и 2012 гг., когда оно будет запущено на четырёх заводах Intel (на каждый из них придётся около 45 тыс. пластин в месяц).

Как ожидается, ASML отгрузит для Intel 18 комплектов оборудования NXT 1950i. В свою очередь, Nikon поставит 25 комплектов NSR-S620D. В настоящее время на заводе Intel установлено три станка ASML NXT. Ещё два-три комплекта будет закуплено в ближайшие шесть месяцев.

Nikon NSR-S620D имеет несколько улучшений по сравнению с первой версией S620. Числовая апертура объектива составляет 1,35 вместо 1,30. Кроме того, модель NSR-S620D спроектирована на новой платформе Streamalign, а её производительность составляет 200 пластин/ч. Оборудование ASML TwinScan NXT 1950i предназначено для массового выпуска 300-мм пластин с микросхемами класса «32 нм и ниже». Числовая апертура NXT 1950i также составляет 1,35. По данным Джагадиша Айера, цена одного комплекта иммерсионного оборудования ASML составляет почти \$55 млн., а один аппарат Nikon стоит около \$30 млн.

Согласно отраслевым слухам, Intel планирует использовать 193-нм иммерсионную литографию также и при переходе на 11-нм проектные нормы. Так что приход EUV-литографии вновь откладывается на неопределённый срок.

**EE Times**

# ПРОЦЕССОРНЫЕ ПЛАТЫ И КОРПУСА

для промышленных ПК и встраиваемых систем

# iBASE



Там, где живет интеллект

- Гарантия – 2 года
- Рабочая температура 0...60°C
- Производство и поддержка – 5 лет
- Сторожевой таймер, монитор состояния
- Многоуровневое выходное тестирование

## Готовые решения



### MB945

- Чипсет Intel Q45+ICH10DO
- ЦП Core 2 Quad, шина 1333 МГц
- До 16 Гбайт DDR3
- 2 PCI-E (x16, x1), 4 PCI, 1 ISA
- 4 COM, 12 USB
- Форм-фактор ATX



### IB888

- Чипсет Intel Poulsbo XL US15WP
- ЦП ATOM Silverthorne XL 1,1 ГГц
- Видео DVI + LVDS 24 бит
- 4 COM, 8 USB 2.0
- Рабочая температура -40...+70°C
- Форм-фактор 3.5" SBC



### IB945

- Чипсет Intel Q45+ICH10DO
- ЦП Core 2 Quad, шина 1333 МГц
- 6 SATA 300, IDE, FDD
- 8 USB, RS-232, RS-232/422/485
- PICMG 1.0 (ISA + PCI)



### CSB200-888

- ЦП ATOM Silverthorne XL 1,1 ГГц
- До 2 Гбайт DDR2 SODIMM
- 6 USB, RS-232, RS-232/422/485
- DVI, Gigabit Ethernet
- Внешний CompactFlash
- Размеры: 190x132x30 мм, VESA

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ iBASE

## PROSOFT®

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

Реклама

## ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ ВЕДУЩИХ МИРОВЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Компания ПРОСОФТ гарантирует:

- Оптимальный подбор элементной базы
- Высокое качество продукции
- Осуществление поставок комплектующих для серийного производства и новых разработок
- Оказание технической и информационной поддержки

Реклама



SHARP



Switchcraft

austriamicrosystems

B BULGIN

anadigm



CREE

MPS

MICROMETALS

CviLux Group

MENTOR

## PROSOFT®

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

# SHARP

## Strong2

# [LCD]



## НЕЗАМЕНИМ В ЖЁСТКИХ УСЛОВИЯХ

	Обычный LCD	Strong LCD1	Strong LCD2
Рабочий диапазон температур	0 до +50°C	-10 до +65°C	-30 до +80°C
Диапазон температур хранения	-25 до +60°C	-30 до +70°C	-30 до +80°C
Устойчивость к вибрации	От 57 до 500 кГц, ускорение 1g	От 57 до 500 кГц, ускорение 1g	От 57 до 500 кГц, ускорение от 1,5 до 2g
Устойчивость к ударным нагрузкам	50g, 11 мс	50g, 11 мс	от 60 до 70g, 11 мс
Яркость	300 кд/м <sup>2</sup>	Больше чем 300 кд/м <sup>2</sup>	Больше чем 400 кд/м <sup>2</sup>

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР SHARP НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ И СТРАН СНГ

# PROSOFT®

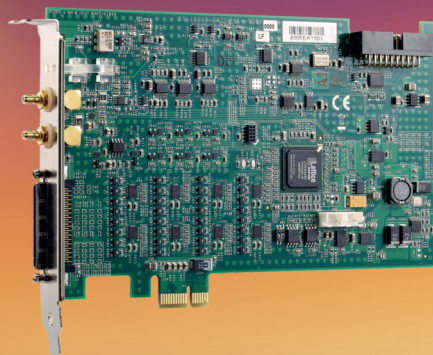
АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

Реклама

## Высокоскоростные цифровые платы ADLINK

Идеальное решение для многоканального высокоскоростного ввода-вывода



### PCIe-7350

50 МГц 32-канальная высокоскоростная плата цифрового ввода-вывода

- Интерфейс PCI Express®
- 32 канала высокоскоростных цифровых входов/выходов по 8 каналов в группе, устанавливаемых на ввод или вывод
- Максимальная частота 50 МГц
- Максимальная пропускная способность 200 Мбайт/с
- Программно устанавливаемый уровень 1,8; 2,5 и 3,3 В

Дополнительно доступны высокоскоростные платы ввода-вывода для cPCI/PCI/PCI Express



#### > PCIe/PCI-7300A, cPCI-7300

20 МГц, 12 Мбайт/с  
Высокоскоростные 32-канальные платы цифрового ввода-вывода



#### > PCI/сPCI-7200

2 МГц, 12 Мбайт/с  
Высокоскоростные 64-канальные платы цифрового ввода-вывода

PCI Express®: пропускная способность больше, скорости выше...

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ ADLINK

# PROSOFT®

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

Реклама

# Способ защиты программного обеспечения микроконтроллеров

Сергей Шишкин (Нижегородская обл.)

**В статье представлен способ защиты программного обеспечения в устройствах на основе микроконтроллеров. В качестве примера описана система защиты с использованием микроконтроллера ATMEGA 8535.**

Перед каждым разработчиком (или группой разработчиков) электронной техники рано или поздно встаёт вопрос о защите прав на интеллектуальную собственность. Когда нет возможности собственными силами продвигать проект (макет или опытный образец какого-либо устройства) на рынке, то приходится прибегать к помощи дилеров или просто посредников. Последние демонстрируют потенциальным заказчикам технические характеристики разработанного устройства. И не всегда играют честно.

Здесь и возникает вопрос о защите прав на интеллектуальную собственность разработчика. Решение заключается в том, чтобы, передавая проект в чужие руки, снабдить его программным или аппаратным механизмом защиты от копирования ПО (прошивки). Желательно, чтобы степень защиты была достаточно высокой.

В общем случае задача ставится следующим образом. Дилеру или посреднику даётся для демонстрации устройство, в микроконтроллере которого «защита» демонстрационная версия основной программы. Устройство должно работать определённое время, в течение которого посредник демонстрирует потенциальные возможности устройства; затем оно теряет свою работоспособность. Фактор времени можно привязать к количеству включений/выключений устройства. После определённого количества включений (заданного разработчиком) устройство перестает работать по своему рабочему алгоритму.

Отметим, что предлагаемый вариант защиты работает только в изделиях, разработанных на микроконтроллерах, снабжённых встроенной энергонезависимой памятью (EEPROM). Микроконтроллеры семейства AVR с энергонезависимой памятью дают разработчику большую свободу действий. Для абсо-

лютной надёжности целесообразно, чтобы механизм защиты использовал имеющиеся в изделии программные и аппаратные ресурсы и исключал взаимодействие алгоритма защиты (замена кодов доступа, установка и снятие защиты и т.д.) с каким-либо внешним интерфейсом.

Сформулируем общие технические требования к устройству, в котором можно применить предлагаемую защиту. Пусть в изделии имеются трёхразрядный семисегментный индикатор, две пользовательские кнопки и незадействованный вывод микроконтроллера для подключения дополнительного, «секретного» выключателя. Этих ресурсов более чем достаточно для реализации представляемого механизма защиты. Разработка подобной защиты фактически сводится к незначительной доработке ПО изделия, при этом задействуются свободные программные ресурсы микроконтроллера.

Принципиальная схема устройства на микроконтроллере ATMEGA8535, где реализован механизм защиты, приведена на рисунке 1. Программные и аппаратные ресурсы вышеуказанного микроконтроллера позволяют разработать достаточно надёжный механизм защиты с простым и удобным интерфейсом.

В интерфейс механизма защиты входят следующие элементы. SA1 – «секретный» выключатель, S1, S2 – пользовательские кнопки, задействованные в алгоритме управления устройством. Блок индикации (дисплей) из цифровых семисегментных индикаторов HG1, HG2 (дисплей). В принципиальной схеме (см. рис. 1) применены сдвоенные семисегментные индикаторы типа DA56-11GWA. Поэтому в трёхразрядном индикаторе в корпусе HG1 задействован один индикатор, в корпусе HG2 – два. Устройство, представленное на рисунке 1, является функционально закончен-

ным и для демонстрации механизма защиты может работать самостоятельно.

Алгоритм работы механизма защиты достаточно прост. В нём можно выделить два режима работы, которые задаются переключателем SA1. Если переключатель SA1 находится в положении «1», то механизм защиты находится в основном рабочем режиме (режим № 1), если в положении «2», то в режиме задания параметров (режим № 2).

При установленной защите, в режиме № 1, сразу после включения устройства (после подачи питания) на трёхразрядном индикаторе в течение 2 с будет отображаться некоторое число (оно может быть задано от 1 до 999, кроме кода № 3, о нём будет рассказано дальше). Вышеуказанное число будет уменьшаться с каждым последующим включением питания. Как только его значение станет равным нулю, устройство сразу после включения питания «зависнет», т.е. не будет обрабатывать заданный алгоритм работы. На дисплее устройства при этом будут индицироваться символы – – – (при каждом последующем включении питания). Увеличить количество включений или снять защиту может только разработчик. Начальное значение числа (от 1 до 999) также задаёт разработчик. Поэтому у дилера/посредника есть только ограниченная возможность работать с изделием, включая его заданное число раз.

Если число включений не равно нулю, то устройство начинает работать в соответствии со своим рабочим алгоритмом и на дисплее отображается число 555. Индицирование символов – – – и числа 555 необходимо лишь для наглядной демонстрации алгоритма работы устройства защиты. Если программа защиты встроена в программу какого-либо изделия, то переход на подпрограмму отображения символов – – – означает блокировку алгоритма работы всего изделия. Соответственно переход на отображение числа 555 в программе изделия означает выполнение рабочего алгоритма основной программы.

Защита снимается следующим образом. Перед включением питания необходимо установить выключатель SA1 в

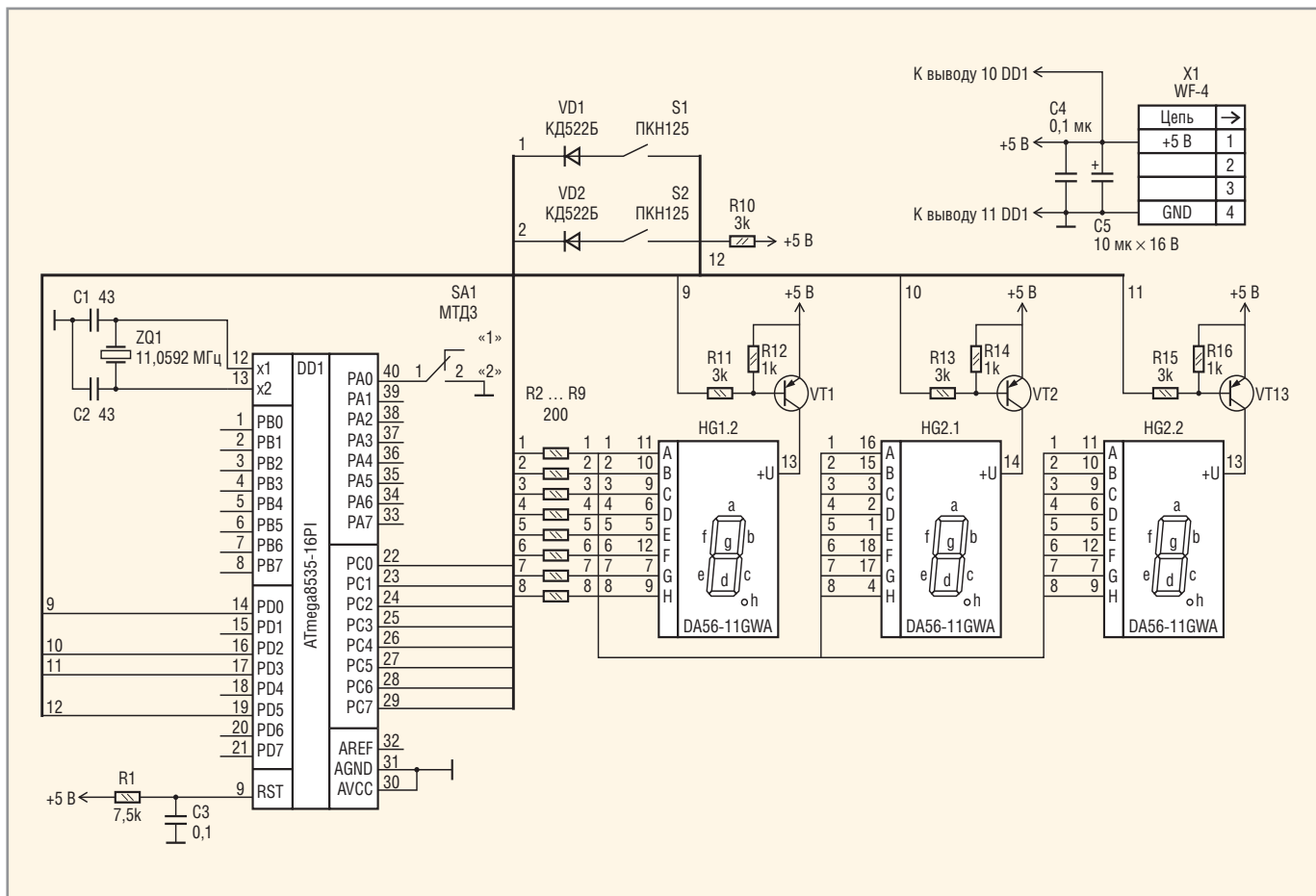


Рис. 1. Принципиальная схема устройства на микроконтроллере ATMEGA8535

положение «2» (режим № 2). При этом пользовательские кнопки будут иметь следующие назначения: S1 – увеличение (инкремент) вводимого числа, которое индицируется на дисплее; S2 – ввод (активация) набранного числа.

С помощью кнопок S1 и S2 необходимо набрать и ввести трёхразрядный код № 1. Затем с помощью кнопок необходимо набрать и ввести трёхразрядный код № 2 (фактически в два приёма вводится шестизначный код). После ввода каждого кода (неважно, верно или нет) индикаторы показывают нули.

Если коды введены правильно, то устройство перейдёт в режим работы, в котором можно задать число включений или снять защиту. Далее необходимо задать кнопками S1, S2 любое число от 1 до 999. Причём в этом диапазоне не есть число, которое снимает защиту. Это число и есть код № 3. Набирая количество включений, равное коду № 3, мы снимаем защиту. Вводя любое другое (в диапазоне от 1 до 999), мы задаём число включений. Чтобы снять защиту, фактически необходимо знать девятиразрядный код, который «вычислить»

затруднительно. Коды № 1...№ 3 знает только разработчик.

Далее следует выключить устройство, установить выключатель SA1 в положение «1» и снова включить. Если защита не установлена или снята, то устройство будет обрабатывать свой рабочий алгоритм (отображается число 555) без предварительного индицирования количества включений и намека на какую-либо установленную защиту. Кнопки S1 и S2 будут выполнять функции в соответствии с заданным алгоритмом функционирования изделия. Если за-

### Особенности рынка РФ

Рынок переполнен аналогами неизвестного происхождения;

Не имея собственного оборудования, невозможно получить информацию о качестве приборов;

Поставщики не желают брать на себя ответственность за некачественную продукцию.

## The New Generation of Quality!

Quality = Качество

### Приоритеты NGquality:

- Приборы с повышенными характеристиками надежности;
- Акцент на конкретные параметры, необходимые заказчику;
- Гарантия качества.

+7 (4732) 614-626, 614-627

г.Воронеж, ул.20-летия Октября, д.24  
www.energogroup.su (каталог продукции, заказ)  
info@energogroup.su

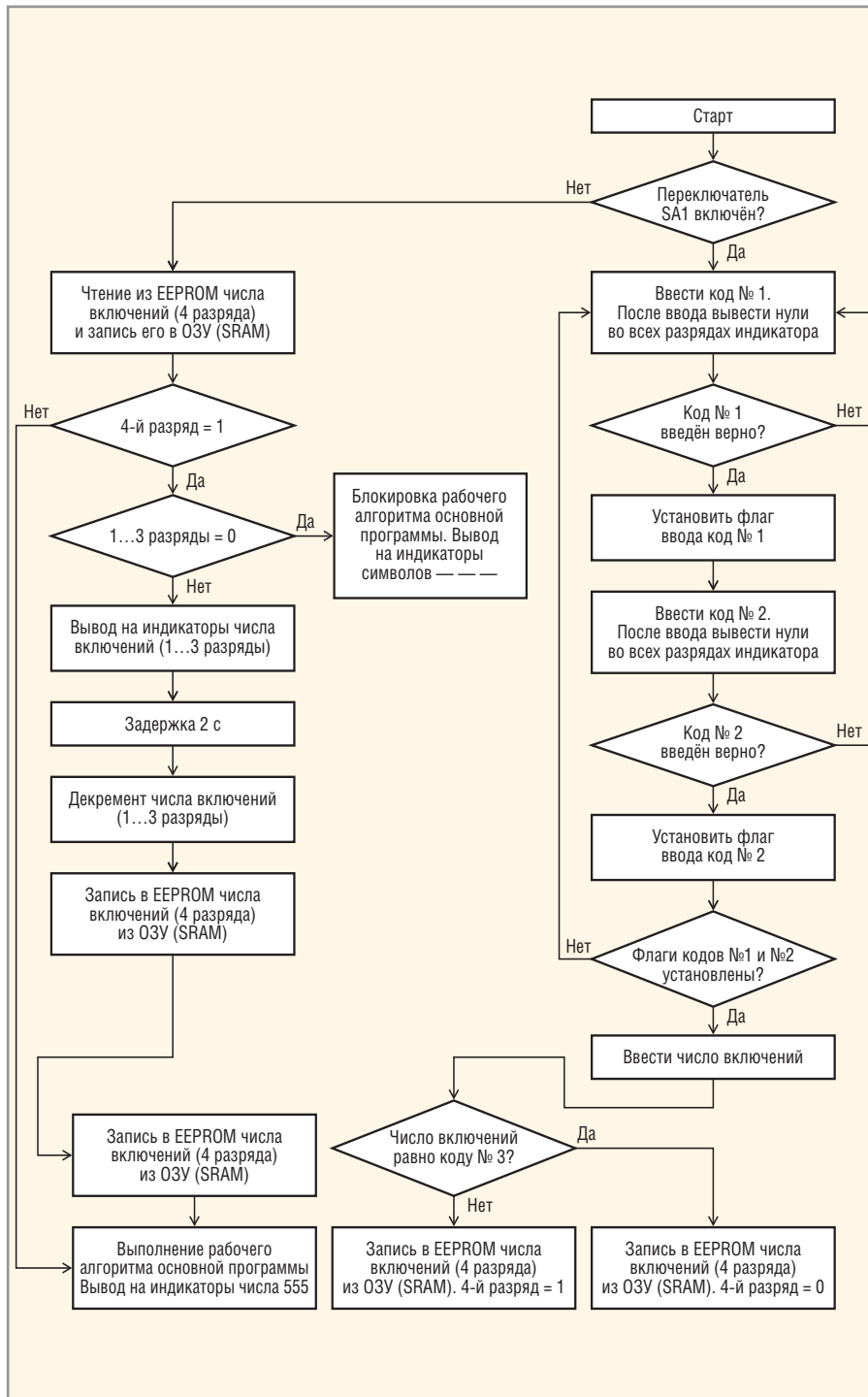


Рис. 2. Блок-схема представляемой защиты

щита установлена и задано число включений, то сразу после включения устройства в течение 2 с будет отображаться текущее число включений, которое будет уменьшаться с каждым новым включением. Далее устройство будет обрабатывать свой рабочий алгоритм. Разработчик, используя только аппаратные ресурсы устройства, может не один раз записать необходимое число включений и снять защиту. (В техническом описании на микроконтроллер ATMEGA8535 утверждается, что его EEPROM выдерживает 100 000 циклов записи /стирания.)

Целесообразно, чтобы доступ к выключателю SA1 был ограничен. Конструктивно это сделать не сложно. Все пересылки данных происходят внутри микроконтроллера. У «злоумышленника» нет никакой возможности их контролировать и отследить момент сравнения вводимого кода с кодами, хранящимися в памяти. Не поможет и знание рабочего алгоритма устройства. Вводимые коды находятся во внутренней памяти программ микроконтроллера, под битами защиты, про которые не следует забывать при программировании микроконтроллера.

Даже если «злоумышленник» определит выключатель SA1 – не беда. Чтобы войти в режим задания числа включений, необходимо два раза ввести трёхразрядный код, а чтобы снять защиту – три раза. В перспективе, разобравшись в программе для увеличения степени защиты, код доступа можно сделать 12- или 15-разрядным. Степень защиты можно еще увеличить, если в устройстве задействован четырёхразрядный индикатор. Перебор всех возможных комбинаций, даже при шестизначном коде, просто нереален.

Конструктивно выключатель SA1 можно вообще можно исключить: например, сделать два штыря в разных местах платы, замыкать их проводником, подключая соответствующий вывод микроконтроллера к общему проводу устройства.

Блок-схема представляемой защиты представлена на рисунке 2.

Программное обеспечение микроконтроллера было разработано в среде AVR Studio. В программе используются два прерывания: Reset и прерывание таймера T0, обработчик которого начинается с метки TIM0. При переходе на метку Reset инициализируются стек, таймер, порты, а также флаги и переменные, используемые в программе. Таймер T0 генерирует прерывания по переполнению (в регистре TMSK установлен бит TOIE0). Коэффициент предварительного деления тактовой частоты таймера установлен равным 64 (в регистре TCCR0 записано число 3).

В обработчике прерывания таймера T0 осуществляются: процедура опроса кнопок S1, S2, выключателя SA1, функционирование динамической индикации, запись числа включений в EEPROM микроконтроллера, чтение числа включений из EEPROM, перекодировка двоичного числа в код для отображения информации на семисегментных индикаторах устройства, а также временной интервал длительностью 2 с, необходимый для отображения числа включений на дисплее устройства. Флаги, задействованные в программе, находятся в регистрах R19 (flo) и R25 (flo1).

Число, индицируемое на дисплее устройства, имеет три разряда. Число, записываемое в EEPROM микроконтроллера, имеет четыре разряда. Каждый разряд занимает 1 байт в ОЗУ и, соответственно, в EEPROM. Первые три разряда задают количество включений. Четвёртый разряд не отображается на дисплее. Функциональное назначение данного

разряда следующее. Если разряд содержит единицу – значит, защита установлена, если ноль – защита снята (см. рис. 2). При инициализации в четвёртый разряд заносится единица. Как видно из блок-схемы, блокировка рабочего алгоритма основной программы происходит при обнулении числа включений.

В ОЗУ микроконтроллера с адреса RAM= \$60 организованы четыре буфера отображения для динамической индикации. Буфер № 1 необходим для отображения чисел и кодов, которые надо инкрементировать (число включений, коды № 1...№ 3). Число включений из буфера № 1 в режиме № 2 заносится в EEPROM микроконтроллера. Функциональное назначение каждой ячейки буфера отображения № 1 следующее:

- \$61 – ячейка, где хранятся «сотни» числа включений и кодов № 1...№ 3 (1-й разряд индикатора, слева направо);
- \$62 – ячейка, где хранятся «десятки» числа включений и кодов № 1...№ 3 (2-й разряд индикатора);
- \$63 – ячейка, где хранятся «единицы» числа включений и кодов № 1...№ 3 (3-й разряд индикатора);

- \$64 – ячейка, где хранится число 0 или 1, определяющее установку или снятие защиты.

При инициализации в ячейку с адресом \$64 записывается число 1, в остальные ячейки буфера № 1 заносятся нули. С адреса RAM+6 начинается буфер отображения № 2 для динамической индикации. В данный буфер в режиме № 1 из EEPROM микроконтроллера заносится (читается) число включений, которое индицируется в течение 2 с, затем декрементируется и записывается в EEPROM микроконтроллера. При инициализации в буфер № 2 заносятся нули. С адреса RAM+12 начинается буфер отображения № 3. При инициализации в каждую ячейку буфера № 3 заносится число \$A, которое после перекодировки в каждом разряде индицируется как символ «-». В итоге на дисплее индицируются символы --- (только при блокировке рабочего алгоритма основной программы).

С адреса RAM+17 начинается буфер отображения № 4. При инициализации в каждую ячейку буфера № 4 заносится число 5. В итоге на дисплее индицируется число 555. Данное число индицируется при переходе на ра-

бочий алгоритм основной программы. Коды № 1...№ 3 в программе заданы соответственно 010, 011, 012. Метки перехода на отображение буферов № 3 и № 4 соответственно osn2 и osn3.

Информация, записанная в буферы отображения № 3 и № 4, как уже отмечалось выше, нужна лишь для наглядности во время демонстрации работы устройства.

Разработанная на ассемблере программа устройства защиты, вместе с подпрограммой динамической индикации для вывода буферов отображения № 1...№ 4 на дисплей, занимает 1 Кб памяти программ. Представляемая защита достаточно универсальна, её можно адаптировать для любого устройства с микроконтроллером с учётом вышеуказанных требований. Её легко доработать, увеличив степень защиты. Предлагаемую защиту можно встроить в тысячи приборов, изменяя при этом только коды доступа.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. [http:// www.atmel.com](http://www.atmel.com).
2. Баранов В.Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы. 2006.
3. Белов А.В. Создаем устройства на микроконтроллерах. Наука и техника, 2007. ©

# НАДЁЖНАЯ ПАМЯТЬ ДЛЯ ЖЁСТКИХ УСЛОВИЙ



- Скорость чтения до 80 Мбайт/с
- Скорость записи до 60 Мбайт/с
- До 2 млн циклов стирания-записи
- Интерфейсы Compact Flash и IDE
- Расширенный температурный диапазон -40...+85°C



## ФЛЭШ-ПАМЯТЬ СЕРИИ 8000

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ INNO-DISK



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

Реклама

# Адаптивное цифровое устройство компенсации нелинейности амплитудной характеристики усилителя мощности

Наталья Гудкова (Ростовская обл.)

В статье рассматривается задача линеаризации амплитудной характеристики усилителя мощности (УМ) на основе адаптивного обратного моделирования объектов типа «чёрный ящик». Выполнен анализ цифрового метода предискажения сигналов в тракте усиления, основанного на табличном представлении алгоритмической модели УМ. Предложен алгоритм цифровой адаптивной линеаризации коэффициента передачи усилителя, который не требует предварительного составления таблиц. Приведены результаты компьютерного моделирования системы, подтверждающие эффективность предложенных решений.

## ВВЕДЕНИЕ

При разработке современных электронных устройств в системах управления и связи существует значительная потребность в усилительных устройствах, сочетающих высокие энергетические характеристики с низким уровнем интермодуляционных искажений. Эта потребность определяется необходимостью передавать всё большие объёмы информации, что приводит к увеличению числа каналов в ограниченном частотном диапазоне. Взаимодействие сигналов в нелинейных элементах, в первую очередь, усилителях мощности (УМ), приводит к возникновению интермодуляционных искажений, единственным способом борьбы с которыми является обеспечение линейности применяемых усилителей.

Однако линейные усилители, имеющие низкий уровень искажений, характеризуются низким КПД. Таким образом, обеспечение качества передачи, определяющее высокие требования к линейности применяемых усилителей, вступает в противоречие с необходимостью снижения потребляемой усилителем мощности. Решением этого противоречия является использование систем линеаризации, позволяющих создавать линейные усилительные устройства, имеющие высокий КПД, характерный для нелинейных усилителей мощности.

К настоящему времени разработано большое число методов линеаризации усилителей мощности средствами ана-

логовой техники. Среди них: введение цепи обратной связи, отдельное усиление радиочастотного сигнала и огибающей с последующей модуляцией радиосигнала, предварительное искажение (предискажение) входного сигнала перед непосредственным усилением и ряд других. Все эти методы не свободны от недостатков, поэтому сохраняется потребность в создании новых подходов к решению задачи линеаризации. Об актуальности проблемы свидетельствуют многочисленные публикации на эту тему, а также гранты, выделяемые компаниями связи на проведение работ в этой области.

## Постановка задачи

Наряду с аналоговыми способами линеаризации, в настоящее время весьма перспективным считается направление, связанное с разработкой цифровых методов предискажения входного сигнала усилителя. Общей чертой этих методов является компенсация нелинейности передаточной характеристики усилителя в полосе частот модуляции с помощью цифрового устройства, называемого «предыстортером» (predistorter). В алгоритме предыстортера модель усилителя сохраняется в виде LUT (Look Up Table – таблицы добавлений), которая представляет собой набор коэффициентов многомерного ряда Вольтерра, описывающего усилитель мощности во временной области. Работа алгоритма линеаризации заключается в анализе входного сигнала и последующем внесении в него иска-

жений, с тем чтобы, усилившись в нелинейном усилителе, эти искажения взаимно компенсировались.

Сложности, которые встречаются на пути создания предыстортера, обусловлены необходимостью мониторинга режимов конкретного усилителя для получения его модели в виде LUT и поиска компромисса между требуемым объёмом памяти для её хранения, быстродействием алгоритма расчёта и скоростью адаптации модели. Тем не менее, предполагается, что использование предыстортеров имеет перспективы, поскольку позволяет увеличить КПД усилителя при сохранении его габаритов и незначительном увеличении стоимости. В частности, значение КПД современных УМ базовых станций беспроводной связи в среднем составляет около 10%. При использовании недавно выпущенной фирмой Texas Instrument микросхемы предыстортера GC5322 КПД усилителей возрастает до 15...40%.

В данной статье предпринята попытка получить новое решение задачи компенсации нелинейности УМ, которое может стать альтернативой или дополнением к общепринятым подходам.

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Проведённый автором анализ показал, что для управления амплитудной характеристикой УМ может служить система, использующая принцип адаптивного обратного моделирования объекта типа «чёрный ящик» [1]. Смысл этого вида моделирования состоит в том, что обратная модель некоторого объекта с неизвестными структурой и параметрами является наилучшим приближением дискретной передаточной функции, обратной передаточной функции объекта. Структурная схема системы обратного адаптивного моделирования динамического объекта показана на рисунке 1.

Наблюдение неизвестного объекта осуществляется по временным отсчётам его выходного сигнала  $x_k$  ( $k = 0, 1, 2, \dots$ ). В качестве адаптивной обратной модели (АОМ) здесь используется схе-

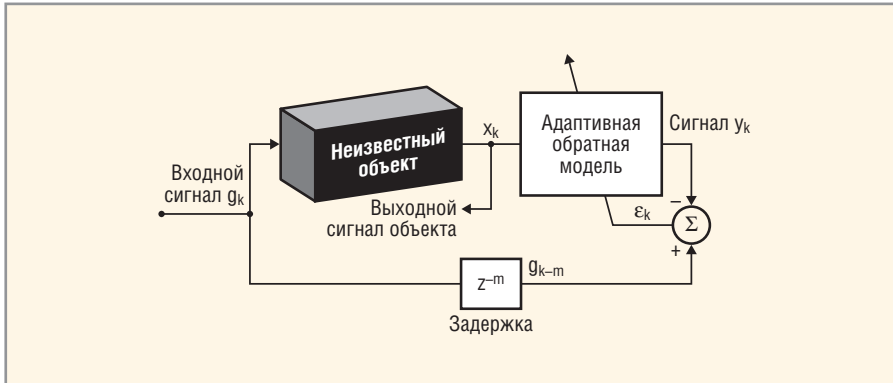


Рис. 1. Структурная схема системы адаптивного обратного моделирования неизвестного объекта

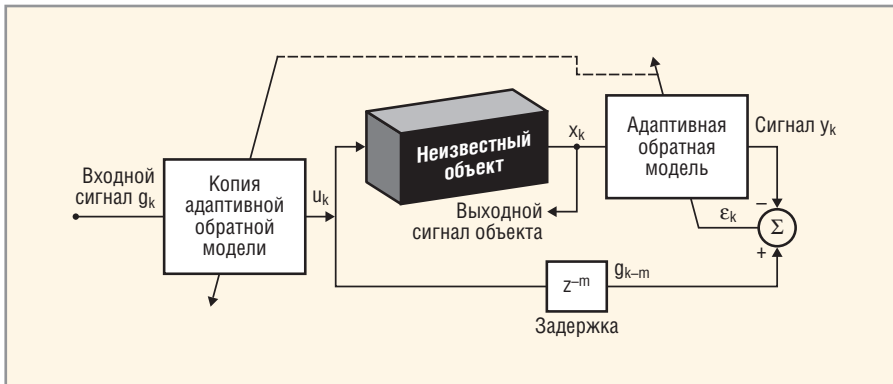


Рис. 2. Структурная схема системы управления с копией адаптивной обратной модели неизвестного объекта

ма цифрового адаптивного трансверсального фильтра (АТФ) с весовыми коэффициентами, перестраиваемыми по методу наименьших квадратов.

Дискретная передаточная функция АОМ имеет вид:

$$W_{\text{АОМ}}(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \sum_{l=0}^L w_{lk} z^{-l}, \quad (1)$$

где  $L$  – длина трансверсального фильтра,  $w_{lk}$  – текущие значения весовых коэффициентов. Функции соответствует дискретное уравнение:

$$y_k = \sum_{l=0}^L w_{lk} x_{k-l}. \quad (2)$$

Весовые коэффициенты фильтра на  $k$ -м отсчёте определяются по формуле наименьших квадратов:

$$w_{l(k+1)} = w_{lk} + 2\mu x_k - \mu \epsilon_k, \quad (3)$$

где  $\mu$  – параметр сходимости алгоритма адаптации.

Сигнал ошибки  $\epsilon_k$  вычисляется по формуле:

$$\epsilon_k = g_{k-m} - y_k, \quad (4)$$

где  $g_{k-m}$  – входной сигнал объекта, задержанный на  $m$  временных тактов.

Эта задержка обусловлена необходимостью учёта инерционности объекта.

При правильной настройке АТФ сигнал  $y_k$  на выходе системы после адаптации приблизительно равен входному сигналу  $g_k$ , задержанному на  $m$  тактов, при этом величина СКО  $\sigma_{\zeta} = E[\epsilon_k^2]$  минимизируется.

При относительно медленных адаптивных процессах, т.е. достаточно малом параметре  $\mu$ , становится справедливым соотношение:

$$W_{\text{но}}(z)W_{\text{АОМ}}(z) \cong 1, \quad (5)$$

где  $W_{\text{но}}(z)$  – неизвестная дискретная передаточная функция объекта.

Как видно из рисунка 1, непосредственное использование системы адаптивного обратного моделирования для управления неизвестным объектом невозможно, т.к. в ней под входной сигнал  $g_k$  подстраивается выходной сигнал АОМ  $y_k$ , в то время как сам объект не управляется. Для управления объектом необходимо, чтобы под входное воздействие подстраивался его выходной сигнал  $x_k$ .

Эту задачу решает система, показанная на рисунке 2 [2]. Ко входу неизвестного объекта подключается устройство, представляющее собой копию его адаптивной обратной мо-



**НАДЁЖНЫЕ СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ**

**Импульсные источники питания**

- Преобразователи DC/DC
- Источники питания AC/DC
- Устройства управления зарядом батарей

**Импульсные инверторы**

- Инверторы DC/AC
- AC/AC-преобразователи

**Области применения**

- Промышленная автоматизация
- Атомные электростанции
- Военная промышленность
- Железнодорожный транспорт



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ SCHAEFER



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

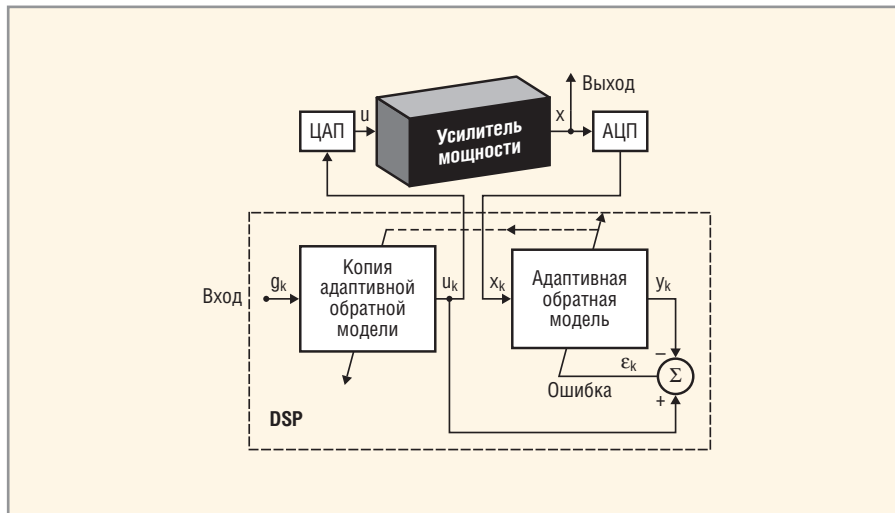


Рис. 3. Структурная схема адаптивного устройства линейризации амплитудной характеристики усилителя мощности

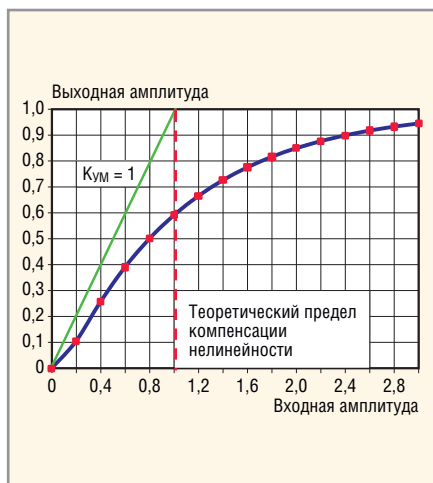


Рис. 4. Амплитудные нелинейная и компенсированная характеристики усилителя мощности

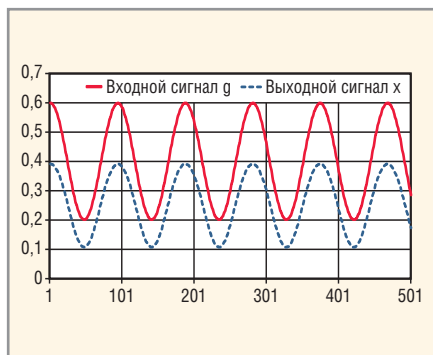


Рис. 5. Сигналы в УМ с нелинеаризованной амплитудной характеристикой (u = g)

дели, в результате чего сигнал  $x_k$  на выходе управляемого объекта изменяется в соответствии с сигналом  $g_k$ , который подаётся на вход копии АОМ. Поскольку выходной сигнал копии АОМ  $u_k$  является управляющим воздействием для объекта, сигнал на выходе объекта после адаптации приблизительно равен входному сигналу системы  $g_k$ , но с



Рис. 6. Сигналы в адаптивной системе с линейризованной амплитудной характеристикой (u = w<sub>0</sub>g)

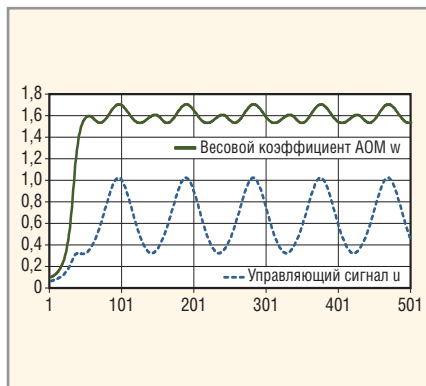


Рис. 7. Управляющий сигнал и весовой коэффициент АОМ в адаптивной системе с линейризованной амплитудной характеристикой (u = w<sub>0</sub>g)

задержкой на  $m$  временных тактов, т.е. выполняется равенство:

$$x_k \approx g_{k-m} \quad (6)$$

Приведём соотношения, реализующие алгоритм функционирования системы управления с копией АОМ объекта. Сигнал  $y_k$  на выходе адаптивной обратной модели вычисля-

ется по формуле (2). Весовые коэффициенты  $w_{lk}$  АОМ перестраиваются на каждой итерации по формуле, аналогичной (3), где сигнал ошибки равен разности задержанного на  $m$  тактов управляющего сигнала  $u_k$  и выходного сигнала обратной модели  $y_k$ , т.е.

$$\epsilon_k = u_{k-m} - y_k \quad (7)$$

Весовые коэффициенты копии адаптивной обратной модели равны весовым коэффициентам АОМ, поэтому сигнал управления  $u_k$  вычисляется по формуле:

$$u_k = \sum_{l=0}^L w_{lk} g_{k-l} \quad (8)$$

Следует отметить, что система управления с копией АОМ объекта является разомкнутой. Однако в ней имеется функциональная (информационная) обратная связь, действующая таким образом, что адаптивное управляющее устройство (адаптивный регулятор) перестраивается в соответствии с изменяющимися характеристиками управляемого объекта и внешних воздействий с целью минимизации величины СКО.

Для решения задачи адаптивного управления амплитудной характеристикой УМ автором предложен модифицированный алгоритм работы системы с копией АОМ, в которой роль неизвестного объекта играет усилитель. Структурная схема этой системы показана на рисунке 3.

Предложенный алгоритм обладает свойством поддерживать постоянное значение коэффициента передачи  $K_{ум}$  между выходным сигналом УМ  $x_k$  и входным сигналом системы  $g_k$ . Поскольку УМ можно считать безынерционным элементом, модифицированный алгоритм значительно упрощается по сравнению с описанным выше прототипом, поскольку АТФ состоит из единственного весового коэффициента, а задержка  $m = 0$ .

Поясним принцип функционирования модифицированного алгоритма. Пусть амплитудная характеристика УМ представляет собой неизвестную нелинейную зависимость  $x = f(u)$ . Выходной сигнал копии АОМ  $u_k$  является управляющим воздействием для усилителя и вычисляется по формуле:

$$u_k = w_{0k} g_k \quad (9)$$

Дискретное уравнение АОМ усилителя имеет вид:

$$y_k = w_{0k}x_k / K_{yM}, \quad (10)$$

где  $K_{yM} = \text{const}$  – желаемое значение коэффициента усиления системы.

Сигнал ошибки  $\varepsilon_k$  вычисляется по формуле:

$$\varepsilon_k = u_k - y_k. \quad (11)$$

Весовой коэффициент на  $k$ -м отсчёте определяется по формуле наименьших квадратов:

$$w_{0(k+1)} = w_{0k} + 2\mu x_k \varepsilon_k. \quad (12)$$

После адаптации АОМ величина среднеквадратической ошибки  $\xi = E[\varepsilon_k^2] \approx 0$ . При этом сигнал  $x_k$  на выходе усилителя мощности становится равным:

$$x_k = K_{yM} g_k. \quad (13)$$

Таким образом, обеспечивается адаптивная линейаризация амплитудной характеристики нелинейного усилителя.

Параметром настройки АОМ является коэффициент  $\mu$ , который отвечает за точность и устойчивость процесса адаптации и определяется соотношением:

$$\mu \equiv \frac{M}{E[x_k^2]}, \quad (14)$$

где величина  $M$  ( $0 < M < 1$ ) – относительное среднее значение СКО, а  $E[x_k^2]$  – средняя мощность выходного сигнала усилителя. Желаемый коэффициент  $K_{yM}$  может быть задан условием:

$$K_{yM} \leq \frac{x_{\max}}{g_{\max}},$$

где значения  $x_{\max}$  и  $g_{\max}$  определяются предельно допустимыми уровнями этих сигналов.

### КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ АДАПТАЦИИ

Для иллюстрации эффективности предлагаемого алгоритма ниже приводятся результаты компьютерного моделирования процессов адаптации в системе управления усилителем

мощности с нормированными амплитудными характеристиками, показанными на рисунке 4.

На рисунке 5 показаны временные характеристики входного и выходного сигналов в неадаптивной системе. На рисунках 6 и 7 показаны сигналы в адаптивной системе. Сравнение характеристик наглядно отражает свойства предложенного алгоритма.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемый адаптивный алгоритм является эффективным и экономичным способом компенсации нелинейности амплитудной характеристики усилителя мощности и может быть достаточно легко реализован средствами микросхемотехники.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Уидроу Б., Стирнз С. Адаптивная обработка сигналов. Радио и связь, 1989.
2. Гудкова Н.В. Цифровое управление техническими объектами с применением адаптивного обратного моделирования. Автоматизация и современные технологии. Машиностроение. 2006. № 4. ©

# Клеммы и соединители для печатных плат



**WAGO**  
INNOVATIVE CONNECTIONS








**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ WAGO**



**PROSOFT**

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

Реклама

# 7 мая – День радио (110 лет детекторному приёмнику)

Владимир Бартнев (Москва)

## ВВЕДЕНИЕ

115 лет назад 7 мая 1895 г. нашим соотечественником Александром Степановичем Поповым на заседании Русского физико-химического общества был продемонстрирован в действии первый в мире радиоприёмник [1]. Летом 1897 итальянец Гульельмо Маркони получает патент на аналогичное устройство. За исключением второстепенных деталей, аппарат Маркони по схеме и принципу

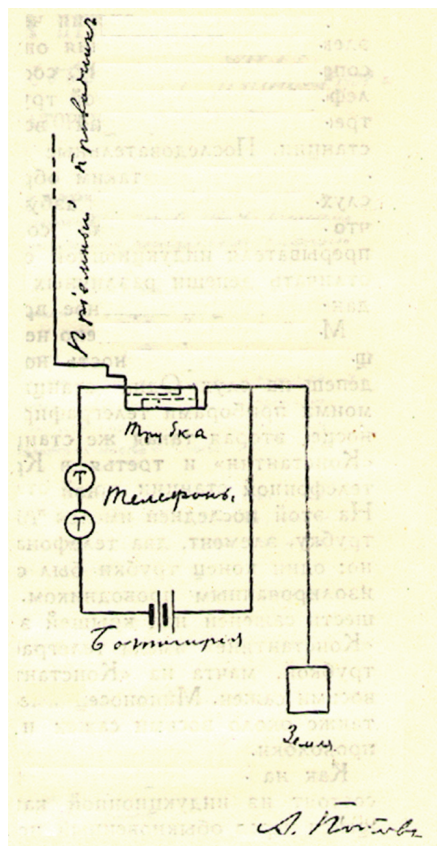


Рис. 1. Собственноручный чертёж Попова из патента телефонного приёмника депеш (1900 г.)



Рис. 2. Последний промышленный детекторный приёмник в СССР (1950 г.)

действия был полностью аналогичен прибору А.С. Попова, который он разработал за 14 месяцев до этого. К сожалению, в борьбе за приоритет в создании первого в мире радиоприёмника научная общественность как у нас в стране, так и за рубежом не уделила должного внимания не менее важному изобретению А.С. Попова – первому в мире детекторному радиоприёмнику, на который 110 лет назад Попов А.С. получил патенты как в России, так и в Англии и Франции. Этому историческому факту, а также судьбе детекторного приёмника на протяжении его более чем вековой истории и посвящена эта статья.

## ПЕРВЫЙ В МИРЕ ДЕТЕКТОРНЫЙ ПРИЁМНИК В СПАСАТЕЛЬНОЙ ОПЕРАЦИИ 1900 г.

Заметим, что сходство первых приёмников А.С. Попова (1895 г.) и Г. Маркони (1896 г.) прежде всего было в том, что индикация принимаемых сигналов производилась на слух по звукам электромагнитного ударника, встряхивающего металлические опилки в когерере Бранли. И в том и в другом случае включение электромагнита ударника производилось от чувствительного реле. Впрочем, А.С. Попов применил реле и для приведения в действие как самописца с записью регистрируемых сигналов на бумагу (в своем грозоотметчике в 1895 г.), так и телеграфного аппарата, когда впервые в мире была передана радиотелеграмма «Генрих Герц» в 1896 г. Но настоящим прорывом в увеличении дальности радиосвязи было применение электромагнитных телефонных трубок. Впервые идея воспользоваться наушниками пришла сотрудникам Попова – Рыбкину П.Н. и Троицкому Д.С. – во время проверки радиоприёмной аппаратуры. Они непосредственно подключили телефонные трубки к когереру, который не срабатывал, и услышали передаваемые сигналы. Дальнейшее изучение А.С. Поповым эффекта детекторного действия когерера с металлическим

окисленным порошком позволил ему вообще отказаться от встряхиваемого молоточком когерера. Им было проведено множество опытов с различными типами радиокондукторов (так стал называть А.С. Попов когерер без встряхивания). Попов [1] даёт такое описание радиокондуктору (в нашем понимании детектору): «Для передачи на большие расстояния я употребляю «радиокондуктор», состоящий из стеклянной трубки, внутри которой приклеены две ленточки из платины, на которых находятся крупинки стали, обладающие многочисленными участками с окисленной поверхностью. Трубка хорошо просушенная, закрывается герметически... Я показал с той же целью, что можно комбинировать микрофонный уголь с разными металлами. Простые электроды из металла или графита с металлическими стержнями, иглами и т.д. позволяют воспроизвести это интересное явление». Именно такого типа радиокондуктор был установлен в радиоприёмниках Попова А.С., применявшихся в спасательной операции броненосца «Генерал-адмирал Апраксин», наскочившего на скалы вблизи о. Гогланд в Финском заливе. Когда Николай II узнал об аварии броненосца, он писал: «Главному морскому штабу разработать к весне 1900 г. проект соединения главнейших пунктов южного берега Финского залива телеграфной линией между Кронштадтом и Ревелем». Как видно из этого предписания, телеграфный кабель можно было проложить только весной, но к тому времени броненосец был бы раздавлен льдами. Единственным выходом было применение беспроволочного телеграфа. К этому времени Попов уже располагал усовершенствованной радиоаппаратурой с телефонными трубками и новым радиокондуктором. В 1899 г. три комплекта радиостанций конструкции Попова А.С. были изготовлены французской фирмой Дюкритте. Поэтому, несмотря на большое расстояние (47 км), которое нужно было преодолеть для передачи радиосообщений в спаса-

# СИЛОВЫЕ ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ СОЕДИНИТЕЛИ ОТ КОМПАНИИ HARTING

КАЧЕСТВО СОЕДИНЕНИЙ ПО ВСЕМУ МИРУ



## Характеристики

- Рабочий ток от 10 до 650 А
- Рабочее напряжение от 25 до 4000 В
- Степень защиты IP65/IP67/IP68
- Рабочая температура от -55 до +125°C
- Широкий выбор типа монтажа контактов
- Сертификаты UL, CSA, SEV, EN ISO 9001 и 14001

## Специализированные кожухи для жёстких условий

- Han® для промышленных приложений
- Han® M для агрессивных и экстремальных внешних условий
- Han® EMC для экранирования от электромагнитных полей
- Han® HPR для применения на транспорте

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ HARTING В РОССИИ

**PROSOFT**®

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

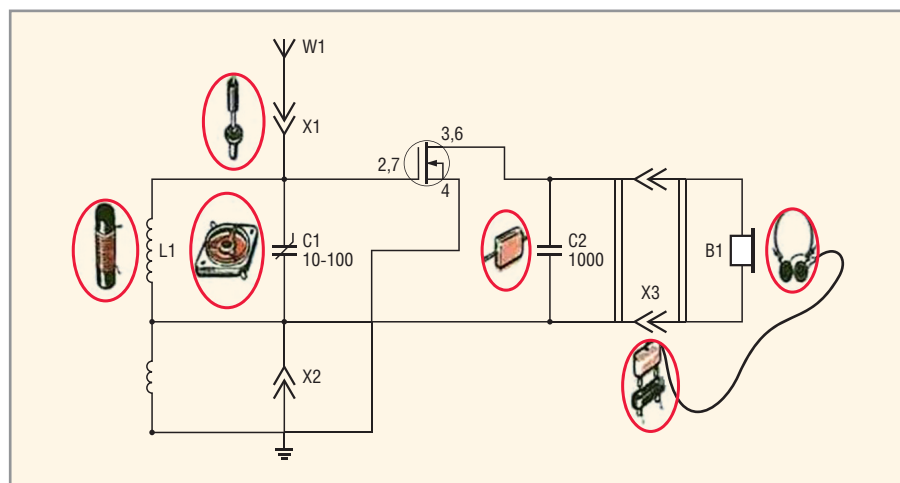


Рис. 3. Современный детекторный приёмник (2010 г.)

тельной операции, Попов приступает к решению поставленной перед ним задачи. Уже 25 января 1900 г. с о. Гогланд была послана на Котку (о. Кутсало) первая радиотелеграмма. Ответ был тревожный: «Командиру ледокола «Ермак»». Около Лавен-сари оторвало льдину с рыбаками. Окажите помощь». «Ермак» в тот же день пошёл в Ревель, захватив спасённых им 27 рыбаков. Обмен радиотелеграфными сообщениями продолжался до апреля, когда броненосец «Апраксин» был снят со скал. Всего было передано 440 радиотелеграмм. Использованная в сложнейших зимних условиях операция радиоаппаратура, изобретённая А.С. Поповым, доказала её надёжность и пригодность для практического применения. За это Попов был удостоен Электротехническим институтом звания почетного инженера-электрика, получил высочайшую благодарность и вознаграждение от Морского министерства. А первый детекторный радиоприёмник Попова А.С., на который он получил патент в России, Англии и Франции, был награждён золотой медалью на Всемирной выставке в Париже в 1900 г. У английского патента № 2797, выданного 25 февраля 1900 г., было следующее конкретное название: «Improvements in Coherers for Telephonic and Telegraphic Signalling». Русский патент (привилегия № 6066) имел более общее название: «Приёмник депеш, посылаемых с помощью электромагнитных волн» (см. рис. 1).

### ДЕТЕКТОРНЫЕ ПРИЁМНИКИ СОВЕТСКОЙ ЭПОХИ

С первых дней советской власти советское правительство придавало большое значение развитию радиотехники в России. Уже в 1918 г. в Нижнем

Новгороде создаётся большая радиолоборатория. В состав радиолоборатории вошли такие известные учёные, как М.А. Бонч-Бруевич, В.П. Вологдин, В.К. Лебединский, В.М. Лещинский, П.А. Остряков, Д.А. Рожанский, В.В. Татарин, А.Ф. Шорин и др. Бонч-Бруевич М.А., будучи руководителем Нижегородской радиолоборатории, в течение 10 лет много сделал для развития отечественной радиоэлектроники. Нижегородская радиолоборатория получила мировую известность и была дважды (в 1922 и в 1928 гг.) награждена орденом Трудового Красного знамени за создание первых отечественных радиоламп. В 1920 г. была создана первая самая мощная в мире радиолампа для первого радиотелефонного передатчика в России. Тем не менее, большое внимание радиолоборатория уделяла и разработке различных радиоприёмников. В частности, в 20-е годы большой популярностью пользовался детекторный приёмник, разработанный сотрудником радиолоборатории Шапошниковым С.И. А другой сотрудник радиолоборатории, Лосев О.В., разработал детекторный приёмник с полупроводниковым усилителем, известный как «Кристадин Лосева». Изобретение Лосева стало мировой сенсацией. Лишь через много лет получило объяснение использование детектора в кристадине, который фактически явился прототипом современных туннельных диодов. А метод радиоприёма с дополнительным полупроводниковым генератором, работающим на частоте принимаемого сигнала, был первым опытом синхронного детектирования, широко распространённого в настоящее время. Последним детекторным приёмником промышленного изготовления можно считать «Комсомо-

лец». После Великой Отечественной войны в нашей стране чувствовалась нехватка дешёвых массовых радиоприёмников. С целью создания образцов детекторных приёмников, пригодных для массового производства отечественной промышленностью, в 1947 г. Осоавиахим СССР объявил конкурс. В конкурсе принял участие 31 конструктор из 14 предприятий и НИИ разных министерств. Первая премия была присуждена инженеру Капланову М.Р. (НИИ МПСС) за детекторный приёмник, названный им «Комсомолец», который и был рекомендован к внедрению в производство (см. рис. 2).

### СОВРЕМЕННЫЙ ДЕТЕКТОРНЫЙ ПРИЁМНИК

Интерес к детекторным приёмникам сохранился и в наши дни. В хорошем смысле детекторный приёмник можно назвать антикризисным приёмником. Он не требует затрат на источники электропитания, так как в нём используется только энергия передающей радиостанции. С созданием в последнее время более совершенных радиоэлектронных микросхем теперь можно создать детекторный приёмник с более высокой чувствительностью. Что же это за микросхемы? Речь идёт о недавно созданных MOSFET EPADs arrays с электрически-программируемой пороговой архитектурой [2] (Electrically-Programmable Analog Devices, EPADs). Данные устройства обладают уникальными свойствами по потребляемой мощности (нВт), работают со сверхнизкими питающими напряжениями (меньше 0,5 В).

Приведём впечатляющие характеристики уже выпускаемой микросхемы ALD110900. Один каскад усилителя:  $V_+ = 0,5 \text{ В}$ ,  $I_+ = 1,9 \text{ мкА}$ ,  $Pd = 960 \text{ нВт}$ ,  $\text{Gain} = 24$ . Два каскада усиления:  $V_+ = 0,5 \text{ В}$ ,  $I_+ = 2,8 \text{ мкА}$ ,  $Pd = 1,4 \text{ мкВт}$ ,  $\text{Gain} = 525$ . Используя такую микросхему, удаётся собрать современный высокочувствительный детекторный приёмник (см. рис. 3). Его схема практически ничем не отличается от классической, за исключением использования в качестве детектирующего и усиливающего устройства EPAD MOSFET.

### ЛИТЕРАТУРА

1. А.С. Попов в характеристиках и воспоминаниях современников. М.: Академия наук СССР, 1958.
2. Chao R. Design with ultra-low voltage MOSFET arrays. Planet Analog. 08.31.2005.

## ВТОРИЧНАЯ ОПТИКА ДЛЯ НОВЫХ СЕРИЙ СВЕТОДИОДОВ CREE XR-E, XR-C, MC-E

### КАЧЕСТВО И НАДЕЖНОСТЬ

#### Линзы и держатели Carclo 20 мм для светодиодов Cree XR-E, XR-C, MC-E

Наименование	Описание	Белый XR-E		Белый MC-E	
		КПД по световому потоку, %	Угол излучения, °	КПД по световому потоку, %	Угол излучения, °
10193	Plain Tight	87,3	8,2	84,5	20
10194	Frosted Narrow	86,9	10,35	83	24
10208	Ripple Medium	86,9	19,5	82,5	29
10195	Frosted Medium	82,9	17,9	78	27,5
10209	Ripple Wide	81,7	20,5	80	36,5
10196	Frosted Wide	78,1	31,5	70	45
10197	Elliptical	86	47 × 8	81	44 × 23
10198	Elliptical Orthogonal	85,6	8 × 47	80	22 × 44



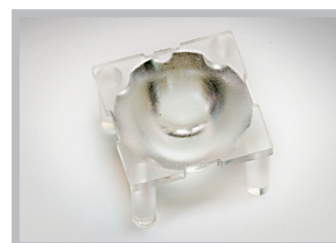
#### Держатели Carclo 20 мм для линз для светодиодов Cree XR-E, XR-C, MC-E

Наименование	Описание
10568	Держатель для линзы 20 мм для светодиодов XR-E, XR-C, цвет – прозрачный
10566	Держатель для линзы 20 мм для светодиодов XR-E, XR-C, цвет – черный
10513	Держатель для линзы 20 мм для светодиодов MC-E, цвет – прозрачный



#### Линзы Carclo 10 мм для светодиодов Cree XR-E, XR-C

Наименование	Описание	Белый XR-E	
		КПД по световому потоку, %	Угол излучения, °
10412	Plain Medium Flat front	91,8	16,5
10413	Frosted Medium	87,2	25,9
10414	Frosted Wide	80	36,7
10415	Elliptical	88,1	43 × 16



Для монтажа линзы Carclo 20 мм используется специальный держатель. Держатели приклеиваются к поверхности печатной платы клеем.

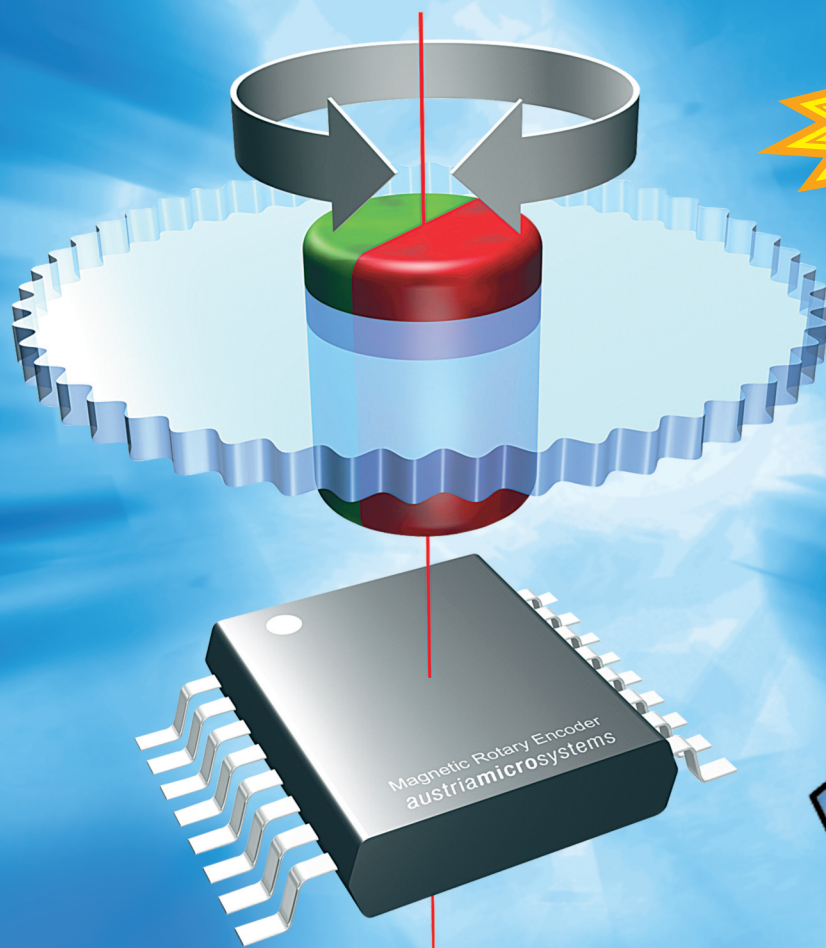
Для монтажа линзы Carclo 10 мм не требуется держатель, линза имеет специальные ножки для крепления на печатной плате, в которой должны быть предусмотрены технологические (посадочные) отверстия; линза приклеивается к поверхности печатной платы клеем.

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВТОРИЧНОЙ ОПТИКЕ НА САЙТЕ [www.xlight.ru](http://www.xlight.ru)

- Информация по оптике для светодиодов Cree XR-E, XR-C, XR.
- Кривые силы света (диаграммы направленности) на оптику Carclo, Ledil.
- Габаритные чертежи линз и держателей.

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПОСТАВЩИК ПРОДУКЦИИ XLIGHT В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ

# ПРОГРАММИРУЕМЫЕ МАГНИТНЫЕ ДАТЧИКИ УГЛА ПОВОРОТА



150°C

 austriamicrosystems

## ХАРАКТЕРИСТИКИ

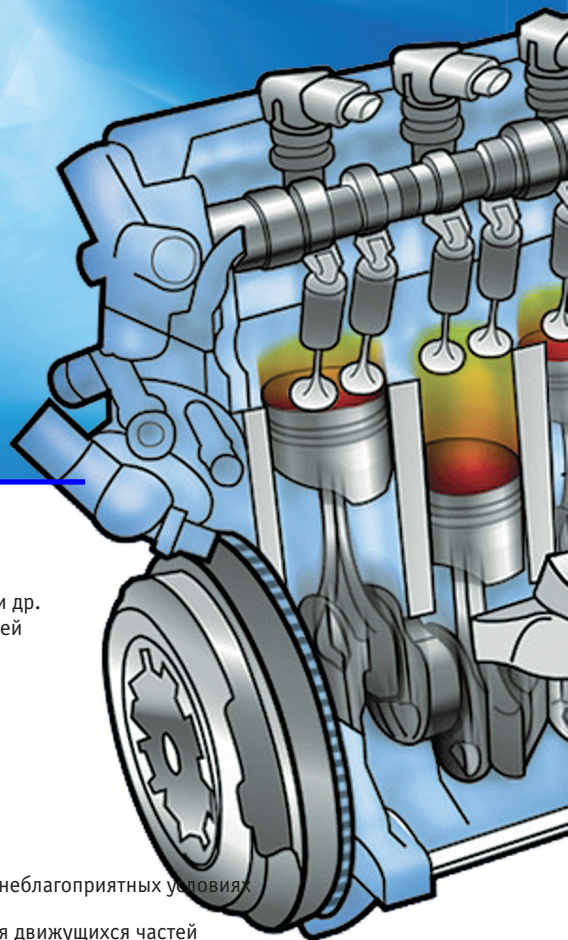
- разрешение 8, 10 и 12-бит
- точность до 0,0875° (4096 позиций)
- интерфейсы
  - синхронный последовательный интерфейс
  - широтно-импульсная модуляция
  - инкрементный
  - аналоговый
  - управляющие сигналы для бесколлекторного двигателя постоянного тока
- программирование «нулевой позиции»
- высокая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

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

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

## ПРЕИМУЩЕСТВА

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



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ AUSTRIAMICROSYSTEMS

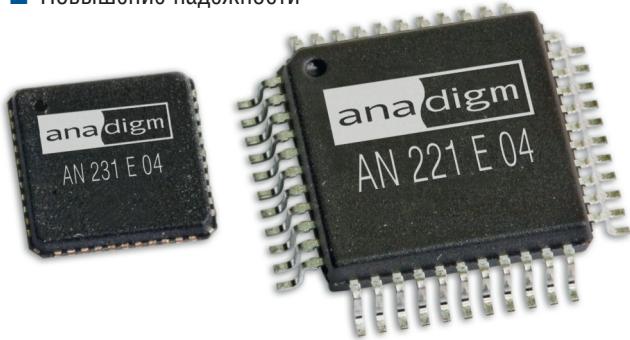
**PROSOFT**®

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

# ПРОГРАММИРУЕМЫЕ АНАЛОГОВЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ: ВСЬ СПЕКТР АНАЛОГОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ НА ОДНОМ КРИСТАЛЛЕ!

## ОСНОВНЫЕ ДОСТОИНСТВА FPAА

- Статическая и динамическая конфигурация структуры
- Однокристалльные системы аналоговой обработки
- Программное изменение характеристик системы
- Автоматически перестраиваемые и адаптируемые схемы
- Упрощение настройки и регулировки
- Увеличение жизненного цикла изделия
- Снижение стоимости
- Повышение надёжности



Микросхемы FPAА Anadigm

## Отладочный комплект AN231K04-DVLP3

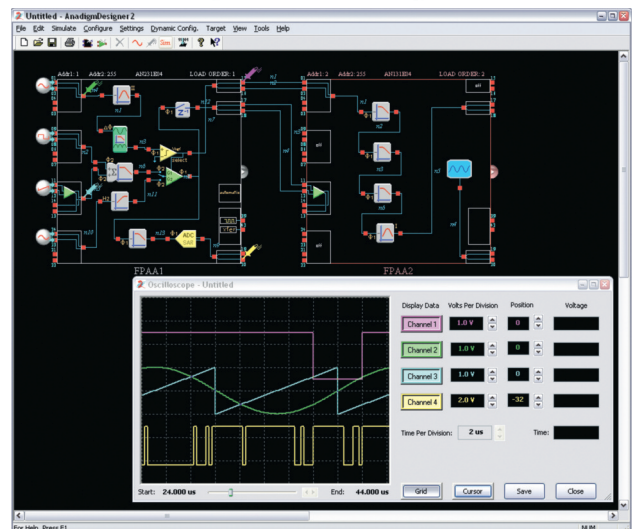
- Отладочная плата AN231K04, кабель RS-232, САПР Anadigm Designer®2
- Открытая лицензия, техническая документация, руководство пользователя на русском языке
- Техническая поддержка и консультации

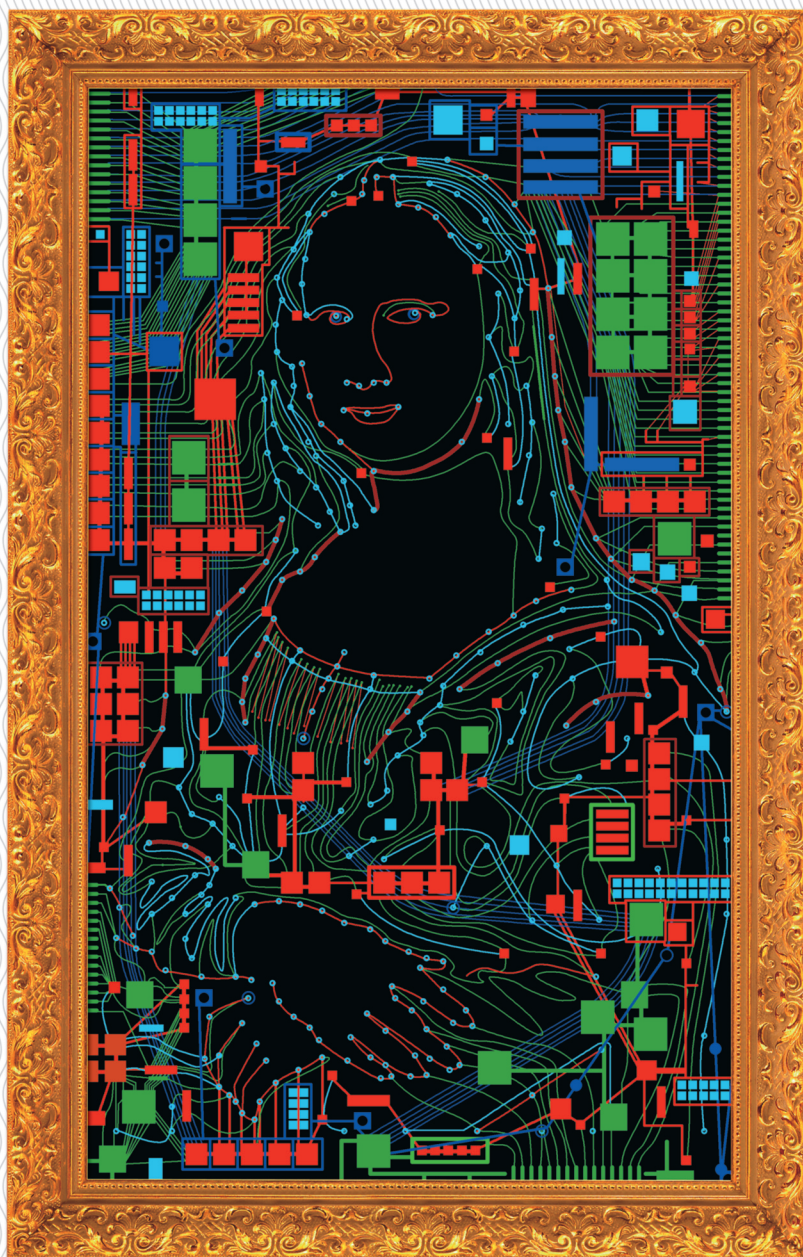
## САПР Anadigm Designer®2

- Простой и интуитивно понятный интерфейс
- Четырехканальный виртуальный осциллограф
- Автоматическое формирование С-кода для управления с микропроцессора или микроконтроллера
- Автоматическое формирование конфигурационных данных

## На одном кристалле FPAА содержится:

- Дифференциальные компараторы
- Операционные и инструментальные усилители
- Инструментальные усилители
- Фильтры
- Источники образцового напряжения
- Усилители-ограничители
- Мультиплексор
- Выпрямители с ФНЧ
- Генераторы синусоидального сигнала
- Генераторы периодических сигналов специальной формы
- АЦП последовательного приближения
- Программируемые усилители





## **Торо** **Инструмент для создания шедевра**

Топологический трассировщик печатных плат Торо**R** – это:

- Высокая скорость и великолепное качество трассировки
- Превосходный набор инструментов, который многократно сокращает сроки разработки электронных устройств
- Гладкие, без изломов, проводники
- Уникальные алгоритмы и нетрадиционные подходы к решению сложных задач

**ДИСТРИБЬЮТОР EREMEX В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ**