

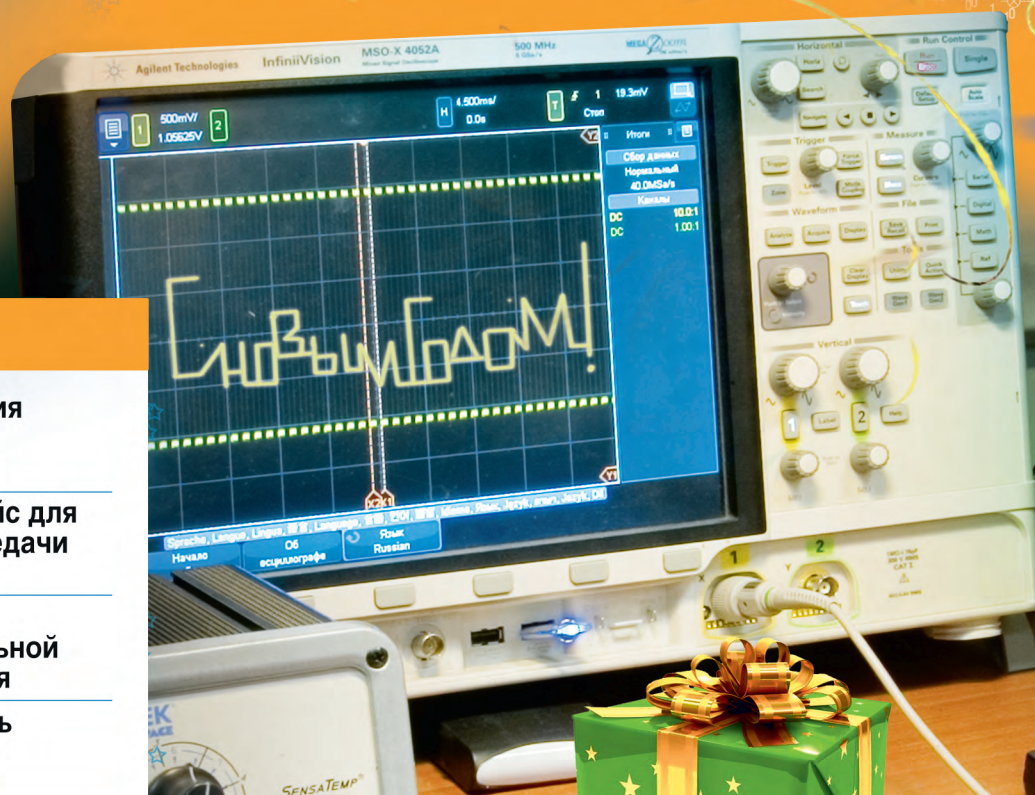
СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 1 2017



В номере:

- Реструктуризация предприятий Росэлектроники
- Новый интерфейс для скоростной передачи данных
- Реализация мультиспектральной системы видения
- Преобразователь USB-SPI на базе EFM8UB1
- Управление освещением по двум хлопкам в ладоши
- Проектирование широкополосного УМ на нитриде галлия

и многое другое...



App Store



Google Play

WWW.SOEI.RU

ОДНА ПЛАТФОРМА, БЕЗ ПРЕГРАД.

Простота гениальна

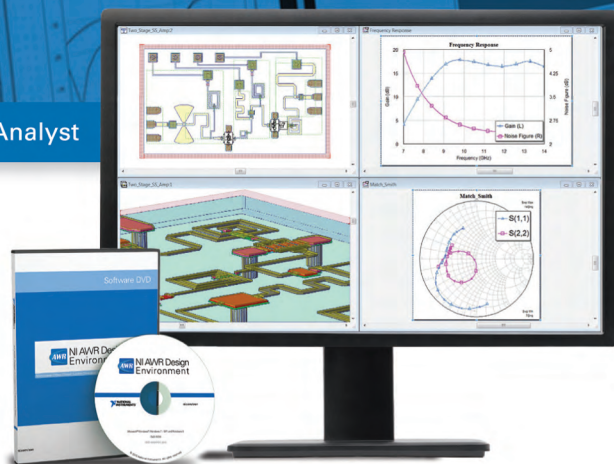
NI AWR DESIGN ENVIRONMENT

NI AWR Design Environment™ - это единая платформа, объединяющая системный, схемотехнический и электромагнитный анализ, для разработки продвинутых современных беспроводных систем: от базовых станций и мобильных телефонов до систем спутниковой связи. Интуитивно понятный пользовательский интерфейс, проверенные технологии симуляции и доступная архитектура с поддержкой сторонних решений – всё это устраняет преграды на пути к вашей успешной разработке! Проектирование стало гениально проще.

Более подробно см. на awr.com/ru

Microwave Office | Visual System Simulator | Analog Office | AXIEM | Analyst

Реклама

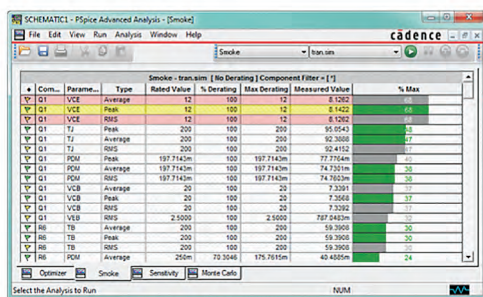




**Возможно,
компонент
перегружен!**

PSPICE Advanced Analysis

Уникальное решение для моделирования
и анализа аналого-цифровых схем



Smoke Parameters
These are Device Maximum Operating condition parameters required for Smoke Analysis

Device Max Ops	Description	Value	Unit
IC	Max collector current	50m	A
VCE	Max C-B voltage	20	V
VCE	Max C-E voltage	12	V
VCE	Max E-B voltage	2.5	V
PDM	Max power. This smoke parameter is valid for PEAK		
TJ	Max junction temp	200	C
RJC	J-C thermal resist	292	C/W
RCA	C-A thermal resist	583	C/W
SBSDP	Second breakdown slope		
SBHI	Sec breakdown intercept		
SBTDP	SB temp derate slope		
SBMIN	SB temp derate at TJ		

Обнаружение
перегруженных
компонентов
в PSPICE

- Моделирование в уникальном ПО PSPICE Advanced Analysis поможет верифицировать схемные решения
- Анализ Стрессов (PSPICE Smoke) найдет перегруженные компоненты, и позволит избежать отказов!
- Новый интерфейс PSPICE-MATLAB позволит вам использовать функции MATLAB при моделировании в PSPICE и передать результаты в MATLAB нажатием одной кнопки. Также можно использовать функции C/C++
- Изучите, как создавать модели компонентов в PSPICE. Вы сможете строить SPICE-модели импортных и отечественных компонентов на основе данных от производителя, или графиков практических измерений!
- **Улучшите выход годных изделий.** Задействуйте моделирование Монте-Карло для определения приемлемого уровня выхода годных, еще до запуска схемы в серийное производство
- **Снизьте стоимость изделий.** Определяйте работоспособность схемы для наихудшего сочетания параметров компонентов и внешних факторов, чтобы определить, где можно применить более дешевые компоненты
- **Оптимизируйте ваш проект.** С помощью PSPICE быстро оценивайте множество вариантов реализации устройства, чтобы определить наилучший на основе ваших уникальных критериев

БЕСПЛАТНО скачать демо-версию OrCAD + PSPICE можно на сайте: <http://www.orcad.com/buy/try-orcad-for-free>

Официальный дистрибьютор: ООО «ПСБ СОФТ»
www.pcbsoft.ru
+7 (800) 333-97-22

cadence
CHANNEL PARTNER

PCBsoft
PCB&IC SOFTWARE

Главный редактор
А.А. Смирнов

Заместитель главного редактора
А.А. Хлынов

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

Литературный редактор
О.И. Семёнова

Вёрстка
М.В. Петрова

Обложка
Д.В. Юсим

Распространение
И.С. Лобанова
(info@soel.ru)

Реклама
И.Е. Савина
(advert@soel.ru)

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



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

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

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

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

Свободная цена

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

Переписка материалов допускается только
с письменного разрешения редакции.
Ответственность за содержание рекламы
несут рекламодатели.
Ответственность за содержание статей
несут авторы.
Материалы, переданные редакции,
не рецензируются и не возвращаются.
Мнение редакции не обязательно совпадает
с мнением авторов.
Все упомянутые в публикациях журнала наименования
продукции и товарные знаки являются собственностью
соответствующих владельцев.

© СТА-ПРЕСС, 2016

1/2017 Contents

MARKET

Russian Market News	4
Roselectronica Concentrating all Businesses into Powerful Clusters and Enters the Civilian Markets	12

MODERN TECHNOLOGIES

Security in IoT Networking: Wi-Fi is Cheap or Cheerful? <i>Ilya Chepurin</i>	16
Innovative Hotel: a Cost-Effective Solution <i>Lev Tolstikov</i>	22
New Imaging System for Simultaneous Acquisition of Color and Near-Infrared Images <i>Masatoshi Okutomi, Emiko Kawaguchi</i>	24

ELEMENTS AND COMPONENTS

Modern 32-bit ARM Microcontrollers Series STM32: PWM <i>Oleg Val'pa</i>	26
Landmark in the Development of Industrial Ethernet: New Interface for High-Speed Data Transmission <i>Olga Romanovskaya</i>	30

DEVICES AND SYSTEMS

Hardware-Software Implementation of Multispectral Enhanced Vision System <i>Andrey Bondarenko, Maksim Bondarenko</i>	32
Recommendations for use of 5-watt radiation hardened DC/DC converters ARE100 series. Part 1 <i>Viktor Zhdankin</i>	38

ENGINEERING SOLUTIONS

Devices application practice on the MCU display modules by 4D Systems. Part 2 <i>Pavel Red'kin</i>	44
USB-SPI Interface Converter Based on the New 51-Compatible Microcontroller EFM8UB1. Part 1 <i>Aleksey Kuzminov</i>	48
Clap Switch Acoustic Circuit <i>Aleksandr Odinets</i>	54

DESIGN AND SIMULATION

A Simulation-Based Flow for Broadband GaN Power Amplifier Design <i>Ivan Boshnakov, Malcolm Edwards, Larry Dunleavy, Isabella Delgado</i>	58
Integrating Multiple Technology Devices onto Laminate-Based Multi-Chip-Modules Using an Integrated Design Flow <i>Keefe Bohannon</i>	64
A Thousand and One «Minor Thing» on Electrical Schematics Editor in CAD Delta Design. Part 1 <i>Sergey Pilkin, Georgiy Shamanov</i>	68
Design and Simulation of PCB in CAD Allegro. Part 2 <i>Aleksandr Panov</i>	72
Search Design of Active Antialiasing Filters <i>Yulia Makarova, Vladimir Bugrov</i>	76
New Results in Analysis of the Correlation Devices Efficiency <i>Vladimir Bartenev</i>	82

PAGES OF HISTORY

Oh, those Germans! <i>Petr Novysh</i>	86
--	----



Содержание 1/2017

РЫНОК

- 4 Новости российского рынка
- 12 Росэлектроника сосредотачивает все предприятия в мощные кластеры и выходит на гражданские рынки

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 16 Безопасность в сетях IoT: Wi-Fi – это дешево или сердито?
Илья Чепурин
- 22 Инновационная гостиница: экономически выгодное решение
Лев Толстиков
- 24 Новая система единовременного получения изображения в цветном и ближнем ИК-диапазоне
Масатоши Окутоми, Эмико Кавагучи

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- 26 Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: ШИМ
Олег Вальпа
- 30 Веха в развитии промышленного Ethernet: новый интерфейс для скоростной передачи данных
Ольга Романовская

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- 32 Аппаратно-программная реализация мультиспектральной системы улучшенного видения
Андрей Бондаренко, Максим Бондаренко
- 38 Рекомендации по применению 5-ваттных радиационно-стойких DC/DC-преобразователей серии ARE100. Часть 1
Виктор Жданкин

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

- 44 Практика применения в устройствах на микроконтроллерах дисплейных модулей от 4D Systems. Часть 2
Павел Редькин
- 48 Преобразователь интерфейсов USB-SPI на новом x51-микроконтроллере EFM8UB1. Часть 1
Алексей Кузьминов
- 54 Акустический автомат управления освещением по двум хлопкам в ладоши
Александр Одинец

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 58 Проектирование и моделирование широкополосного усилителя мощности на нитрид-галлиевом транзисторе
Иван Бошнаков, Малколм Эдвардс, Ларри Данливи, Изабелла Дельгадо
- 64 Интеграция устройств на основе нескольких технологий в многокристальные модули на многослойных подложках
Киф Боханнан
- 68 Тысяча и одна «мелочь» редактора электрических принципиальных схем в САПР Delta Design. Часть 1
Сергей Пилкин, Георгий Шаманов
- 72 Проектирование и моделирование печатных плат в САПР Allegro. Часть 2
Александр Панов
- 76 Поисковое проектирование активных антиалиасинговых фильтров
Юлия Макарова, Владимир Бугров
- 82 Новые результаты анализа эффективности устройств корреляционного типа
Владимир Бартнев

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

- 86 Ах, эти немцы!
Пётр Новыш

ПОДПИСКА

2017

Концепция распространения журнала – бесплатная подписка для специалистов.



Предусмотрена подписка на печатную версию журнала или его электронный вариант.

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

Редакция напоминает о необходимости продления подписки на 2017 год.

Электронная версия для мобильных устройств

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

ПЛАТНАЯ ПОДПИСКА

Преимущества:

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

«Роспечать»

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

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

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

«Урал-Пресс»

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

Читатели из дальнего зарубежья могут оформить подписку через агентство

«МК-Периодика»

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

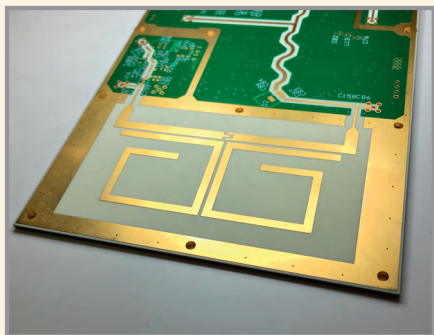


Новости российского рынка

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Уникальные платы на материалах Rogers от компании PCB Technology

Компания PCB Technology (Москва) наладила серийный выпуск многослойных печатных плат на СВЧ-материалах Rogers серий 3000 и 4000, а также с использованием новых материалов других брендов с аналогичными параметрами, но на 50–70% дешевле, что существенно сокращает издержки клиентов компании.



Уникальная особенность технологии – минимизация допусков на топологический рисунок, толщину слоёв платы и диэлектрические свойства материалов. Это обеспечивает гарантированную точность СВЧ-характеристик печатных плат.

СВЧ-материалы и препреги типовых толщин имеются на складе компании, что позволяет выполнять заказы клиентов в короткие сроки.

www.pcbtech.ru
pcb@pcbtech.ru

JTAG Technologies автоматизирует создание тестов памяти с использованием ядер процессоров

JTAG Technologies анонсирует новый программный инструмент CTPG, использова-

ние которого увеличит тестовое покрытие и скорость тестирования плат, проверяемых с помощью периферийного сканирования. В то время как классическая технология периферийного сканирования применяется для тестирования цифровых узлов стандартные регистры IEEE 1149.1, новая методика использует доступ через JTAG-интерфейс к ядрам микроконтроллеров, процессоров и FPGA. Но самая главная особенность программы CTPG – это возможность автоматически генерировать тестовые векторы для проверки микросхем памяти, подключённых к соответствующему микроконтроллеру.

Тестирование микросхем ОЗУ с помощью регистров периферийного сканирования процессоров или ПЛИС, к которым подключена память, уже давно автоматизировано: создание тестов занимает считанные секунды. Однако периферийное сканирование предоставляет довольно медленный тест, при котором могут быть упущены те дефекты на линиях ОЗУ, которые проявляются на рабочих частотах. Кроме того, тест может быть вообще неосуществим, если контроллер или процессор не поддерживает стандарт периферийного сканирования, а JTAG-интерфейс предоставляет доступ только к ядру. Создание же тестов памяти с использованием ядра вручную – довольно трудоёмкое занятие. Поэтому в компании JTAG Technologies был создан программный инструмент автоматической генерации таких тестов.

Программа CTPG работает со всеми тестерами JTAG Technologies и средой разработки тестов JTAG ProVision. Как и автоматически созданные приложения, использующие периферийное сканирование, тесты CTPG в результате их выполнения предо-

ставляют пользователю диагностические сообщения о наличии и местоположении найденных дефектов в текстовом виде. Найденные неисправные цепи и выводы компонентов могут быть отображены на рисунке печатной платы и схеме изделия с помощью программы JTAG Visualizer.

www.jtagtechnologies.ru
Тел.: (812) 313-9159

«Родник» представляет новые версии программ CAM350 12.2, DFMStream 12.2 и Blueprint-PCB 5.2

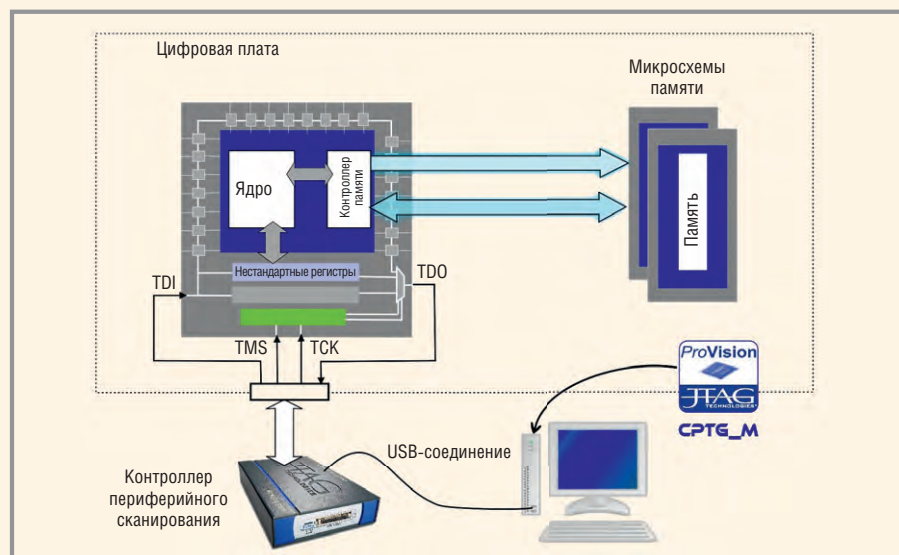
Компания «Родник» объявляет о начале поставок новых версий программного обеспечения для подготовки проектов печатных плат к производству CAM350 12.2 и DFMStream 12.2, выпущенных компанией DownStream Technologies, LLC. В программные пакеты добавлен целый ряд дополнительных возможностей, а также улучшено качество и скорость выполнения функций.



Новое в CAM350 12.2 и DFMStream 12.2:

- проверка корректности выполнения словового сверления. Функция контролирует расстояние от отверстия, выполненного слотовым сверлением, до элементов топологии:
 - UDTNC – от неметаллизированного отверстия до «меди»,
 - UDTHP – от неметаллизированного отверстия до контактной площадки,
 - UDTNT – от неметаллизированного отверстия до проводника,
 - DTNC – от металлизированного отверстия до «меди»,
 - DTNP – от металлизированного отверстия до контактной площадки,
 - DTNT – от металлизированного отверстия до проводника;
- осуществляется контроль наличия контактной площадки достаточных размеров вокруг монтажного отверстия для обеспечения «гарантированного пояса» (CPD);
- добавлена возможность автоматизированного построения различных маршрутов (по выбору) фрезеровки при изготовлении плат со сложным внешним контуром.

Кроме того, компания DownStream Technologies выпустила новую версию про-



Новости российского рынка

граммы автоматизированной подготовки конструкторской документации BluePrint-PCB 5.2. В пакет также добавлен ряд дополнительных возможностей.

Новое в BluePrint-PCB 5.2:

- возможность управления типом и цветом штриховки;
- расширенные возможности работы с указателями и выносными комментариями;
- возможность указания геометрических размеров сечения (Layer Stack-Up);
- использование фильтров для выбора группы объектов;

- перестраиваемая таблица параметров для используемых электронных компонентов;
- возможность управления включением/исключением компонентов в формируемых таблицах;
- изменения в интерфейсе для гибкого управления формированием размерных элементов.

Все заказчики с действующей технической поддержкой могут получить новые версии упомянутого программного обеспечения бесплатно.

Заказчики, у которых техническая поддержка просрочена, могут возобновить её без штрафов, оплатив только один год поддержки. Они смогут получить новые версии CAM350 12.2, DFMStream 12.2 и BluePrint-PCB 5.2.

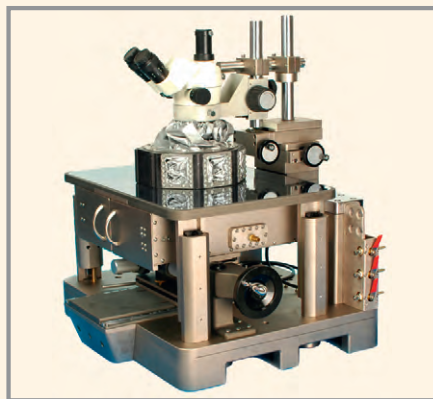
Данное предложение действительно для CAM350 версии 10.0 и выше, а также для всех версий программы BluePrint-PCB. Программа CAM350 версий 8 и 9 может быть обновлена после согласования с производителем данного программного обеспечения.

www.rodnik.ru

ИНСТРУМЕНТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Зондовая станция компании 3-S с температурной камерой –65...+200°C

Компания 3-S (Super Solution & Services Co., Ltd.) выводит на российский рынок зондовую станцию с температурной камерой для пластин диаметром 150 мм и отдельных модулей, способную поддерживать температуру в диапазоне –65...+200°C. Отличительной особенностью данной станции является низкая стоимость и автономность.



Решения компании 3-S ориентированы на научные и исследовательские центры в области микроэлектроники, для которых важны гибкость и функциональность. Индивидуальный подход к каждому заказчику позволяет решить практически любую поставленную задачу, ориентируясь на специфику конкретного проекта.

Компания 3-S предлагает измерительное оборудование для следующих областей применения:

- зондовые измерения на полупроводниковых пластинах от 100 до 300 мм (доступна опция нагрева вакуумного держателя пластин до 200/300°C и системы с температурной камерой от –65°C);
- зондовые измерения в сильном магнитном поле (≤ 2 Тл);
- криогенные зондовые измерения (–193°C);

- четырёхточечные измерения резистивных свойств полупроводниковых материалов;
- измерения Эффекта Холла;
- тестирование солнечных батарей.

Компания 3-S также выпускает установочные для:

- точного осаждения тонких плёнок;
- разрезания пластин;
- склеивания / горячего теснения;
- вакуумного напыления;
- обеспечения процесса литографии.

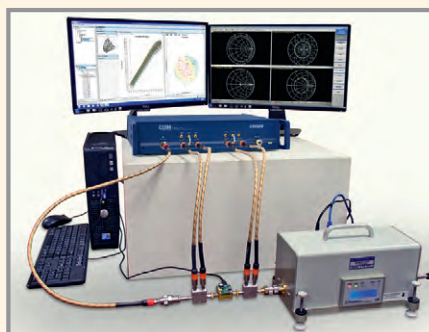
Компания 3-S лояльна к области применения измерительных систем и открыта для сотрудничества с предприятиями оборонно-промышленного комплекса России. В офисе официального дистрибьютора всегда можно ознакомиться с образцами оборудования.

www.companyscan.ru

Тел.: (495) 227-6485

Современная система Load Pull российского производства

Компания Mury Microwave совместно с ПЛАНАР (г. Челябинск) и НПК ТАИР (г. Томск) анонсирует выпуск автоматизированных измерительных систем с переменным импедансом (Load Pull Measurement System). Системы ориентированы на измерение входной и выходной мощности, коэффициентов передачи и эффективности при исследовании активных устройств.



Основой системы являются автоматизированные тюнеры импеданса, известные как трансформаторы согласующие или трансформаторы полного сопротивления, и векторный анализатор цепей российского производства с возможностью прямого доступа к приёмникам.

С помощью тюнеров изменяется согласование измерительного тракта в целях определения состояния, при котором исследуемое устройство обеспечивает оптимальные параметры или достижимые в реальных условиях применения характеристики. Коэффициент отражения, регулируемый тюнерами, перекрывает практически всю комплексную плоскость диаграммы Вольперта-Смита.

Анализатор цепей с прямым доступом, C2209 или C2220 серии КОБАЛЬТ, позволяет вводить в тракт дополнительные усиливающие, фильтрующие или согласующие цепи, одновременно обеспечивающие требуемый режим работы исследуемого устройства и приёмников. Прибор имеет четыре независимых канала приёма. Одновременный анализ и обработка напряжений в комплексной форме на выходе каждого из них позволяют определять электрические параметры устройства в зависимости от частоты, входной мощности и при изменении импедансов источника сигнала и нагрузки. При соблюдении правильной техники калибровки системы опорные плоскости отчёта всех интересующих параметров будут привязаны к соединительным контактам самого устройства.

Система работает под управлением программного обеспечения, разработанного компанией Mury Microwave, которое имеет простой интерфейс пользователя и реализует специальный математический аппарат, проверенный годами международной практики, для получения точных и достоверных результатов измерений.

www.murymw.com, www.npktair.com

Тел.: (3822) 901-163

Новости российского рынка

Цифровой микроскоп для контроля качества изделий в формате HD

ООО «Совтест АТЕ» представляет новую систему видеоинспекции Inspectis C12 от стратегического партнёра компании Nikon Metrology. Этот компактный, быстрый и удобный микроскоп с высоким качеством изображения является бюджетной альтернативой хорошо зарекомендовавшему себя на российском рынке цифровому микроскопу ShuttlePix P-400Rv (Nikon, Япония).



Inspectis C12 разработан на базе цифровой камеры высокого разрешения (Sony, 1/3" CMOS, ~1,4 МПикс) и предназначен для визуальной инспекции и контроля качества электронных модулей и фотошаблонов, инспекции изделий машиностроения, используется при диагностических и ремонтных работах, монтаже компонентов и пр.

Inspectis C12 обладает следующими характеристиками: оптический зум 12х, системное увеличение 100х, автофокус. Стандартная оптика микроскопа обеспечивает увеличение в диапазоне 2,5–30х (на мониторе 27"). При необходимости его можно дооснастить макрообъективами (максимальное увеличение – 100х).

Inspectis C12 отличается интуитивно простой настройкой и управлением. Значения увеличения, яркости и цвета подсветки оператор может регулировать с помощью кнопок на корпусе микроскопа или дистанционно через специальный пульт.

Система оборудована лазерным указателем, который позиционируется на исследуемом участке образца и помогает отобразить интересующую область на мониторе.

Подключение Inspectis C12 к HD-монитору, ТВ или ПК позволяет в реальном времени получать чёткие изображения inspectируемых образцов с высоким разрешением, контрастом и цветопередачей. Полученные снимки сохраняются на SD-карту или через модуль видеозахвата (интерфейс USB 3.0) на ПК.

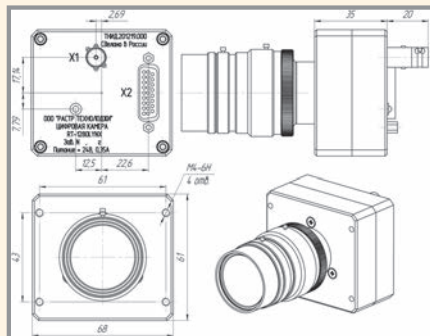
Эргономичная конструкция и рабочее расстояние 245 мм позволяют оператору комфортно работать с системой и эффективно выполнять задачи инспекции.

www.sovtest.ru

Тел.: (4712) 545-417, (800) 200-5417

Цифровая камера RT-1280LYNX на базе КМОП сенсора LYNX

На I квартал 2017 г. запланирован выпуск цифровой камеры RT-1280LYNX для регистрации видео в сложных условиях наблюдения при низкой освещённости, его обработки и записи в реальном масштабе времени.



Отличительная особенность RT-1280LYNX – наличие встроенного видеопроцессора с DDR2-памятью, что позволяет обрабатывать потоковое видео в реальном времени. Расширенная спектральная чувствительность матрицы, высокая квантовая эффек-

тивность и расширенный динамический диапазон позволяют получать информативные изображения как в сумерки, так и в тёмное время суток. Наличие интерфейсов позволяет управлять внешними устройствами, принимать телеметрию и подмешивать её в видеопоток, проводить мониторинг температуры. Корпус рассчитан на жёсткие условия эксплуатации. Конструктивно видеокamera состоит из двух плат: фотоприёмник и плата обработки с интерфейсами и источником питания.

Технические характеристики цифровой камеры RT-1280LYNX

Параметр	Значение
Число пикселей	1280 × 1024
Размеры пикселя, мкм	9,7 × 9,7
Фокальная область / диагональ, мм	12,65 × 10,13 / 16
Оптический формат	1"
Размер видеоматрицы, мм	14,7 × 12,6
Частота кадров, Гц	100
Глубина оцифровки видеосигнала, бит	10
Ёмкость пикселя, е ⁻	>25000
Темновой ток, е ⁻	не менее 4
Динамический диапазон, дБ	>60
Объём памяти DDR2, МБ	256
Интерфейс передачи данных, управления	CoaXpress
Скорость передачи данных, Гб/с	<3,125
Длина коаксиального интерфейсного кабеля, м	≤100
Внешние интерфейсы	RS-485, LVTTTL
Синхронизация	внешняя / внутренняя
Оптронная развязка внешнего триггера	имеется
Программирование	JTAG
Питание, В	4,5...40
Потребляемая мощность, Вт	<3,5
Габариты (без объектива), мм	68 × 61 × 35
Диапазон рабочих температур, °C	-40...+70

www.rastr.net

Тел.: (495) 789-9367

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Автоматический калибровочный модуль 20 ГГц для векторных анализаторов цепей

Компания «ПЛАНАР» приступила к выпуску нового автоматического калибровочного модуля (АКМ) АСМ2520, предназначенного для проведения полной одно- и двухпортовой калибровки векторных анализаторов цепей (ВАЦ).

Калибровка с использованием АКМ имеет ряд преимуществ перед традиционной, с использованием комплекта механических мер:

- позволяет сократить количество присоединений различных мер (при полной двухпортовой калибровке вместо подключения 7 мер требуется всего одно подключение АКМ к прибору);
- ускоряет процедуру калибровки;
- уменьшает вероятность ошибок оператора;
- обладает более высокой точностью;
- снижает износ измерительных разъемов ВАЦ.

Для уменьшения погрешностей калибровки с помощью АКМ в диапазоне рабочих



температур +18...+28°C используется термокомпенсация. Диапазон рабочих частот составляет от 100 кГц до 20 ГГц, размеры – 106,4 × 55 × 28 мм, вес 435 г.

www.planar.chel.ru

Тел.: (351) 729-9777

Новости российского рынка

Отладочная плата для ПЛИС

АО «ВЗПП-С» (г. Воронеж), являющееся одним из крупнейших поставщиков элементной базы для предприятий-изготовителей радиоэлектронной продукции, средств связи и аппаратуры специального назначения, в рамках развития технологии сборки и выпуска программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) в металлокерамических корпусах освоило серийное производство новой отладочной платы 5578TC024.01.

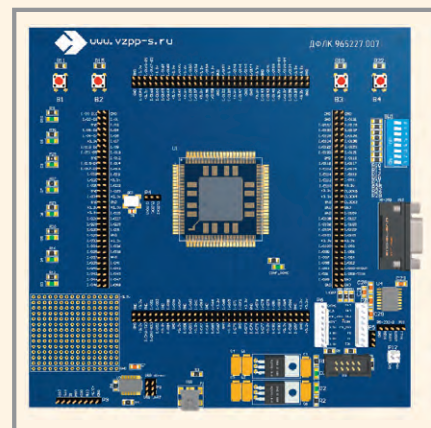
Плата предназначена для первоначального знакомства с ПЛИС 5578TC024 ёмкостью 500 тысяч вентилей (серийно поставляется с 2015 г.), отработки программных алгоритмов и тестирования программ. Таким образом, для всей номенклатуры выпускаемых АО «ВЗПП-С» ПЛИС имеются комплекты необходимых инструментов разработчика. На плате имеются все стандартные интерфейсы для управления и программирования, светодиодная индикация состояний, а также монтажное поле для установки технологических элементов.

Питание отладочной платы может осуществляться от разъёма USB или вывода на плате. При питании от порта USB или от

разъёма питания должно подаваться постоянное напряжение 5 В. Ток потребления – до 3 А. Габаритные размеры составляют 175 × 175 мм. Масса – не более 600 г.

Характеристики ПЛИС 5578TC024:

- ТУ – АЕЯР.431260.978ТУ;
- функционально совместимы с изделием EP2C8 (Altera);
- напряжение питания ядра – 1,8 В, 5%;
- напряжение питания периферии – 3,3...0,3 В;
- программируемый режим циклической перезаписи конфигурационной памяти;
- программируемый режим верификации конфигурационной памяти без выхода из рабочего состояния;
- режимы последовательной и параллельной загрузки конфигурации ПЛИС по специальному загрузочному порту;
- программируемые блоки удержания выводов пользователя в последнем состоянии;
- для конфигурирования рекомендуется использовать ПЗУ 5578PC015 производства АО «КТЦ «ЭЛЕКТРОНИКА»;
- для проектирования используется САПР Quartus II (Altera) и «Инструментарий для формирования конфигурационных данных ПЛИС» (АО «КТЦ «ЭЛЕКТРОНИКА»);



- выпускается в 256-выводном металлокерамическом планарном корпусе 4244.256-3. Основные функциональные параметры:
- типовая логическая ёмкость 500 000 вент.;
- количество логических элементов 7 200;
- объём встроенной памяти 368 640 бит;
- количество умножителей 18 × 18, 20 шт.;
- количество пользовательских выводов 172;
- диапазон температур окружающей среды –60...+85°C.

www.vzpp-s.ru

Тел.: (473) 223-6951



ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ИНОСТРАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Квалифицированный поставщик в системе «ЭЛЕКТРОНСЕРТ».

Поставка ЭКБ отечественного производства категорий качества ОТК, ВП, ОСМ, ОС.

Поставка ЭКБ иностранного производства с предоставлением гарантий качества, проведением сертификационных испытаний на соответствие нормативным документам и установленным требованиям.



Россия, 105318, Москва, Семеновская площадь, д.7, e-mail: info@favorit-ec.ru, тел/факс: +7(495) 627 76 24, www.favorit-ec.ru

Новости российского рынка

Источник питания для светодиодов

A220T075C160H22 предназначен для питания светодиодной нагрузки мощностью до 120 Вт стабилизированным током. Источник питания обеспечивает сверхнизкие пульсации выходного напряжения и может быть использован в осветительных установках для промышленного, уличного и внутреннего освещения, а также в осветительных установках для помещений с ЭВМ и прочих помещений, предъявляющих высокие требования к коэффициенту пульсаций освещённости.



Конструктивно выполнен в алюминиевом корпусе и залит теплопроводным компаундом. При работе предполагает пассивное охлаждение за счёт естественной конвекции. Допускает внешние воздействия по классу IP66. Соответствует требованиям ТУ 6390-121-40039437-11.

Основные свойства:

- работа в диапазоне входного напряжения 170...280 В переменного тока;
- сверхнизкие выходные пульсации;
- подходит для помещений с ЭВМ;
- гальваническая развязка;
- недорогое и высоконадёжное решение;
- гарантия три года.

Предусмотрены следующие комплексы самовосстанавливающих защит:

- от короткого замыкания на выходе;
- от холостого хода на выходе;
- от превышения входного напряжения (функционирование прекращается при возникновении на входе ИП переменного напряжения от 300 до 380 В – обрыв нулевого проводника питающей сети или перекос фаз);
- тепловая защита (срабатывает при температуре +86...+90°C).

Модули можно эксплуатировать в диапазоне температур -40...+50°C. Они могут храниться при температуре -40...+85°C. Допустимый уровень влажности (при $t_{\text{окр.среды}} = 25^\circ\text{C}$) составляет 100%.

ИП соответствуют следующим стандартам электробезопасности и ЭМС: ГОСТ Р 51317.4.5-99, ГОСТ Р 51318.15-99, ГОСТ Р 51317.3.2-2008 и ГОСТ Р 51317.3.3-2008.

Электрическая прочность изоляции «вход-выход» составляет 1500 В (действи-

ющее значение испытательного напряжения частотой 50 Гц). Среднее время наработки на отказ (MTBF) при температуре корпуса +40°C – 150 000 ч. Размеры модулей (В × Ш × Д) – 48 × 48 × 262 мм. Вес – 0,85 кг.

www.mmp-irbis.ru

Тел. (495) 987-1016

Новый 19-дюймовый дисплей AUO для уличных терминалов

Специалисты компании AUO создали новый ЖК дисплей для уличного применения. Устройство выдерживает температуру от -30°C. Яркость подсветки – 1600 кд/м². По состоянию на конец 2016 года на рынке нет других дисплеев с подобным сочетанием характеристик.

В современных уличных терминалах управления для выполнения необходимых функций инженеры стали использовать дисплеи с большой диагональю. Главная сложность в разработке таких устройств – требование широкого диапазона рабочих температур. В нашей стране желательно, чтобы монитор сохранял работоспособность при температуре -20°C, а лучше -30°C.



Вторая проблема – яркость подсветки. Информация с дисплея нормально считывается при солнечном свете, без козырьков, колючих и т.п., если яркость подсветки – не менее 700 кд/м². Для повышения внешнего контраста рекомендуется использовать антибликовый фильтр.

Идеальным решением для таких применений является дисплей G190ETN01.6. Он изначально разрабатывался именно для уличного применения.

Основные характеристики дисплея G190ETN01.6:

- рабочая область изображения (Ш × В) – 376,32 × 301,06 мм;
- габаритные размеры дисплея (Ш × В × Г) – 396,32 × 324,00 × 16,30 мм;
- разрешение – 1280 × 1024;
- тип матрицы – TN;
- система подсветки – LED (драйвер встроен);
- яркость – 1600 кд/м²;
- контрастность – 1000:1;
- размер диагонали – 19" (48,0 см);
- интерфейс – LVDS (2-ch);
- диапазон рабочих температур -30...+70°C;

- время отклика – 10 мс;
- углы обзора – 12 часов (85°), 6 часов (85°) и боковой (160°), 170° по горизонтали и 160° по вертикали.

Разработчиками заложен встроенный драйвер питания светодиодной подсветки, что редкость для таких ярких дисплеев.

Панель G190ETN01.6 входит в линейку поставок компании ПРОЧИП. Специалисты подберут необходимые аксессуары: кабели подсветки и питания, а при необходимости и контроллер.

www.prochip.ru

Тел.: (495) 232-2522

Обновление модельного ряда AUO

Компания AU Optonics – один из мировых лидеров в производстве ЖК-матриц, проводит обновление модельного ряда продукции в сегменте промышленных дисплеев.



Согласно дорожной карте производителя до конца 2017 г. планируется снять с производства следующие дисплеи:

- H240QN02 V3
- A035QN02 VF
- A043FW03 V2
- G070VFN01.1
- A116XW02 V0
- B140HAN01.1

ПРОЧИП рекомендует рассмотреть в качестве замены другие дисплеи (см. таблицу).

Варианты замены снимаемых с производства дисплеев

Модель, снимаемая с производства	Современный аналог
H240QN02 V3	N/A
A035QN02 VF	A035QN02 VG
A043FW03 V2	G043FW01 V0
G070VFN01.1	G070VFN01.2
A116XW02 V0	N/A
B140HAN01.1	G140HAN01x (в перспективе)

Напоминаем, что после истощения запасов на складе производителя снятые с производства модели будут недоступны к заказу. В случае если модель дисплея, используемая в оборудовании, была снята с производства, рекомендуется рассмотреть возможность замены на современный аналог либо закупка количества, требуемого для поддержания проекта.

www.prochip.ru

Тел.: (495) 232-2522

Новости российского рынка

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

Миниатюрные DC/DC-преобразователи для медицинского оборудования

Компания XP Power объявила о начале выпуска 2-ваттных DC/DC-преобразователей серий IML02 и ISM02, которые разработаны специально для применений в медицинских электрических приборах и аппаратах, которые требуют между входными и выходными цепями безопасную изоляцию. Новые преобразователи обеспечивают усиленную изоляцию 4000 В (рабочее напряжение переменного тока) с защитой пациента 1×MOPP при рабочем напряжении 300 В (250 В переменного тока для серии IML02) и являются идеальными для применения в оборудовании, которое находится в намеренном контакте с пациентом, имеют очень низкий ток утечки на пациента (2 мкА).



Новые модули доступны в одно- и двухканальном исполнении и выполнены в корпусе для поверхностного монтажа (серия ISM02) или в корпусе SIP-7 для монтажа в отверстия печатной платы (серия IML02).

Небольшие размеры корпуса SIP-7 модулей серии IML02 (19,5 × 9,8 × 12,5 мм) и модулей серии ISM02 (24 × 18 × 9 мм) занимают меньше места на печатной плате, и в обоих случаях предоставляют разработчикам аппаратуры больше места для добавления дополнительных функциональных возможностей или позволяют сократить общие габариты законченного изделия.

Обе серии характеризуются расширенным диапазоном рабочих температур: -40...+85°C для серии IML02 и -25...+105°C для серии ISM02. Предлагая высокий КПД, широкий диапазон рабочих температур и весьма небольшую площадь основания, новые модули преобразователей напряжения хорошо подходят для применения

в современных компактных медицинских электрических приборах и аппаратах.

Серия IML02 доступна с четырьмя различными входными диапазонами напряжения с номинальными напряжениями 5, 12, 15 или 24 В, тогда как серия ISM02 доступна для работы с четырьмя диапазонами входных напряжений 5, 12 и 24 В постоянного тока. Серия ISM02 включает одноканальные модели с выходными напряжениями 5, 12, 15 В и двухканальные модели с выходными напряжениями ±12 и ±15 В, тогда как серия IML02 включает одноканальные модели с выходными напряжениями 3,3, 5, 9, 12, 15 В и двухканальные исполнения с каждым выходным напряжением.

Преобразователи соответствуют по уровню кондуктивных помех требованиям стандарта EN55011 Class B (для снижения кондуктивных помех для серии IML требуется применение небольшого внешнего фильтра) и соответствуют требованиям международных стандартов 60601-1 к безопасности операторов и пациентов.

Новые 2-ваттные DC/DC-преобразователи компании XP Power предлагают самые последние технологии и расширенный диапазон рабочих температур, превосходное значение КПД и компактные размеры. Они являются преобразователями следующего поколения для применения в медицинской аппаратуре.

Модули поддерживаются трёхлетней гарантией производителя.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

Новые светодиоды компании Cree для применения в растениеводстве

Компания Cree Inc. объявила о выпуске светодиодов (СД) XLamp серии XQ-E и XP-E High Efficiency (HE) Photo Red темно-красного цвета свечения с высокими характеристиками, предназначенных для применения в растениеводстве. Новые СД имеют оптическую мощность примерно на 21% выше, чем предыдущее поколение СД Photo Red серий XQ-E и XP-E. Применение данных СД позволит производителям светотехнических изделий улучшить характеристики изделий, уменьшить их размеры и снизить себестоимость.

СД серии XQ-E High Efficiency Photo Red LED установили новый уровень характеристик. Они позволяют получить значения фотосинтетически активной радиации (ФАР) до 5,39 мкмоль/с при окружающей

температуре +85°C и при размерах основания корпуса 1,6 × 1,6 мм. Отношение светового выхода к размеру основания у новых СД серии XQ-E почти в два раза выше, чем у конкурентов. Новые СД серии XP-E High Efficiency Photo Red позволяют получить значения ФАР до 6,08 мкмоль/с при окружающей температуре +85°C. Это первые СД, значение оптической мощности которых превысило рубеж 1 Вт при окружающей температуре +85°C.

По словам руководства светодиодного направления компании Cree Inc., такое превосходство характеристик новых Photo Red СД серий XQ-E и XP-E High Efficiency, основанных на проверенной технологии производства, позволит заказчикам разрабатывать изделия с высокими характеристиками и долгим сроком службы для новых направлений, где применение СД только начинается. Одним из таких быстро развивающихся направлений является светотехническое оборудование для растениеводства, для которого компания Cree предлагает эффективные синие (Royal Blue), белые (White) и темно-красные (Far Red) СД.



Обе серии СД – XQ и XP – разработаны на основе испытанной технологии компании Cree, поэтому отличаются эффективностью и надёжностью. СД изготовлены на керамическом основании, что позволяет обеспечить им, согласно расчётам, долговечность свыше 100 000 часов даже при температуре активной области +105°C (R90 lifetimes). Кроме того, важным фактом является наличие для данных серий проверенных моделей вторичной оптики, которые можно применять с новыми СД без изменения кривой светораспределения, что позволит разработчикам сэкономить время на доработку и вывод на рынок изделий на основе данных СД.

СД XQ-E и XP-E High Efficiency Photo Red доступны к заказу. По вопросам приобретения, заказа образцов, а также за технической консультацией можно обращаться в компанию ProChip.

www.prochip.ru

Тел.: (495) 232-2522

Новости российского рынка

Новинки на рынке силовой коммутации

В 2016 г. перед Gigavac было поставлено несколько нестандартных задач. Первая – сделать контактор, который можно установить на плату. Вторая – создать контактор, который справлялся бы со значительными нагрузками по току в высоковольтной цепи. Специалисты компании с поставленными задачами справились.



Теперь вы можете заказать в ЗАО «ACC» контакторы новой серии PCB Mount для монтажа на плату. Кроме того, уже доступен к заказу контактор HX460 – практически бесшумный, быстродействующий, со степенью защиты IP67–69, способный коммутировать ток до 1250 А при напряжении до 1500 В и имеющий габаритные размеры, не превышающие 20 см при весе 4,2 кг. Срок поставки реле и контакторов небольшими партиями составит не более одного месяца. Многие наименования контакторов уже есть в наличии на складе в Москве.

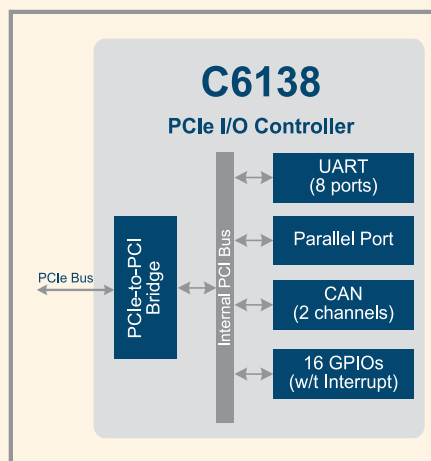
Официальный представитель Gigavac в России и СНГ – ЗАО «ACC».

www.escltd.ru
Тел.: (495) 925-5012

Расширитель портов ввода/вывода от компании RDC

Компания RDC Semiconductor представила новую линейку периферийных контроллеров. C6134, C6138 и C6238 являются мультифункциональными I/O-контроллерами периферийных устройств

и расширения периферийных устройств ввода/вывода компьютеров и микропроцессорных блоков, подключаемых по шине PCI или PCI Express.



Драйверы контроллеров полностью совместимы с операционными системами Linux и Windows. Вся линейка продуктов имеет 16C550-совместимые порты UART и один совместимый с IEEE1284 параллельный порт. Контроллеры предполагаются использовать при управлении производственными системами, в сфере автоматизации производства и в системах передачи данных.

Ключевые особенности:

- встроенный CAN-контроллер;
- посадочное место 13 мм²;
- промышленные UART;
- технология DMA (прямой доступ к памяти);
- порты ввода/вывода общего применения.
- диапазон рабочих температур –40...+85°C.

www.prochip.ru
Тел.: (495) 232-2522

Новые возможности оптических энкодеров Grayhill

После успеха энкодера серии 62AG, Grayhill запускает G-версии для серий энкодеров 62S и 62N. Новые модели 62SG

и 62NG имеют конкурентоспособные цены и отвечают высоким требованиям, предъявляемым к человеко-машинному интерфейсу.

Серии 62NG и 62SG энкодеров изготавливаются только из отлитых элементов при помощи технологии Hard Tooling и используют в своей конструкции запатентованную технологию оптической коммутации. Это та же технология, которая была протестирована и доказала свою надёжность в серии 62AG. Усовершенствования дизайна энкодеров линейки 62xG позволяют повысить надёжность и производительность, а также сделать цену более доступной и привлекательной для заказчиков. Благодаря оптической коммутации в конструкции энкодера наработка на отказ составляет один миллион вращательных циклов, что обеспечивает большую долговечность по сравнению с механическими энкодерами.



Расстояние с задней стороны панели для энкодера 62SG составляет всего 7,5 мм, что делает это изделие идеальным для применения в компактных устройствах. Также этот энкодер имеет самое маленькое посадочное место (12,7 × 14,7 мм) по сравнению с другими оптическими энкодерами Grayhill. Несмотря на компактные размеры энкодера и элементов в его конструкции, выходной сигнал очень чёткий.

На выбор предлагается несколько значений для силы вращения и силы нажатия на кнопку, расположенной в ручке энкодера. И, наконец, 62SG имеет самый широкий рабочий диапазон температур –40...+80°C. В совокупности эти особенности делают энкодер серии 62SG идеальным для мобильных приложений, таких как навигационные системы, пульта управления и портативная медицинская электроника.

Особенностью энкодера серии 62NG является отдельная невращающаяся ручка кнопочного переключателя. Это гарантирует, что текст или символы, напечатанные

Основные параметры периферийных контроллеров C6134, C6138 и C6238

Параметры	C6134 (13 × 13 мм)	C6138 (13 × 13 мм)	C6238 (20 × 20 мм)
Интерфейс	PCIe	PCIe	PCI
Порты UART, шт.	4	8	8
Максимальная скорость потока, бит/с	10 000 000	10 000 000	921 600
TX/RX FIFO, байт	128/128	128/128	64/64
Программируемые уровни срабатывания	+	+	+
Автоматическое управление потоком	+	+	+
Поддержка RS-232/RS-485/RS-422	+	+	+
Диапазон рабочих температур, °C	–40...85	–40...85	–25...85
Корпус	225 LFBGA	225 LFBGA	QFP-144

Новости российского рынка

на кнопочном колпачке, остаются в одном и том же положении, пока вал энкодера вращается. Энкодеры серии 62NG имеют больший выбор углов поворота и более широкий диапазон рабочих температур, чем другие энкодеры Grayhill.

Выходной сигнал энкодеров линейки 62xG – двухбитный цифровой код, который позволяет определять величину и направление вращения вала. Интегрированный в ручку кнопочный переключатель добавляет устройству функцию выбора из списка вариантов. Пользовательские конфигурации вала и переключателя доступны при заказе изделия от 500 шт. в год.

Для получения дополнительной информации о сериях энкодеров Grayhill 62NG и 62SG обращайтесь к эксклюзивному дистрибьютору Grayhill на территории РФ – компании ПРОСОФТ.

www.prochip.ru
Тел.: (495) 232-2522

Компания WIMA представила обновлённую серию плёночных конденсаторов

Обновление коснулось выводных плёночных конденсаторов серий FKS 2, FKS 3, FKP 2 и FKP 3. В данных конденсаторах электрод обёртывается металлической фольгой, которая является диэлектриком. В результате конденсаторы обладают высокой скоростью нарастания импульса, выдерживают большие колебания тока, имеют высокое сопротивление изоляции. Обновлённые плёночные/фольгированные конденсаторы доступны с диэлектриком в виде полипропиленовой или полиэфирной фольги.



Характеристики серии:

- диапазон рабочих температур составляет $-55...+100^{\circ}\text{C}$;
- диапазон значений ёмкости теперь варьируется от 33 пФ до 0,22 мкФ;
- диапазон напряжения варьируется от 63 VDC до 1000 VDC;
- доступные расстояния между выводами для данной серии могут составлять от 5 до 15 мм.

Области применения данных конденсаторов: автомобильная, силовая электроника, медицина, потребительская электроника, телекоммуникации.

Сделать запрос или получить дополнительную информацию о конденсаторах WIMA можно у специалистов компании «Золотой Шар».

www.zolshar.ru
Тел.: (495) 234-0110

«Экситон» стала партнёром Keystone Electronic

Компания АО «Экситон» заключила партнёрское соглашение с компанией Keystone Electronic Corp. (RAMSES), дающее право представлять интересы Keystone Electronic на рынках стран СНГ и РФ, а также осуществлять поставки продукции данного производителя.



Французская компания Keystone Electronics Corp. (RAMSES) является одним из ведущих мировых производителей высокоточных электронных сетевых компонентов, держателей элементов питания повышенной надёжности контактных групп, широчайшего перечня электрических патронов, креплений для предохранителей, клипс, прецизионных элементов для электрических соединителей и винтовых принадлежностей.

Продукция Keystone Electronics широко используется в изделиях ответственного применения, предназначенных для эксплуатации в жёстких климатических и физических условиях.

www.exiton-ek.ru
Тел.: (4812) 294-368

Flamar дебютировала со стандартными кабелями промышленной автоматики

Корпорация Molex объявила о запуске входящей в её состав компанией Flamar полной производственной линии изго-

товления стандартных кабелей промышленной автоматики для сигнального, контрольного и технологического оборудования, серводвигателей, модулей ввода/вывода, Ethernet IP и иных сетевых устройств.

Компания Flamar выпускает кабели промышленной автоматики в оболочках из разнообразных материалов (PVC, WSO, PUR, TPE).

Устойчивые к воздействию сварочных шлаков и масел, кабели WSO прошли проверку и получили сертификат совместимости с гигиеническими растворами Ecolab, часто используемыми в пищевой промышленности для полной комплексной очистки технологического оборудования.

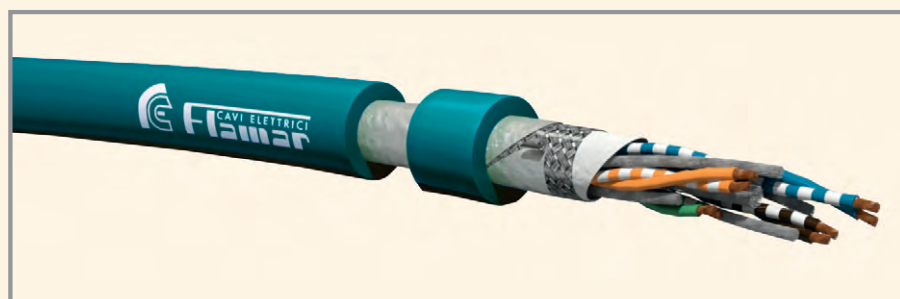
Машиностроители, производители технологических линий и роботов, а также системные интеграторы могут выбрать стандартные кабели промышленной автоматики Flamar калибром от 26 AWG (0,14 мм²) до 10 AWG (6,00 мм²), пригодные для использования в аппаратах изготовления продуктов питания и напитков, при обработке материалов, на автоматических линиях и в иных технологических установках, а также в коммерческих транспортных средствах (машины для лесотехнической и горнодобывающей промышленности).

Разработанные для сложных условий работы, например, внутри гибких цепных кабель-каналов (миллионы циклов непрерывного сгибания и разгибания), кабели рассчитаны на диапазон рабочих температур $-40...+105^{\circ}\text{C}$.

Они совместимы со всеми стандартными промышленными разъёмами, включая RJ-45 и цилиндрические соединители Brad (M8, M12, M23) для серводвигателей, а также соединители mPm DIN Valve и Heavy Duty от Molex.

Более подробную информацию о стандартных кабелях промышленной автоматики Flamar можно найти на интернет-странице Группы компаний «Симметрон».

www.flamar.symmetron.ru
Тел.: (495) 961-2020, (812) 449-4000



Росэлектроника сосредотачивает все предприятия в мощные кластеры и выходит на гражданские рынки

В этом году АО «Росэлектроника», национальный системообразующий холдинг в сфере электронной компонентной базы (входит в Госкорпорацию Ростех), реализует масштабную программу реструктуризации активов с целью повышения эффективности и конкурентоспособности предприятий.

Руководство этим ответственным организационным проектом Госкорпорация поручила новому генеральному директору холдинга Игорю Ильичу Козлову. О ходе реструктуризации, её первых успехах и впечатляющих перспективах Игорь Ильич рассказал журналистам на состоявшейся осенью пресс-конференции.

Как известно, на предприятиях холдинга выпускается 90% отечественной электронной компонентной базы, а по выручке Росэлектроника занимает срединное положение среди всех холдингов Госкорпорации Ростех. Всего в холдинг входит 108 предприятий, расположенных по всей территории России, специализирующихся на различных продуктовых направлениях и слабо связанных между собой. На рисунке представлена структура АО «Росэлектроника» до реструктуризации.

По сути, до недавнего времени все эти предприятия объединяло только то, что они входят в состав Росэлектроники и большую часть выруч-

ки получают от проектов в рамках Гособоронзаказа. В целом, лишь 15% выручки предприятий приходится на продукцию гражданского назначения. Очевидно, что такая структура сбыта приводит к финансовой неустойчивости предприятий, поскольку потребности Гособоронзаказа возникают нерегулярно. Поэтому была поставлена цель – к 2025 году изменить соотношение между продукцией военного и гражданского назначения, нарастив долю последней до 40%, чтобы избежать риска периодического снижения прибыльности предприятий.

Наращивание доли продукции гражданского назначения планируется осуществлять как за счёт тех направлений,

в которых у предприятий холдинга уже есть наработки, так и путём развития новых видов продукции. В частности, Росэлектроника ведёт ряд совместных работ с предприятиями Роскосмоса по частичному импортозамещению среди полезной нагрузки спутников – метеорологических и других приборов. Одно из важнейших новых направлений гражданской продукции – потребительская электроника. Например, поставлена задача разработки и производства отечественного бюджетного смартфона. Не менее перспективные направления – создание аппаратуры для систем охраны и безопасности, таких как досмотровые комплексы для аэропортов, железных дорог, автомагистралей, системы противопожарной сигнализации и приборы ночного видения.

В начале года новое руководство холдинга вынуждено было констатировать: существующая организационная структура Росэлектроники слишком сложна, непрозрачна и малоприспособлена для эффективного управления и инвестирования. В таких условиях достичь целевых показателей не представлялось возможным. Это и стало главной причиной реструктуризации, в ходе которой из 108 предприятий и собственно холдинговой компании Росэлектроника формируется 7 новых интегрированных структур (см. таблицу).

Первая интегрированная структура объединяет по географическому и промышленному принципу 21 ключевое предприятие холдинга. Эти предприятия специализируются в сфере СВЧ-электроники, а также имеют компетенции в области сертификации и стандартизации, производства специальных материалов и разработки микроэлектроники. Активы консолидируются на принципах договора управления во главе с АО «Росэлектроника», которое перестает быть только холдинговой организацией и становится компанией с собственным производством и своей частью Гособоронзаказа. Таким образом, количество юридических лиц сокращается с 22 до 1.

Внутри АО «Росэлектроника» создаётся несколько дивизионов: «Москва-СВЧ»,



Игорь Ильич Козлов

НИИ «Гириконд»	РНИИ «Электрон-стандарт»	«АлЗаС»	ГЗ «Пульсар»	НИИЭМП	НПП «Исток»	НИИ «Сапфир»	ОПЗ им. Козицкого	ОНИИП
НИИ ГРП «Плазма»	НИИ «Феррит-Домен»	«Разряд»	НЗПП с ОКБ	НПП «Циклон-Тест»	СКБ РТ	НИИ ПС	ОмПО «Иртыш»	«Супертел ДАЛС»
НИИМЭТ	НИИТОП	ВО «Радио-экспорт»	НПП «Пульсар»	НПП «Инжект»	НПП «Контакт»	КЭМЗ	«Телемеханика»	НИИ телевидения
РЗМКП	«Оптрон»	«Германий»	НИИВТ им. Векшинского	«Октава»	НИПП	НИИЭП	КЗРП	«Электрон-Оптроник»
ЦНИИАГ	«Мосэлектрон-проект»	«Литий-Элемент»	НПП «Торий»	НПП «Связь»	Псковский завод АДС	НПП «Кант»	ВО «Машприбор-инторг»	ФССМУ
ТД «РОСЭЛ»	«Логика»	Концерн «Орион»	НПП «Салют»	НИИПТ «Растр»	ИРПА им. Попова	СКБ ВТ	НТЦСНТ «Интернавигация»	«Информ-акустика»
ЦНИИ «Электрон»	«РЭ Комплексные системы»	«Завод Метеор»	НИИ «Платан»	НИИ «СВТ»	ЦКБ РМ	Концерн «Сириус»	«Петрокомета»	«Гран»
ЦНИИ «Циклон»	«Светлана»	«Омега»	НПП «Алмаз»	БСКБ «Восток»	ЦНИИ «Техномаш»	«Барнаулский радиозавод»	АЗС	СПКБ СУ
«Ангстрем»	«Светлана-Рост»	НЗПП	НПП «Восток»	РЗМ-технологии	НИИ радиокомпонентов	«Завод радиоаппаратуры»	«РТ-Интеграция»	НИЦ «Кристалл»
«Ангстрем-М»	ГДС «Электрон»	Завод «Марс»	НИИМА «Прогресс»	ЦКБ «Дейтон»	НИИ ВЦ «Контакт»	НИПС	«Радиозавод»	КБПМ
«РКСС»	НЗР «Оксид»	ЗПП	«Спецмагнит»	«Саратов-электронпроект»	ВО «Электрон-инторг»	НИИСС «Интеграл»	КЗТА	«Топаз»
«НТС»	НИИЭМ	ИТПП	НПП ТП «ОСТЕРМ СПб»	НИИЭИ	НПЦ «Ригель»	НПО «Бином»	КБ «Икар»	«Росэлектроника»

Структура АО «Росэлектроника» до реструктуризации

«Сертификация», «Материалы», «Чип-девайс» и «Росэл-Элементы». Помимо этого, в структуре появится отдельная компания, реализующая избыточное и непрофильное имущество, которое высвобождается в ходе реструктуризации холдинга.

Что касается финансовых показателей для этой интегрированной структуры, то если консолидированная выручка объединяемых предприятий за 2015 год составляет 14,3 млрд руб., а ожидаемая в 2016 г. – 15,9 млрд руб., то целевой показатель 2020 года установлен на уровне свыше 23 млрд руб. Эта планка выглядит достаточно амбициозно, особенно если учесть, что для наращивания доли гражданской продукции предприятиям необходимо набирать новый для большинства из них опыт работы на открытом рынке. Для решения этой задачи холдинг стремится к привлечению соответствующих кадров, освоению современных управленческих и маркетинговых компетенций, внедрению новых бизнес-процессов.

Вторая интегрированная структура «Фрязино-СВЧ» формируется на базе всемирно известного производ-

ственного предприятия «НПП „Исток“ им. Шокина», флагмана отечественной радиоэлектроники. Входящие в новую структуру предприятия расположены в подмосковном Фрязино и давно взаимодействуют друг с другом. Особое положение среди них занимает ЦНИИ «Циклон» – предприятие, занятое в области оптоэлектроники. Предполагается, что его работа в составе интегрированной структуры «Фрязино-СВЧ» будет способствовать разработке востребованных комплексных устройств мониторинга, совместно использующих принципы СВЧ-излучения и тепловизионные технологии для получения максимально полной информации об окружающей среде.

Третий кластер реструктурированного холдинга – «Поволжье-СВЧ» на базе известного Саратовского предприятия НПП «Алмаз». В него вошли такие предприятия, как НПП «Контакт», «Саратовэлектронпроект», ЦНИИ Автоматики и гидравлики, а также Нижегородский НПП «Салют». Цель объединения этих активов – синергетическое повышение эффективности работы предприятий. В частности, нали-

чие внутренней конкуренции между «Алмазом» и «Салютом» долгое время приводило к нерациональному расходованию ресурсов холдинга. Однако, проведенный в ходе реструктуризации анализ показал, что работая солидарно эти предприятия способны предложить рынку очень серьезные продукты.

Следующий кластер получил название «Электроника-Сибирь». Известный в стране Новосибирский Завод полупроводниковых приборов с ОКБ (НЗПП с ОКБ) объединяет компании, которые находятся в Томске и в Новосибирске. Также в четвертую интегрированную структуру холдинга входит Нальчикский завод полупроводниковых приборов.

Пятая интегрированная структура – «Электронные компоненты», безусловно, наиболее сложная с точки зрения критичности для импортозамещения и, вместе с тем, нереализованного потенциала развития. В этот кластер, сформированный на базе НИИ «Гириконд», вошли предприятия, производящие пассивные электронные компоненты. К сожалению, несмотря на неизменную востребованность этой

Реструктуризация АО «Росэлектроника»

Интегрированная структура	АО «Росэлектроника»	Фрязино-СВЧ	Поволжье-СВЧ	Электроника-Сибирь	Электронные компоненты	Специальная связь	Отображение информации (СИМ)
Головное предприятие	АО «Росэлектроника»	АО «НПП «Исток» им. Шокина»	АО «НПП «Алмаз»	АО «НЗПП с ОКБ» интегральные микросхемы	АО «НИИ «Гирikonд» (100% АО «РОСЭП»)	АО «ОНИИП» радиоэлектронные устройства	АО «НИИП» телевизионная и опτικο-электронная техника
Головной офис	Москва	Фрязино (Московская область)	Саратов	Новосибирск	Санкт-Петербург	Омск	Санкт-Петербург
Общий объём выручки в 2015 г., млрд руб.	14,3	13,5	4	2,7	2,8	7,3	2,1
Прогноз общего объёма выручки в 2016 г., млрд руб.	15,9	15,3	4,3	2,9	2,9	7,5	2,6
Целевой показатель общего объёма выручки в 2020 г., млрд руб.	23,4	22,6	6,3	4,3	4,3	11,1	3,8
Предприятия и их специализация	- АО «НПП «ТОРИЙ» – сверхмощные микроволновые электровакуумные приборы - Бизнес АО «НИИВТ им. С.А. Векшинского» – вакуумные приборы - ОАО «НПП «Пульсар» – твердотельная СВЧ - АО «ГЗ «Пульсар» – ВЧ- и СВЧ-транзисторы - Бизнес АО «Оптрон» – диоды СВЧ - ЧИП-ДЕВАЙС - АО «СКБ ВТ» – микропроцессорные системы контроля и управления - АО «НИИМА «Прогресс» – дизайн-центр - Бизнес АО «Интернавигация» – антенны (ГНСС) СЕРТИФИКАЦИЯ - АО «РНИИ «Электронстандарт» – стандартизация, сертификация - АО «ЦКБ «Деитон» – стандартизация, сертификация - АО «НПП «Циклон-тест» – сертификация - ОАО «НИИВЦ «Контакт» (размещение бизнеса «Электронстандарт») МАТЕРИАЛЫ - АО «Феррит-Домен» – ферриты - Бизнес АО «Спецмагнит» – магниты и магнитные элементы - АО «Германий» – полупроводниковые материалы - АО «ЦКБ РМ» – радиоматериалы специального назначения - ОАО «НИИЭМ» – специальные полимерные материалы РОСЭЛ ЭЛЕМЕНТЫ - АО «РЭМКП» – герконы - АО «Завод «Марс» – корпуса - Бизнес АО «ЦНИТИ «Техномаш» – материалы, диоды СВЧ - АО «ЗПП» – корпуса, вывода, рамки УПРАВЛЕНИЕ ИМУЩЕСТВОМ - РОСЭЛ ЭСТ/ИТ	- Бизнес АО «НИИ «Платан» – специальные электронно-лучевые приборы (экраны) - Бизнес ОАО «ЦНИИ «Циклон» – оптические приборы, полупроводниковые элементы - АО «ВВ «Электрон-интерг» – поставка оборудования, материалов - Имущество АО «НИИ «Платан» с заводом при НИИ» - АО «ФССМУ» – аренда - ОАО «НПП «Салют» – электровакуумные СВЧ-приборы - АО «ЦНИИАТ» – оборудование для контроля параметров радиоэлектронных приборов - АО «НПП «Контакт» – мощные вакуумные приборы - ОАО «Саратов-электронпроект» – проектный институт - АО «НПП «Восток» – микросистемная электроника - АО «НИИП» – полупроводниковые приборы - АО «НЗПП» – интегральные микросхемы, транзисторы - Бизнес АО «НЗР «Оксид» – конденсаторы - АО «Омега» – микрофильмы (хранение), аренда	- ОАО «НПП «Восток» – микросистемная электроника - АО «НИИП» – полупроводниковые приборы - АО «НЗПП» – интегральные микросхемы, транзисторы - Бизнес АО «НЗР «Оксид» – конденсаторы - АО «Омега» – микрофильмы (хранение), аренда	- ОАО «НИИЗМП» – электронные компоненты - ОАО «НПО «Бином» – резисторы - ОАО «АЗС» – резисторы, включая реостаты и потенциометры - АО «Литий-Элемент» – литий-ионные аккумуляторы - Бизнес АО «НИИЭИ» – электроугольные изделия и источники тока - АО «СКТБ РТ» – электромагнитные реле - Бизнес АО «КБ «Икар» – резисторы - АО «НПЦ «Ригель» – литий-ионные аккумуляторы	- АО «ОмПО «Иртыш» – специальные средства связи - АО «ОПЗ им. Козицкого» – сборка - АО «НПП «Связь» – радиолокационная и радионавигационная аппаратура - АО «НПП «Кант» – узлы связи - АО «Информастика» – системы обеспечения безопасности информации - АО «Барнаулский радиоавтомат» – радиосвязь - АО «БСКБ «Восток» – специальная радиоэлектронная аппаратура - АО «ГЗАДС» – аппаратура связи - АО «Октава» – аппаратура связи (шлемофоны) - АО «НИИ СВТ» – системы обеспечения безопасности информации - ОАО «Телемеханика» – приборы и аппаратура автоматического регулирования и управления	- ОАО «ЦНИИ «Электрон» – фотоэлектронные приборы и устройства - АО «НИИПТ «Растр» – телевизионная аппаратура для специальных целей - АО «Электрон-Оптроник» – услуги ОАО «ЦНИИ «Электрон» по ионному легированию - АО «Плазма» – плазменные панели и мониторы - АО «СПКБ СУ» – разработка программного обеспечения в рамках тематики АО «НИИПТ»	

продукции, инвестиций в производство пассивной ЭКБ долгое время практически не было, что привело к заметному технологическому отставанию в этой области. Чтобы в минимальные сроки компенсировать это отставание, руководство холдинга намерено направлять в кластер «Электронные компоненты» значительную часть средств от реализации непрофильной и избыточной недвижимости холдинга. Новая интегрированная структура будет специализироваться на производстве резисторов, потенциометров, элементов питания, электромагнитных реле и т.п.

Очень интересный кластер, ориентированный на производство оборудования спецсвязи, формируется на базе Омского НИИ Приборостроения. Этот институт имеет устойчивые финансовые показатели, большие проекты в рамках Гособоронзаказа, а также уже сегодня занимает заметные позиции на гражданском рынке. Интегрированная структура «Специальная связь» объединяет разнородные, но гармонично дополняющие друг друга активы. Кроме предприятий, исторически задействованных в кооперации с ОНИИП, в кластер вошли московское НПП «Кант», тульское НПП «Связь» и петербургское предприятие «Информакустика», для которых начало сотрудничества с ОНИИП становится новым вектором перспективного развития. Шестой кластер Росэлектроники стал самым сложным с географической точки зрения, поскольку объединил предприятия из шести регионов.

И наконец, седьмая интегрированная структура – «Системы отображения информации». Практически все собранные в рамках этого кластера предприятия расположены в Санкт-Петербурге (за исключением компании «Плазма», которая находится в Рязани). Головное предприятие кластера – НИИ Телевидения, у которого есть конкретные и очень перспективные планы по выходу на гражданские рынки с новыми продуктами к 2018 году.

Итак, после реструктуризации, которая завершится к концу 2016 года, Росэлектроника будет состоять из семи интегрированных структур – объединённых предприятий, которые станут полноценными участниками рынка.

Перед обновлённым холдингом встают новые задачи. Первая – это измене-

ние системы управления, которое началось уже сегодня. К концу года стала заметна экономия ресурсов в результате консолидации таких функций, как бухучёт, корпоративное управление и др. в головных предприятиях кластеров. По предварительным подсчётам, это позволит снизить издержки до 25%.

Вторая задача связана с кадровой политикой холдинга. В ходе реструктуризации был проведён общий анализ кадрового состава предприятий холдинга, который выявил некоторый «демографический разрыв» в виде нехватки персонала в возрасте 40–45 лет. Основные возрастные группы на предприятиях – сотрудники так называемого предпенсионного возраста и молодые специалисты 23–27 лет. Поэтому в ближайшие 4–5 лет необходимо подготовить определённый кадровый резерв, путём передачи опыта от старшего поколения специалистов младшему. При этом для обучения молодых специалистов в области технологического развития и технической политики иногда приходится привлекать даже тех, кто уже вышел на заслуженный отдых.

В целом, ожидаемые результаты реструктуризации Росэлектроники охватывают самые разные аспекты деятельности холдинга. Это и объединение научно-производственного потенциала предприятий, и унификация процессов разработки и производства, и технико-технологическая модернизация, и увеличение количества производимых изделий, и повышение, как следствие, инвестиционной привлекательности Росэлектроники. По всем целям существуют количественные плановые показатели на 2017 и 2018 годы, одобренные советом директоров холдинга.

С начала 2016 года в холдинге проводится большая работа по технологическому контролю активов. Тщательно изучаются имеющиеся производственные возможности, которые сопоставляются с существующими рыночными потребностями. В результате такого сопоставления в ряде случаев выявляются недостающие активы, компетенции, продукты и т.п. Наиболее целесообразным решением этих проблем руководство холдинга видит приобретение новых активов и привлечение в холдинг новых компаний. С этой целью в Росэлектронике разработана новая система мотивации для присоединяющихся коллективов. Кроме того,

в холдинг привлекаются опытные специалисты в области маркетинга.

Особое внимание руководство обновляющегося холдинга уделяет тематике исследований и разработок – важнейшим аспектам высокотехнологичной электронной отрасли, особенно в части создания центров компетенции. При этом Росэлектроника стремится сформировать цельную R&D-программу, которая охватила бы не только уровень электронной компонентной базы, но и уровень готовых электронных узлов и оборудования, а также уровень систем управления. Запланированная R&D-программа холдинга заключается в формировании постоянно расширяющейся номенклатуры перспективных компонентов и генерации на её основе различных продуктовых концепций и автоматизированных систем управления. Для реализации этого плана создаётся особая инвестиционная программа по формуле «1,5% от выручки», – около 7,5 млрд руб. в год.

В планах холдинга – создание восьмой интегрированной структуры «Системы управления» на базе Пензенского радиозавода, который занимает среди предприятий Росэлектроники особое положение. Предприятие выпускает очень востребованную высокотехнологичную готовую продукцию и имеет стабильно высокие финансовые показатели. При этом в ходе реструктуризации выяснилось, что других активов, которые могли бы войти в кластер по системам управления, внутри холдинга нет. Поэтому в ближайшее время Росэлектроника намерена начать на рынке поиск компаний, которые могли бы войти в эту интегрированную структуру, дополнив компетенции Пензенского радиозавода.

Одновременно с реструктуризацией Росэлектроника реализует процесс ребрендинга, цель которого – модернизировать позиционирование холдинга в глазах клиентов, акционеров, участников рынка, общества и государства, а также создать свежее внутреннее восприятие Росэлектроники как компании, полностью обновляющей свою деятельность и ищущей новые пути развития. Обновлённый бренд холдинга будет представлен в начале 2017 года, а к середине года будет обновлён корпоративный вебсайт.

*Материал подготовила
Любовь Бабушкина*

Безопасность в сетях IoT: Wi-Fi – это дешево или сердито?

Илья Чепурин (Москва)

В статье рассматриваются основные аспекты безопасности, связанные с реализацией Wi-Fi-соединений для встраиваемых систем. Также уделяется внимание не только потенциальным уязвимостям, но и аппаратным возможностям элементной базы для построения защищённых систем, а также основным принципам их разработки.

24 июля 2016 г. на новостных лентах многих информационных агентств появилась новость о том, что Chrysler отзывает 1,4 млн автомобилей после сообщений о взломе информационной системы модели Jeep Cherokee [1]. Два специалиста по компьютерной безопасности, Чарли Миллер и Крис Валасек, опубликовали результаты своего исследования, в ходе которого они смогли через информационную систему Uconnect® получить полный доступ к управлению автомобилем [2]. Из отчёта следовало, что они смогли взломать пароль Wi-Fi для подключения к головному устройству мультимедийной системы. После этого, зная, какие параметры использует система для связи с провайдером, они смогли получить доступ к машине уже при помощи мобильной связи. И это было ещё не всё. Несмотря на заверения производителя о том, что мультимедийная система и внутренняя CAN-сеть автомобиля изолированы, они нашли уязвимое место – «парня, который знает другого парня» – контроллер, подключённый к CAN-шине, и способный, в то же время, общаться с головным устройством. Оказалось, что этот контроллер можно перепрограммировать, в результате чего появилась возможность с его помощью посылать команды по CAN-шине и, находясь в зоне покрытия сотовой связи, не только управлять автомобилем, но и отслеживать его координаты, что Чарли с Крисом и продемонстрировали журналистам издания Wired.

Как было упомянуто, всё началось со слабого пароля Wi-Fi. В теории идея была хороша: пароль генерировался автоматически, исходя из времени, когда автомобиль и его мультимедиа-система включались в первый раз. Комбинация из даты и времени

суток с точностью до секунды – вполне надёжный пароль, для взлома которого потребовался бы перебор огромного количества вариантов. Однако, зная год и месяц производства машины, это число уменьшается до примерно 15 млн, а если предположить, что выпуск осуществляется только в рабочее время, то выбор сократится уже до 7 млн возможных кодов. На деле всё оказалось ещё проще: перед первым запуском системы она использует настройки по умолчанию – ровно полночь 1 января 2013 г. Поэтому пароль был прост – упомянутое время, плюс время загрузки головного устройства. Итогом такой непродуманности стал отзыв почти 1,5 млн автомобилей и огромный ущерб репутации компании.

Другой нашумевший случай произошёл совсем недавно, в октябре 2016 г., и уже стал известен как одна из самых массированных DDoS-атак [3]. В результате серверы Twitter, Amazon, Tumblr, Netflix, Reddit и Spotify, подключённые к инфраструктуре провайдера Dyn, стали недоступными для пользователей. «Виновниками» оказались множество видеорекордеров и IP-камер, подключённых к интернету [4]. Специальный скрипт находил эти устройства в сети и, используя базу паролей по умолчанию, получал к ним доступ с возможностью управления. Специалисты называют эту атаку первым случаем, когда в качестве атакующего выступали не заражённые компьютеры, а встраиваемые системы с подключением к глобальной сети, т.е. то, что мы теперь называем Интернетом вещей (Internet of Things, IoT). Учитывая тот факт, что на данный момент количество проданного оборудования измеряется миллионами, можно себе представить масштабы угроз со стороны вроде бы безобидной электроники, которая, вследствие

уязвимости к атакам злоумышленников, способна создать большие проблемы.

Такое происходит довольно часто, когда новые технологии развиваются семимильными шагами и средства информационной безопасности не успевают за их развитием, или им просто не уделяется должное внимание. Технологии облачных сервисов будут развиваться и далее. Они уже прочно вошли в обиход, и количество устройств с подключением к Интернету будет только увеличиваться. По прогнозам разных аналитиков уже к 2020 г. в мире IoT будет насчитываться около 30 млрд электронных приборов.

Многие разработчики встраиваемых систем не являются экспертами в области информационных технологий, поэтому им зачастую сложно даже представить себе возможные риски и их последствия.

Для беспроводных устройств можно выделить три аспекта обеспечения безопасности:

- безопасность подключения к сети – как устройство идентифицирует сеть для подключения, как происходит аутентификация устройства в сети и как защищается канал связи с точкой доступа;
- безопасность коммуникационного канала – каким образом устройство подключается к различным сервисам (веб-серверам или другим системам) и каким образом происходит обмен данными;
- безопасность функционирования – как устройство ведёт себя при отсутствии связи с точкой доступа и то, каким образом происходит его настройка и обслуживание (изменение параметров конфигурации, обновление ПО и т.п.).

Кроме того, важно понимать, что рано или поздно любая система защиты будет обойдена (взломана), и весь вопрос состоит только в том, насколько серьёзными будут последствия. Мы все знаем закон Мёрфи, который гласит: «Если неприятность может случиться, то она обязательно случится». Применительно к описанным ситуациям он может звучать и так: «Если есть возмож-

ность использовать более слабую систему защиты или более слабый пароль, то они будут использованы».

Безопасность Wi-Fi

Процесс подключения к точке доступа состоит из двух этапов:

- аутентификация – то, как устройство и точка доступа представляют друг другу;
- шифрование – то, каким образом кодируются данные, передаваемые между устройством и точкой доступа.

На первом этапе устройства прослушивают эфир в поиске широковещательных пакетов с идентификатором сети SSID, рассылаемыми точками доступа, и, выбрав нужную сеть, подключаются при помощи пароля (ключа) или по протоколу EAP, когда подлинность устройства проверяется внешним сервером. Идентификатор SSID можно скрыть, что является одной из защитных мер, но как только в сети появляется клиент, который подключается к такой точке доступа, становится возможным узнать SSID.

Для защиты беспроводного подключения используется ряд протоколов, наиболее современные из которых – это WPA и WPA2. В устаревшем протоколе WEP использовался 40-битный ключ для шифрования, и на данный момент уже многократно продемонстрировано, что даже при использовании протокола TKIP и увеличении длины ключа, он всё равно достаточно легко взламывается. В основе наиболее современного протокола WPA2 лежит алгоритм шифрования AES с длиной ключа 128 или 256 бит. Однако немногие знают, каким образом этот ключ получается и используется. WPA2 предусматривает два режима работы:

- Personal с предварительно определённым ключом (Pre-Shared Key, PSK);
- Enterprise, в котором ключ является динамическим и уникальным для каждого подключения (за его генерацию отвечает сервер авторизации, чаще всего это RADIUS-сервер).

В первом случае мы имеем дело с наиболее широко распространённым вариантом подключения, который обычно используется в домашних сетях и в общественных местах. Мы привыкли к тому, что на смартфоне просто набираем пароль доступа и всё, мы подключены. Очевидное преимущество данного варианта – его простота, поэтому такой режим подключения реализован в подавляющем боль-

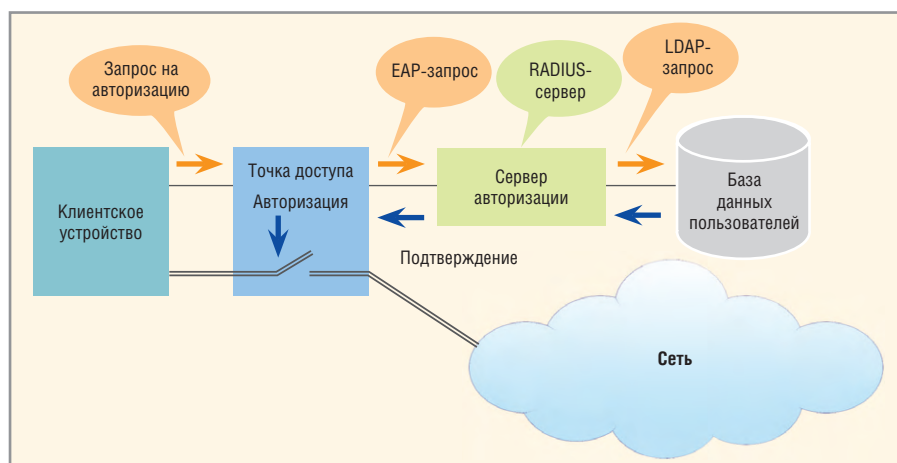


Рис. 1. Схема подключения по протоколам EAP в режиме Enterprise

шинстве встраиваемых Wi-Fi-модулей или в микросхемах многих азиатских производителей. Они дешёвы в силу их массового применения, в том числе и в мобильной технике (смартфонах, планшетах и прочих гаджетах), поэтому и пользуются большой популярностью у многих разработчиков систем IoT или устройств для Умного дома. Однако не всё так просто. При использовании ключа PSK все устройства в сети имеют один и тот же пароль, который зачастую просто программируется, иногда даже без возможности его смены. Если по какой-то причине пароль сети стал известен постороннему пользователю или устройству было украдено, то для защиты системы необходимо срочно менять ключ на всех устройствах. Если для умного дома их количество пока может быть не более десяти, то в промышленных или офисных системах их число может достигать нескольких сотен и даже тысяч, при этом не все датчики могут находиться в легкодоступных местах. Представьте себе радость IT-персонала, вынужденного каким-то образом решать проблему изменения ключа – ведь помимо самой смены ключа нужно, чтобы вся система продолжала функционировать. А как это сделать, если в точках доступа пароль уже изменён, а оконечные датчики или исполнительные устройства ещё не перепрограммированы?

Другим источником опасности являются различные Wi-Fi-снифферы и программные утилиты для подбора паролей к сетям Wi-Fi. Уже упоминалось, что для подключения к Wi-Fi-сети иногда достаточно просто знать пароль, установленный по умолчанию. Удивительно, но факт – многие пользователи, привыкнув к технологии Plug-and-Play, даже не задумываются о сме-

не пароля на домашней точке доступа после её приобретения. А высокая квалификация обслуживающего персонала в небольших офисах или торговых комплексах, где владелец вдруг решил внедрить управление через Интернет? Всё осложняется тем, что несанкционированное подключение к сети очень трудно отследить. При этом в сети с использованием PSK устройства «видят» все передаваемые пакеты, и злоумышленнику не составит особого труда после успешного подключения просматривать весь трафик, идущий через точку доступа. Здесь есть технические трудности, но они достаточно легко решаются, если взломщик знает ключ PSK. Возможные риски в данном случае – не только нарушение работы системы, но и хищение персональных данных или данных о функционировании системы и идентификации пользователей, что может повлечь гораздо более серьёзные последствия.

Другой режим работы WPA2 – Enterprise, используется, как правило, в корпоративных сетях, где защите информации и управлению доступом уделяется гораздо больше внимания. Суть этого режима в том, что устройство при подключении к точке доступа проходит авторизацию на специально выделенном сервере, который даёт точке доступа разрешение на подключение (см. рис. 1). Этот процесс может происходить по комбинации логина и пароля, либо при помощи сертификата безопасности, предоставляемым тем же сервером или доверенным центром сертификации. Преимущество данного метода в том, что каждый пользователь имеет свой уникальный идентификатор для авторизации, а во время работы использует уникальный ключ шифрования. Поэтому, даже

если одно устройство будет скомпрометировано, достаточно просто поменять параметры авторизации данного устройства либо исключить его из базы данных сети. При этом работоспособность всей системы может и не пострадать вовсе (при условии достаточного резервирования её функциональности). Кроме того, в сети с таким режимом работы будет невозможно прослушивать трафик других устройств. Ещё одним преимуществом применения защиты с использованием протоколов Enterprise является возможность по уникальному идентификатору разграничивать доступ клиентов к ресурсам сети. Например, на одной точке доступа можно будет создать несколько сетей, которые хоть и будут использовать один и тот же SSID, но в соответствии с политиками доступа, определёнными на сервере, будут иметь возможность работать только с теми ресурсами, к которым им разрешено подключаться. В случае с PSK для того, чтобы реализовать аналогичное разграничение прав, необходимо установить несколько точек доступа с разными SSID.

Недостатком режима Enterprise является необходимость приобретения и установки RADIUS-сервера, но эти затраты с лихвой окупаются высоким уровнем безопасности системы и минимизацией возможных рисков.

Безопасность коммуникационного канала

Мы рассмотрели, каким образом можно подключиться к точке доступа. Теперь, когда подключение установлено, можно осуществлять передачу данных. Какие здесь существуют подводные камни?

Если сеть является закрытой, т.е. не имеет выхода в Интернет, то, в принципе, можно сосредоточиться на защите доступа к этой сети. Однако как только вы организуете канал для связи с внешним миром или даже другой сетью, у которой есть выход в Интернет, нужно будет позаботиться о защите канала связи. Говоря о защищённом канале, мы предполагаем, что реализовано следующее:

- взаимная аутентификация клиента и веб-сервера, к которому происходит обращение (иногда это сочетается с проверкой прав доступа). Как правило, такая аутентификация реализуется с помощью сертификатов с цифровой подписью (алгоритм RSA);

- осуществляется проверка целостности данных (проверка контрольных сумм и хэшей данных, например, при помощи алгоритмов MD5, SHA-1, SHA-2);

- шифрование с помощью уникальных ключей (алгоритмы AES, DES, 3DES).

Только при реализации этих трёх пунктов соединение можно считать защищённым для передачи по нему значимой информации. Это и является главной проблемой, т.к. полное выполнение перечисленных условий требует либо значительной вычислительной мощности, либо аппаратного ускорителя шифрования, либо и того, и другого. Встраиваемые системы, как правило, большой вычислительной мощностью не обладают – обычный датчик может быть реализован даже на 8-рядном микроконтроллере. А аппаратное шифрование увеличивает их стоимость. Таким образом, дешёвые Wi-Fi модули не предоставляют никаких возможностей ни для аутентификации, ни для проверки целостности данных, ни для их шифрования. Конечно, можно использовать внешний микроконтроллер, который будет выполнять эти функции, а Wi-Fi-модуль будет использоваться практически как модем. Но тогда теряется главный их козырь – цена, а озвученные ранее недостатки остаются не устранёнными. Кроме того, в погоне за дешевизной аппаратного решения разработчики реализуют не весь функционал для защиты канала связи, оставляя, тем самым, лазейки для хакеров.

Многие разработчики уповают на то, что они передают данные по открытому каналу уже в зашифрованном виде, например, используя VPN. Поэтому, казалось бы, можно не беспокоиться о дополнительных мерах безопасности. Но при отсутствии взаимной аутентификации клиента и сервера это теряет смысл, поскольку в таком случае невозможно гарантировать, что пакет, переданный серверу А от клиента Б, действительно передан от клиента Б, а обратный отклик от сервера А клиенту Б действительно приходит от сервера А. На этом строится основная масса атак типа «человек посередине», когда процесс авторизации клиента и сервера перехватывается, и дальнейшее общение между ними идёт уже через третий сервер, который будет использоваться злоумышленниками для перехвата данных, передаваемых по якобы защищённому каналу. Вычис-

лив на основе перехваченных данных сессионные ключи, можно будет расшифровать весь трафик, идущий по каналу. Поэтому пользоваться открытым каналом можно лишь будучи уверенным в аутентичности реципиентов.

Как правило, в большинстве систем общение с внешними сервисами происходит на уровне HTTP-протокола (с применением методов типа POST или GET, реализованные в частности, в RESTful API) поверх TCP или в форме событийно-управляемого обмена (такой вид коммуникации поддерживается в протоколах типа MQTT или CoAP) с использованием UDP для уменьшения времени реакции или снижения нагрузки на сеть. Если не применять дополнительных мер, то вся информация будет передаваться в открытом виде и создаст условия для утечки данных или несанкционированного проникновения в систему.

Согласно статистике, примерно 20% всех утечек данных в сети и взломов в 2015 г. произошло именно из-за недостаточной защиты транспортного уровня. Единственный способ борьбы с перехватами сессий, атаками типа «человек посередине» и другими подобными методами – полная реализация SSL/TLS-протоколов и их использование при каждом обращении клиента к серверу, аутентификация с помощью сертификатов с цифровой подписью и контроль целостности данных.

Функциональная безопасность и защита интеллектуальной собственности

Важным элементом защиты беспроводных систем является обеспечение функциональности устройства в случае каких-либо сбоев. Конечно, все возможные сценарии рассмотреть сложно, но остановимся на некоторых основных моментах:

- поведение устройства в случае пропадания соединения с сетью;
- обслуживание устройства – его установка, настройка, конфигурация и обновление ПО.

Почему важно продумать поведение устройства при пропадании связи? Рассмотрим пример: у нас есть устройство, которое регулирует подачу воды в ванну или любую другую ёмкость. Сигнал о начале или прекращении подачи воды устройство получает через сеть Wi-Fi от датчика уровня. Предположим, что мы получили сигнал о том,

что уровень жидкости снизился, соответственно, мы открываем кран подачи воды и ждём сигнала о том, что вода достигла нужного уровня. Если в этот момент пропадёт соединение с сетью и, соответственно, связи между датчиками не будет, то вполне возможно, что кран так и не будет закрыт, что приведёт к затоплению помещения. Возможным выходом из ситуации будет реализация алгоритма, по которому в случае обрыва соединения кран будет автоматически закрываться. Подобные задачи решаются алгоритмически. Достаточно написать код, отладить его и прошить в готовое устройство. На первый взгляд, сложностей тут никаких нет, но при использовании нестандартных синтезируемых ядер написание программного кода и его отладка могут превратиться в нетривиальную задачу. Поэтому намного удобнее использовать стандартные процессорные ядра, для которых существуют проверенные и отработанные инструментальные средства.

Гораздо интереснее дело обстоит с обслуживанием устройств, начиная с момента их установки на объекте и на протяжении всего срока службы. На что

здесь стоит обратить внимание с точки зрения обеспечения безопасности?

При подключении к сети на устройстве появляется её профиль, включающий помимо SSID также пароль для подключения или сертификат для аутентификации на RADIUS-сервере. Как правило, этот профиль сохраняется во внешней памяти, в качестве которой используется флэш-память, подключаемая по SPI. Здесь нас может поджидать первый сюрприз: на многих Wi-Fi-модулях, особенно китайских, содержимое flash-памяти никак не шифруется. Поэтому процесс взлома сети может заключаться в том, что с объекта похищается одно из устройств (либо злоумышленник каким-то образом получает физический доступ к нему), из которого извлекается микросхема памяти и считывается пароль сети. Если учесть, что там же может храниться и пользовательский код, то и он станет известен взломщику. Второй сюрприз состоит в том, что в подобных системах зачастую отсутствует привязка микросхемы памяти к микросхеме Wi-Fi-контроллера, а если даже привязка и есть, то при анализе пользователь-

ского кода её можно легко вычислить и обойти. Это позволит злоумышленникам просто скопировать устройство и наладить выпуск аналогичного, с минимальными затратами на разработку. Защититься от копирования кода можно только путём использования внешнего контроллера, что ведёт к удорожанию системы. Однако с хранением Wi-Fi-профилей сетей без шифрования содержимого flash-памяти, увы, ничего сделать нельзя.

С аппаратной точки зрения обезопасить себя от подобных атак можно посредством использования защищённого специализированного загрузчика, прошитого в ПЗУ Wi-Fi-контроллера, который может шифровать и дешифровать данные при записи или чтении из внешней памяти. С его помощью можно также осуществить однозначную привязку микросхем друг к другу – одно без другого работать не будет, поэтому реверс-инжиниринг будет весьма затруднён и фактически потеряет смысл.

Другой, не менее важный аспект обслуживания устройства – обновление ПО в устройстве. Этот механизм

ProCHIP

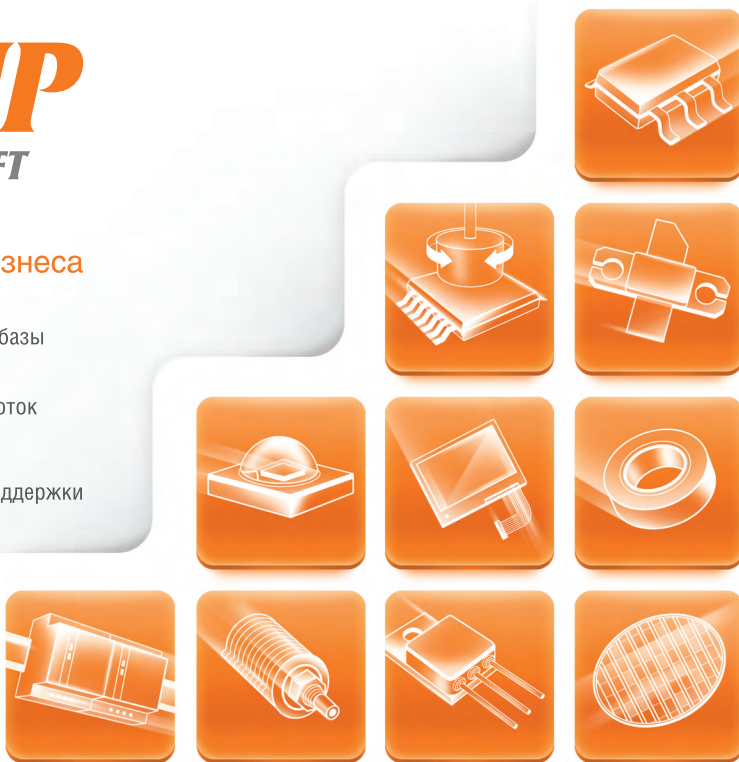
POWERED BY PROSOFT

Активный компонент вашего бизнеса

- + Различные решения по подбору элементной базы
- + Осуществление поставок комплектующих для серийного производства и новых разработок
- + Поддержка склада
- + Оказание технической и информационной поддержки



+7 (495) 232-2522
INFO@PROCHIP.RU
WWW.PROCHIP.RU



Реклама

WolfSpeed

CRANE
AEROSPACE &
ELECTRONICS

SHARP

BULGIN

HUMMEL

SEMILEDS

RAYSTAR
OLED Display Provider

MICROMETALS
HIGH POWER COPPER

anadigm

CREE

АРБЕЛОС

AUO

Grayhill

HARTING
Pushing Performance

PHILIPS
LUMILEDS

LUMINEQ
POWERED BY BENQ
Formerly known as Phlips LED

XP Power

MPS
Monolithic Power Systems

Таблица 1. Перечень наиболее распространённых угроз

Угроза	Описание	Последствия
Удалённый взлом	Несанкционированный доступ к устройству и его данным, полный или частичный. Производится по сети	Нарушение внешней безопасности устройства, утечка данных
Локальный взлом	Несанкционированный доступ к устройству и его данным, полный или частичный. Производится при помощи локального подключения к устройству с помощью аппаратных и программных средств	Нарушение безопасности устройства, утечка данных
Изменение прав доступа	Изменение прав доступа для несанкционированного доступа к защищённым ресурсам	Сбой или снижение уровня защиты устройства расширяет уровень доступа к ресурсам устройства или системы на постоянной или временной основе
Подмена	Оригинальный ресурс (сервер или клиент) подменяется ложным	Сбой или снижение уровня защиты устройства расширяет уровень доступа к ресурсам устройства или системы на постоянной или временной основе
Получение постоянного доступа к устройству	Постоянный доступ после взлома, получаемый при помощи изменения конфигурации, модификации ПО или других программно-аппаратных манипуляций	Система безопасности уже не обеспечивает нормального уровня защиты, меры по её усилению неэффективны
Отказ в обслуживании	Полное или частичное нарушение функциональности на временной или постоянной основе	Снижение или нарушение доступности сервисов, предоставляемых системой или устройством
Перехват или модификация трафика	Передаваемые по сети данные перехватываются или модифицируются	Аутентичность и сохранность данных, передаваемых по сети, больше не могут быть гарантированы
Доступ к запоминающим устройствам	Чтение или модификация данных, хранящихся на устройстве	Аутентичность и сохранность данных, хранящихся на устройстве, больше не могут быть гарантированы

необходим для внедрения новых функциональных возможностей, а также для исправления ошибок. В последнем случае мы имеем дело не только с пользовательским кодом, но, зачастую, и со стеками протоколов, которые прошиты в ПЗУ Wi-Fi-контроллера. В современном мире нередки случаи, когда в том или ином протоколе находят различные уязвимости или ошибки, поэтому для обеспечения максимального уровня защиты нужно обязательно предусматривать какой-либо вариант для обновления ПО. Наиболее распространённым способом является обновление «по воздуху» (Over-the-Air, OTA). Несмотря на то, что такие механизмы уже давно разработаны и реализованы, сложности, тем не менее, возникают. Во-первых, для передачи обновления требуется организация защищённого канала связи, иначе в момент обновления злоумышленник может провести атаку с перехватом сессии и вместо оригинального файла новой прошивки передать вредоносный код. В результате он получит контроль над устройством и сможет получить доступ к данным, передаваемым в сети. Во-вторых, необходимо предусмотреть возможность отмены обновления. Например, в результате сбоя передачи новая прошивка может быть повреждена и после того, как она будет запрограммирована в устройство, последнее может превратиться, как говорят, в «кирпич». Это может произойти и при отключении питания в момент программирования нового ПО. В связи с этим необходимы меха-

низмы проверки правильности и полноты прошивки, наряду с реализацией защиты от сбоев в процессе записи в ПЗУ.

Анализ рисков

При разработке встраиваемых систем важно не просто реализовать беспроводное соединение, но и сделать его максимально безопасным. С увеличением количества устройств, подключённых к сети, возрастает и количество потенциальных точек взлома. Необходим тщательный анализ возможных угроз и связанных с ними рисков, как для самой системы, так и для её пользователей. К сожалению, на данный момент нет никаких чётких руководств или стандартов, описывающих средства и меры организации защиты для технологий IoT и вряд ли можно ожидать их появления в ближайшее время. Тем не менее, есть ряд организаций, в том числе и некоммерческих, которые пытаются структурировать уязвимости и выработать определённые рекомендации по разработке встраиваемых систем для работы в облачных сервисах. Одна из таких организаций – OWASP (Open Web Application Security Project) [5] – в рамках проекта по безопасности IoT проводит постоянный анализ возможных атак и уязвимостей для подключаемых к Интернету устройств и их ПО. Для разработчиков этот проект может быть интересен тем, что указывает возможные точки атак и слабые места, которые могут сделать атаку успешной, и, что особенно важно, также предоставляет рекомен-

дации по обеспечению безопасности как для разработчиков устройств, так и для тех, кто предоставляет облачные сервисы. Анализ возможных рисков и их последствий должен являться неременной частью любой разработки, чтобы инженер мог чётко себе представлять, какой комплекс аппаратных и программных средств ему нужно реализовать. В качестве отправной точки можно использовать данные из таблицы 1.

При разработке устройств с беспроводным подключением (в том числе по Wi-Fi), важно осознавать, что устройство само по себе – только часть системы, которая, в свою очередь, может являться элементом более крупной структуры. Если центральные узлы, как правило, располагаются в местах с контролируемым доступом, то оконечные узлы часто находятся там, где доступ к ним контролировать сложно или невозможно. Поэтому даже при реализации всех мер безопасности нельзя гарантировать, что со временем какое-то из устройств не будет скомпрометировано (например, украдено с целью реверс-инжиниринга). Разработчику уже на стадии дизайна нужно учитывать эту ситуацию и продумывать обеспечение безопасности на более высоком уровне – то, как вся система будет функционировать в условиях, когда одно или несколько устройств окажутся взломанными. Также необходимо иметь возможность своевременного и быстрого обновления ПО в случае обнаружения каких-либо уязвимостей или ошибок в программном коде.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ

После анализа возможных рисков можно определиться с подбором аппаратной части для решения технической задачи. Компания Texas Instruments предлагает линейку различных решений для реализации Wi-Fi-соединений. Это как отдельные микросхемы, так и готовые сертифицированные модули. Наиболее интересно с точки зрения доступности семейство SimpleLink, в которое входят две серии устройств: CC31xx и CC32xx. Первая представляет собой сетевой процессор (NWP), во вторую помимо NWP интегрированы процессорное ядро и различные периферийные модули (см. рис. 2). Основное отличие этих продуктов от дешёвых китайских аналогов – гораздо более высокий уровень защиты на всех трёх уровнях: безопасность Wi-Fi-подключения, защищённость коммуникационного канала и наличие аппаратных средств для обеспечения функциональной безопасности. В таблице 2 приведено краткое сравнение CC31xx и CC32xx с одним из китайских продуктов (Производитель А). Как можно видеть из таблицы, китайский производитель предлагает более слабый уровень защиты, сохраняя важную информацию (пользовательский код и сертификаты аутентификации) в открытом виде, а также не обеспечивая защиту процесса обновления прошивки. Однако реализация крупных проектов масштаба предприятия или проектов с повышенными требованиями к безопасности требует более защищённых решений. Компания Texas Instruments уделяет большое внимание обеспечению безопасности решений на базе семейства SimpleLink. В начале 2017 г. ожидается появление следующего поколения этих устройств, где будет реализована защищённая загрузка, расширится набор алгоритмов шифрования и появятся новые функциональные возможности для обеспечения более надёжной защиты пользовательских данных.

С точки зрения информационной безопасности, технологии, лежащие в основе IoT, уже достаточно давно и хорошо изучены. Основная сложность состоит в том, что раньше они использовались в компьютерных сетях, а теперь переносятся на встраиваемые устройства, которые не обладают аналогичной вычислительной мощ-

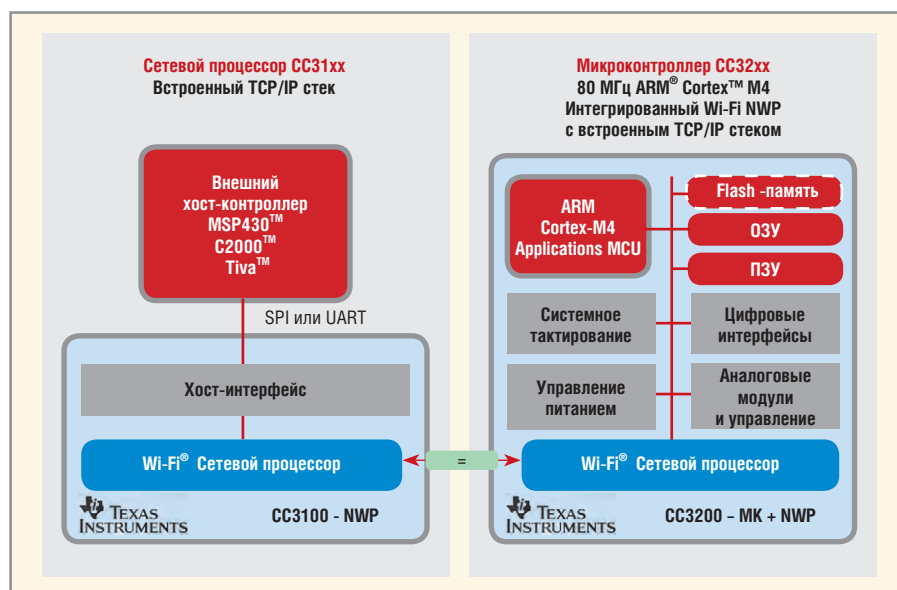


Рис. 2. Внутренняя структура CC31xx и CC32xx

Таблица 2. Сравнение параметров безопасности беспроводных компонентов

Параметры	CC31xx	CC32xx	Производитель А
Безопасность Wi-Fi			
Personal Security	Да	Да	Да
Enterprise Security	Да	Да	Нет*
Безопасность канала связи			
Алгоритмы	SSL3.0 TLS 1.2 X.509 AES256 3DES MD5 SHA2 RSA ECC	SSL3.0 TLS 1.2 X.509 AES256 3DES MD5 SHA2 RSA ECC	Нет*
Функциональная безопасность			
Хранение Wi-Fi-профиля	Зашифрован	Зашифрован	В открытом виде
Хранение сертификатов	Зашифрован	Зашифрован	В открытом виде
Возможность OTA	Да	Да	Да**
Программирование	Нет (внешний микроконтроллер)	Да (Cortex-M4)	Да (Tensilica Core или внешний микроконтроллер)

* Возможно с помощью внешнего процессора.

** Загрузка образа по незащищённому каналу в открытом виде.

ностью. Поэтому велик соблазн упростить защиту или вовсе отказаться от неё. Казалось бы, кому и зачем может понадобиться взламывать бытовой или промышленный прибор? Однако вместе с расширением возможностей, которые нам открывает мир подключённых к беспроводной сети приборов, в равной степени растёт и количество угроз со стороны незащищённых устройств, при этом их опасность зачастую даже трудно себе представить. Просто подумайте в эту цифру – миллиарды устройств в сети уже через несколько лет! Если обеспечению их безопасности не будет уделяться должного внимания, то мы можем оказаться

в очень тяжёлой ситуации. Самое время задуматься о безопасном Интернете вещей, особенно если вы сами являетесь их разработчиком.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.money.cnn.com/2015/07/24/technology/chrysler-hack-recall.
2. www.blog.kaspersky.com/blackhat-jeep-cherokee-hack-explained/9493.
3. www.cnet.com/how-to/what-is-a-ddos-attack.
4. www.usatoday.com/story/tech/2016/10/21/cyber-attack-takes-down-east-coast-netflix-spotify-twitter/92507806.
5. www.owasp.org/index.php/OWASP_Internet_of_Things_Project.



Инновационная гостиница: экономически выгодное решение

Лев Толстиков, Schneider Electric

Применение гостиницами энергоэффективных технологий снижает потребление электричества и существенно уменьшает эксплуатационные расходы. Ориентация отелей на использование современных технологий, как показывает опыт международных гостиничных операторов, может создать не только конкурентное преимущество, повысить имидж предприятия, привлечь клиентов, но и принести экономическую эффективность.

Когда кто-либо находится в деловой поездке или на отдыхе, его домом становится отель. Поэтому так важно, чтобы в нём были комфортабельные номера, оборудованные по последнему слову техники, с кондиционером, кабельным телевидением, холодильником и прочими удобствами, без которых современный человек уже практически не представляет свою повседневность.

Тем временем, электроэнергия, используемая для нормальной работы всех этих устройств, стоит недёшево. Более того, её цена постоянно растёт. Согласно статистическим данным, типичный гостиничный номер верхнего ценового сегмента использует 50–70 кВт электроэнергии в день, а номер класса люкс – свыше 80 кВт. Это значит, что операторы отелей расходуют немалую долю своего бюджета на оплату энергии, потребляемой гостиничными номерами. Рано или поздно владелец гостиницы неизбежно задаётся вопросом, как же сократить эту статью расходов, не лишая комфорта своих клиентов, как улучшить рентабельность своего отеля?

Эксперты отмечают всё возрастающее значение в обеспечении ресурсосбережения различных способов автоматизации электрооборудования. Автоматизация служб отеля позволяет управлять системами контроля доступа и присутствия на территории гостиничного комплекса, освещения, оповещения о наступлении внештатных ситуаций, системой управления поливочными устройствами и фонтанами, системами жалюзи и штор, кондиционирования, управления парковкой, диспетчеризации гостиничного комплекса в целом.

Среди последних технологических тенденций по оптимизации энерго-

затрат в гостиничном бизнесе можно отметить переход на энергосберегающее оборудование, установку различных датчиков, электронных систем контроля доступа и защиты, внедрение «зелёных» технологий.

Также современные отели все чаще стали использовать электронные ключи доступа, которые отвечают за управление инженерией номера. Принцип работы такой системы прост: как только ключ-карта вставлена в слот, система кондиционирования, отопления и вентиляции начинает работать, включает-ся освещение.

Однако у такой системы есть свои недостатки. Как только карта вынимается из держателя, подача электроэнергии в номер прекращается. При таких обстоятельствах, когда гость возвращается в номер после определённого периода отсутствия, температура в комнате часто не соответствует желаемым значениям. В результате те гости, которые уже раз или два сталкивались с подобной ситуацией, часто обходят это «препятствие»: покидая номер, они оставляют вторую карту вставленной в слот держателя. Иногда такое решение даже предлагается сотрудниками отеля, желающими обеспечить дополнительный комфорт своим клиентам. Результат подобной практики – значительные потери энергии и повышенные издержки для гостиничного оператора.

Поэтому в последнее время многие международные сети стали отказываться от установки картоприёмника в номерном фонде. Управление светом, кондиционированием, вентиляцией и отоплением происходит в зависимости от фактического присутствия гостя.

Таким образом, логической вершиной оптимизации энергопотребления гости-



ницы становится применение энергосберегающего оборудования в совокупности с наличием контуров регулирования на всех уровнях распределения энергоресурсов и создание единой системы управления и мониторинга. При таком подходе за активное энергосбережение отвечает система диспетчеризации и автоматизации (BMS) отеля. В задачи системы BMS в целом входит управление инженерными системами, соблюдение расписаний, уведомления об аварийных ситуациях, контроль над расходом ресурсов и управление системами по запросу пользователя. Принцип «Demand Control», или управление по запросу от системы, позволяет использовать ресурсы строго пропорционально нагрузке системы.

Эффективность систем и обеспечиваемую ими экономию можно повысить путём интеграции систем гостиничных номеров в систему автоматизации здания (BMS) и систему управления отелем (PMS). Подобная интеграция позволяет поддерживать в незаселённых номерах более экономичные температурные режимы, что в результате даёт дополнительную экономию.

Так, забронированные номера, в которых присутствует гость, поддерживают условия согласно желаниям клиента, например, +2°C. Как только гость вышел из номера, термостат посылает сигнал об этом в систему BMS и расширяет коридор регулирования установки на 2°C в каждую сторону, т.е. теперь диапазон регулирования составляет +19...+23°C. Стоит номеру стать незаселённым в системе бронирования (PMS),

контроллер получает информацию об этом и поддерживает температуру в ещё более широком диапазоне, например, +16...+26°C. Таким образом, гость получает значительно больший комфорт при появлении в отеле после отсутствия, так как температура поддерживалась в достаточно узком диапазоне. А отель получает максимально возможное энергосбережение при комфорте гостя. Помимо этого, через систему бронирования номеров контроллер можно удалённо переключить с измерений в градусах Цельсия на измерения в градусах Фаренгейта, а также на один из 15 встроенных языков, включая русский, английский, китайский и др. В дополнение, отельер может обеспечить комфорт гостя в момент следующего посещения отеля, включив температуру, которая осталась в номере при выезде гостя в предыдущий раз.

Такая концепция энергосбережения с использованием комплексного решения, затрагивающего всю инфраструктуру гостиничного комплекса, получила название «интеллектуальное здание». Удобство применения данного способа

энергосбережения в гостиницах заключается в том, что для каждого клиента может быть разработано индивидуальное решение, с учётом особенностей расположения и использования объекта. Единая система управления даёт возможность оптимальным образом осуществлять контроль за основными объектами, где происходит расходование энергии, и эффективно регулировать её потребление.

На таких решениях специализируется компания Schneider Electric, которая сотрудничает с известными гостиничными операторами, среди которых Marriott, Hilton, Accor, Four Seasons, Kempinski, InterContinental, Hyatt. Специалисты Schneider Electric разработали уникальное и гибкое предложение для гостиничного бизнеса, которое может применяться в отелях различного класса с учётом особенностей индивидуального дизайна. В него входит полный спектр оборудования для распределения электроэнергии и управления, отвечающий требованиям различных схем электропитания. Комплексная система автоматизации построена на основе открытых про-



токолов TCP/IP / LON, EIB / KNX и LON и включает системы автоматизации зданий, управления гостиничным номером, безопасности и видеонаблюдения.

Со временем всё большее число владельцев отелей придут к пониманию того, что экономия финансовых средств в результате повышения энергоэффективности позволяет сократить себестоимость оказываемых гостиничных услуг, что в дальнейшем положительно скажется на финансовых результатах и, прежде всего, прибыли. ©





Программируемые аналоговые микросхемы:

весь спектр электроники на одном кристалле!



Активный компонент вашего бизнеса

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



Новая система единовременного получения изображения в цветном и ближнем ИК-диапазоне

Масатоши Окутоми, Эмико Кавагучи, Tokyo Institute of Technology

Перевод: Игорь Матешев

Масатоши Окутоми и его коллеги из Токийского технологического института и отдела исследований и разработок Olympus создали новую систему формирования изображения для одновременного получения картинки как цветного (RGB) диапазона, так и ближнего ИК-диапазона (NIR) с использованием одного сенсора.

ВВЕДЕНИЕ

Представленные на рынке компактные и недорогие цифровые камеры получают цветные изображения с матрицы цветного фильтра (Color Filter Array, CFA) – массива красных (R), зелёных (G) и синих (B) фильтров и наложенного формирователя изображения (см. рис. 1). В результате данные, полученные с помощью датчиков изображения на основе CFA, – мозаичные. Для получения полноцветной картинки запускается набор алгоритмов обработки изображений, таких

как процесс интерполяции мозаичных данных (также известный как алгоритм демозаики) и выполняется коррекция цвета. Так, в современных цветных камерах реализуется недорогой и простой в использовании механизм получения цветного изображения.

НОВАЯ СИСТЕМА

Многие сообщества, разрабатывающие машинное зрение и программы обработки изображений, предлагают варианты одновременного использо-

вания цветного (RGB) и инфракрасного (NIR) изображения. В частности, группа Масатоши Окутоми из Токийского технологического института вместе с исследователями из R&D отдела Olympus разработали прототип новой системы формирования изображений для одновременного получения RGB- и NIR-картинки с помощью единого датчика изображения. На рисунке 2 приведён прототип этой системы, состоящей из новой матрицы цветного фильтра, содержащей как RGB-так и NIR-фильтры. На рисунке приведена компоновка новой матрицы, где «N» – это NIR-фильтр. Дополнительно исследователи разработали систему обработки изображений, которая выполняет алгоритмы обработки изображений и корректирует цвета в режиме реального времени. Поэтому новая система получает и выводит высококачественные RGB- и NIR-изображения одновременно со скоростью 60 кадров в секунду. Поскольку новая система предоставляет пользователям и RGB-, и NIR-изображения, ожидается, что она откроет новую область применения во многих отраслях, таких как дистанционное зондирование, безопасность, робототехника, сельское хозяйство и медицинская визуализация, где NIR-информация может оказаться полезной.

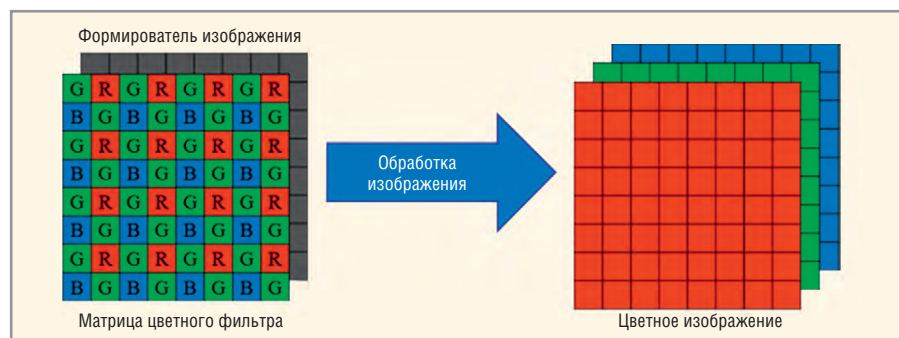


Рис. 1. Получение изображения с помощью единого CFA-сенсора

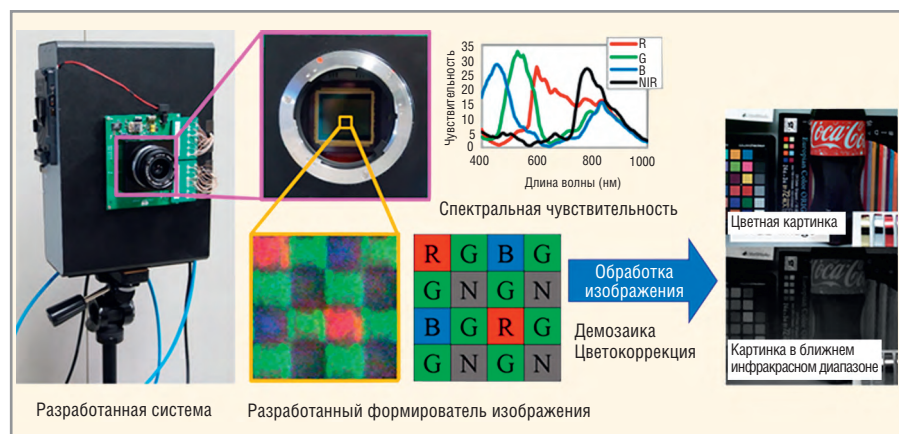
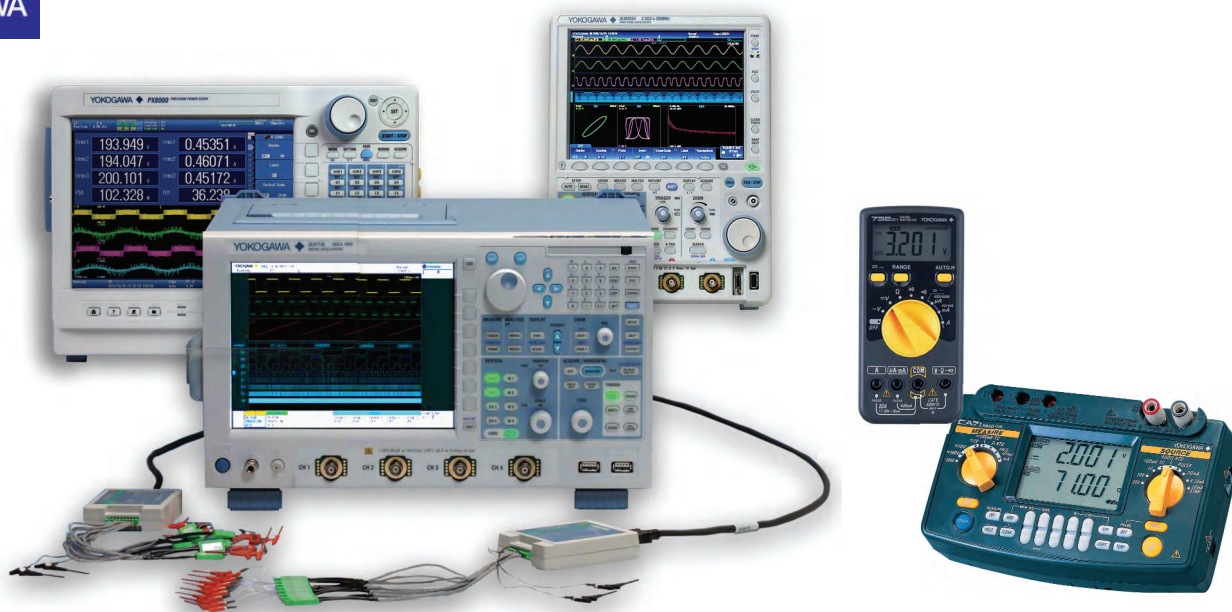


Рис. 2. Обзор прототипа системы

ЛИТЕРАТУРА

1. Yoshizaki Kazunori, Fukunishi Munenori, Komiya Yasuhiro, Monno Yusuke, Tanaka Masayuki, Okutomi Masatoshi, Lansel Steven. A Real-Time RGB-NIR Imaging System Using a Single Image Sensor. Conference: IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Demonstration. 2016. June.
2. Teranaka Hayato, Monno Yusuke, Tanaka Masayuki, Okutomi Masatoshi. Single-Sensor RGB and NIR Image Acquisition: Toward Optimal Performance by Taking Account of CFA Pattern, Demosaicking, and Color Correction. Conference: IS&T International Symposium on Electronic Imaging. 2016. February.
3. <http://www.titech.ac.jp/english/>





Реклама

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Компания «ПЛАТАН» является официальным партнером японского производителя контрольно-измерительных приборов Yokogawa, широко применяющихся в АСУ ТП различных промышленных отраслей.

- Цифровые мультиметры
- Осциллографы
- Калибраторы электрических сигналов
- Анализаторы мощности

 **ПЛАТАН** www.platan.ru

Москва
м. Молодежная
(495) 97 000 99
info@platan.ru

Москва
м. Электрозаводская
(495) 744 70 70
platan@platan.ru

Санкт-Петербург
м. Горьковская
(812) 232 88 36
baltika@platan.spb.ru

Honeywell

SICK

VISHAY

BOURNS
Reliable Electronic Solutions

TE
electronics

Panasonic

MITSUBISHI
ELECTRIC

muRata
INNOVATOR IN ELECTRONICS

Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: ШИМ

Олег Вальпа (г. Миасс, Челябинская обл.)

В статье приведён пример использования широтно-импульсной модуляции сигналов в микроконтроллере STM32F100RBT6B, что необходимо для практического изучения и освоения микроконтроллеров серии STM32 компании STMicroelectronics.

ВВЕДЕНИЕ

Широтно-импульсная модуляция (ШИМ), или на английском языке Pulse-Width Modulation (PWM), представляет собой процесс управления мощностью, подводимой к нагрузке, путём изменения скважности импульсов, при постоянной частоте.

Широтно-импульсная модуляция давно и активно внедряется в микро-

контроллеры мировых производителей. Благодаря своей простоте и универсальности данный вид управления надёжно закрепился в микроконтроллерной технике и часто используется для регулирования различных процессов.

Микроконтроллеры серии STM32 компании STMicroelectronics [1] также имеют в своём составе блоки ШИМ.

ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Рассмотрим функционирование ШИМ в микроконтроллерах серии STM32 на примере управления трёхцветным светодиодом RGB. Такой светодиод позволяет изменять свою яркость и цвет во всём видимом цветовом диапазоне путём смешивания трёх цветов (красного, зелёного и синего) с различной интенсивностью свечения. С помощью ШИМ можно плавно управлять интенсивностью каждого цвета и добиться при этом плавной смены оттенка свечения всего светодиода. Вместо одного трёхцветного светодиода можно

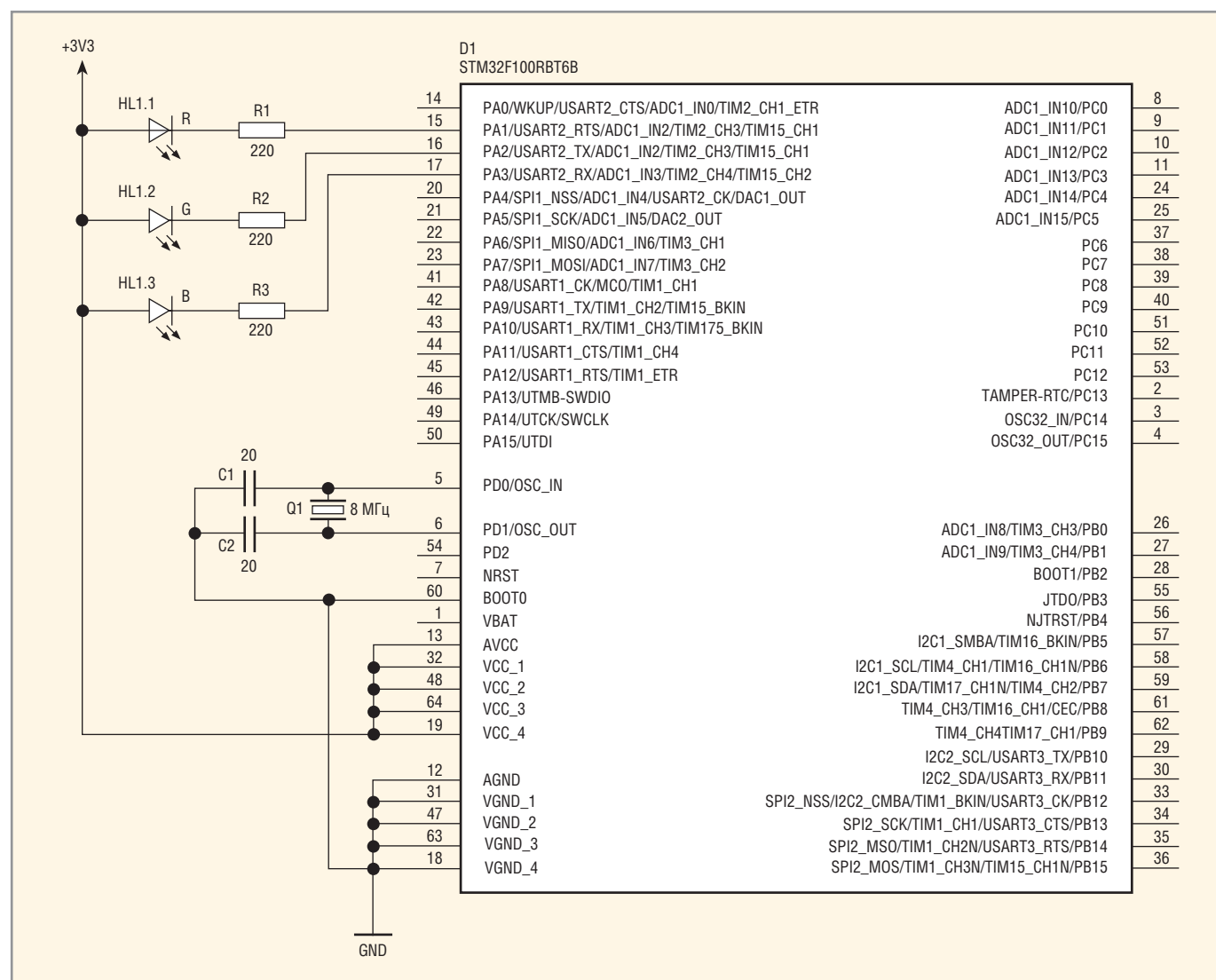


Схема подключения светодиодов к микроконтроллеру

также использовать три одноцветных светодиода.

Реализация

Подключать выводы светодиода необходимо к тем выводам микроконтроллера, которые связаны с таймером, формирующим ШИМ-регулирование. Например, при использовании второго таймера подойдут выводы TIM2_CH1...TIM2_CH4 микроконтроллера.

Схема подключения светодиодов к микроконтроллеру приведена на рисунке.

Для активации указанных выводов необходимо сконфигурировать их как выходы с альтернативной функцией, и разрешить в настройках таймера управлять этими выводами для генерации сигналов ШИМ.

Для такой настройки используется внутренний регистр микроконтроллера с сокращённым названием CCER, приведённый в таблице 1.

Здесь и далее символы RW обозначают разрешение чтения и записи.

При установке в единичное состояние битов CC1E...CC3E таймеру будет разрешено использовать соответствующий вывод для управления ШИМ.

Кроме того, необходимо выбрать режим работы ШИМ: в прямом или обратном управлении. При прямом управлении коэффициент заполнения ШИМ увеличивается от 0 до 100% при увеличении числа в регистре сравнения, а при обратном – уменьшается от 100 до 0%.

Для выбора режима используются два регистра – CCMR1 и CCMR2, приведённые в таблицах 2 и 3, соответственно.

За выбор режима ШИМ в этих регистрах отвечают биты OC1M[2:0]...OC3M[2:0].

Биты IC1PSC[1:0]...IC3PSC[1:0] и IC1F[3:0]...IC3F[3:0] позволяют произвести аналогичную настройку, но уже в режиме захвата сигнала.

В таблице 4 приведено состояние битов для прямого и обратного режима ШИМ для любого из каналов n.

Поскольку большинство остальных комбинаций описанных регистров не имеют отношения к ШИМ, эти комбинации здесь не рассматриваются.

Инверсный режим ШИМ удобно использовать для трёхцветных светодиодов с общим анодом, поскольку при включении коэффициент заполнения ШИМ будет равен 100% и светодиод будет погашен за счёт приложения к катодам высокого уровня напряжения.

Листинг

```
// Подключение библиотечных файлов
#include <stm32f10x.h>
#include <stm32f10x_gpio.h>
#include <stm32f10x_rcc.h>
// Функция задержки
void delay(void)
{
    volatile uint32_t i;
    for (i=1; i != 0xFFFF; i++);
}
// Главный модуль программы
int main()
{
    // Включить порт A
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOA , ENABLE);
    // Включить таймер 2
    RCC_APB1PeriphClockCmd(RCC_APB1Periph_TIM2,ENABLE);
    GPIO_InitTypeDef PORT;
    // Настроить выводы управления светодиодами на выход
    PORT.GPIO_Pin = (GPIO_Pin_1 | GPIO_Pin_2 | GPIO_Pin_3);
    // Включить альтернативный режим выходов
    PORT.GPIO_Mode = GPIO_Mode_AF_PP;
    PORT.GPIO_Speed = GPIO_Speed_2MHz;
    GPIO_Init(GPIOA, &PORT);
    // Разрешить таймеру использовать выводы PA1, PA2, PA3 для ШИМ
    TIM2->CCER |= (TIM_CCER_CC2E|TIM_CCER_CC3E|TIM_CCER_CC4E);
    // Задать инверсный режим ШИМ для трех каналов
    TIM2->CCMR1|=(TIM_CCMR1_OC2M_0 | TIM_CCMR1_OC2M_1 | TIM_CCMR1_OC2M_2);
    TIM2->CCMR2|=(TIM_CCMR2_OC3M_0 | TIM_CCMR2_OC3M_1 | TIM_CCMR2_OC3M_2 |
    TIM_CCMR2_OC4M_0 | TIM_CCMR2_OC4M_1 | TIM_CCMR2_OC4M_2);
    // Запустить таймер
    TIM2->CR1 |= TIM_CR1_CEN;
    // Записать данные в регистр CCRx таймера 2
    uint32_t pwm_arr[]=
    {0,0,0x1999, 0x3333,0x4CCC,0x6666,0x8000,0x9999,0xB333,0xCCCC,0xE666,
    0xFFFF};
    uint8_t i;
    // Главный бесконечный цикл программы
    while(1)
    {
        for (i=1;i<=10;i++) {
            TIM2->CCR2=pwm_arr[i];
            delay();
        }
        for (i=11;i>=1;i--) {
            TIM2->CCR2=pwm_arr[i];
            delay();
        }
        for (i=1;i<=11;i++){
            TIM2->CCR3=pwm_arr[i];
            delay();
        }
        for (i=11;i>=1;i--) {
            TIM2->CCR3=pwm_arr[i];
            delay();
        }
        for (i=1;i<=10;i++) {
            TIM2->CCR4=pwm_arr[i];
            delay();
        }
        for (i=11;i>=1;i--) {
            TIM2->CCR4=pwm_arr[i];
            delay();
        }
    }
}
```


Таблица 1. Регистр CCER

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Резерв		CC4P	CC4E	Резерв		CC3P	CC3E	Резерв		CC2P	CC2E	Резерв		CC1P	CC1E
		RW	RW			RW	RW			RW	RW			RW	RW

Таблица 2. Регистр CCMR1

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
OC2CE	OC2M[2:0]			OC2PE	OC2FE	CC2S[1:0]		OC1CE	OC1M[2:0]			OC1PE	OC1FE	CC1S[1:0]	
IC2F[3:0]			IC2PSC[1:0]					IC1F[3:0]			IC1PSC[1:0]				
RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW

Таблица 3. Регистр CCMR2

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
OC4CE	OC4M[2:0]			OC4PE	OC4FE	CC4S[1:0]		OC3CE	OC3M[2:0]			OC3PE	OC3FE	CC3S[1:0]	
IC4F[3:0]				IC4PSC[1:0]				IC3F[3:0]			IC3PSC[1:0]				
RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW

Таблица 4. Режимы ШИМ

Режим ШИМ	OCnM[2]	OCnM[1]	OCnM[0]
Прямой	1	1	0
Обратный	1	1	1

После настройки каналов ШИМ необходимо запустить таймер, установив бит CEN в регистре TIM2_CR1. Интенсивность свечения светодиода зависит от заполнения импуль-

сов ШИМ, т.е. от скважности. Регулировать эту скважность можно путём записи числа от 0x0000 до 0xFFFF в регистры CCRn таймера, где n – номер канала.

Для создания эффекта плавного изменения цвета необходимо с определённой периодичностью производить запись в указанный регистр нарастающих и убывающих чисел.

В листинге приведён код программы, демонстрирующей данный алгоритм управления трёхцветным светодиодом.

После трансляции и загрузки программы в микроконтроллер можно будет наблюдать, как плавно изменяется цвет и яркость светодиода. Данный процесс повторяется циклично и смотрится эффектно и красиво.

По аналогии можно написать программу, которая, например, позволит управлять мощностью нагревателя с целью поддержания заданной температуры, или скоростью какого-либо объекта.

Подобные задачи встречаются довольно часто во многих областях науки и техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.st.com



Новости мира News of the World Новости мира

Гарнитура от «ОПК»: управлять компьютером при помощи взгляда

«Объединённая приборостроительная корпорация» (входит в Госкорпорацию Ростех) впервые продемонстрировала прототип устройства для управления дополненной реальностью «Нейро-М» в рамках Международной выставки «Здравоохранение, медицинская техника и лекарственные препараты», которая прошла с 5 по 9 декабря в Москве. Разработка призвана упростить ежедневное взаимодействие человека с электронными устройствами – компьютерами, смартфонами и «умными» бытовыми приборами.

Система альтернативной и дополненной коммуникации «Нейро-М» представляет собой портативную гарнитуру: очки с дисплеем дополненной реальности, встроенный в них датчик для определения направления взгляда (айтрекер) и интерфейс «мозг-компьютер».

Две камеры айтрекера с частотой регистрации движений глаза до 200 кадров в секунду позволяют точно отслеживать направление взгляда человека и использовать его в качестве трёхмерного курсора. При этом нейроинтерфейс «мозг-компьютер» анализирует элек-



тронцефалограмму человека, повышая эффективность взаимодействия с электронными устройствами. В частности, на компьютере можно писать тексты, просматривать интернет-сайты, работать в любых программах и т.д., не используя клавиатуру и мышь. В случае с бытовой техникой возможно дистанционное включение и выключение приборов.

Чтобы отправить сообщение, на прозрачный дисплей очков выводится графический интерфейс в виде клавиатуры с русским алфавитом. Программно-аппаратный комплекс определяет, на какой из букв сфокусировано внимание пользователя, после чего выводит эту букву в область набора сообщений.

В составе «ОПК» разработку «Нейро-М» ведёт Институт электронных управляющих

машин (ИНЭУМ) им. И.С. Брука. На данный момент изделие работает в тестовом режиме.

www.opkrt.ru

В Госреестре СИ началась публикация методик поверки

В Госреестре средств измерений (СИ), в разделе, содержащем сведения об утверждённых типах средств измерений, в тестовом режиме началась публикация методик поверки (МП) с 62981-16 по 63641-16. Ответственность за содержание МП несёт испытательный центр, утвердивший её. Чтобы увидеть эту информацию, необходимо нажать на номер в Госреестре, состоящий из порядкового номера государственной регистрации и двух последних цифр года утверждения типа.

Ранее в этом разделе была опубликована информация об интервалах между поверками и описания типа.

На каждый тип СИ, зарегистрированный в Госреестре СИ, содержится следующая информация: наименование СИ, регистрационный номер, назначение СИ, страна-производитель, изготовитель и его реквизиты, наименование Государственного центра испытаний, срок действия сертификата, межповерочный интервал, методика поверки.

www.intermera.ru

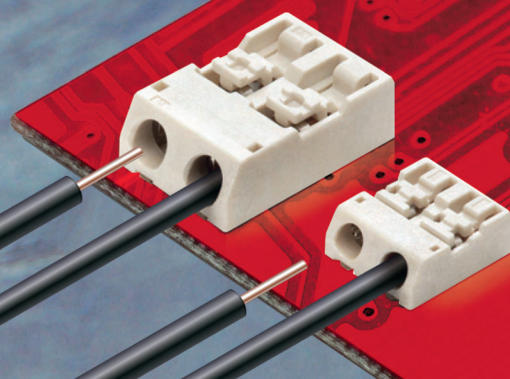
Высокоскоростной монтаж

с пружинными разъёмами Lite-Trap™

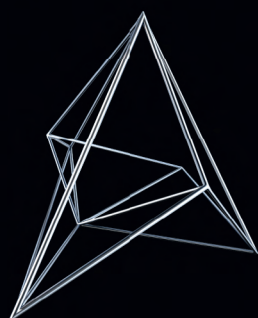


molex®
one company > a world of innovation

Тип	Mini	Standard	Bottom-Entry
1 контакт	104238-0110	104188-0110	104266-0110
2 контакта	104238-0210	104188-0210	104266-0210
Провод [AWG]	22...26 (одножильный)	18...24 (одножильный) 20...22 (многожильный)	18...24 (одножильный) 20...24 (многожильный)
Ток [A]	3.0	9.0	9.0
Диапазон рабочих температур [°C]	-40...+130	-60...+130	-60...+130



Реклама



Symmetron

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

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

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

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

www.symmetron.ru

Веха в развитии промышленного Ethernet: новый интерфейс для скоростной передачи данных

Ольга Романовская (Москва)

На ведущих осенних выставках промышленной электроники и автоматики 2016 г. в Германии – «Электроника» (г. Мюнхен, с 8 по 11 ноября) и «SPS IPC Drives» (г. Нюрнберг, с 22 по 24 ноября) – компания HARTING представила новые разъемы для высокоскоростной передачи данных: T1, M8 D-кодировка и ix Industrial®. Ожидается, что эти «маленькие гиганты» привнесут много качественных изменений в построение промышленных Ethernet-сетей. Разъемы T1, M8 D-кодировка и ix Industrial® намного меньше традиционных громоздких RJ-45 и, в то же время, являются более надёжными и мощными.

В ответ на постоянно растущий спрос на новые интерфейсы и технологии две компании – HIROSE и HARTING – несколько месяцев назад объявили о партнёрстве и объединили свои усилия в деле разработки нового альтернативного интерфейса для RJ-45. Результатом этой совместной деятельности стал ix Industrial® – новый миниатюрный Ethernet-интерфейс для высокоскоростной передачи данных (см. рис 1). В то же время оба партнёра сразу же стандартизировали свои разъемы ix Industrial® в соответствии с немецкой нормой IEC / PAS 61076-3-124. Наличие сертификатов о соответствии IEC / PAS 61076-3-124 даёт пользователям гарантии безопасности применения данных решений и упрощает внедрение ix Industrial® в системы IoT (Интернета вещей).

Начало производства новых разъемов намечено на апрель 2017 г.

«Объединение опытных команд двух лидеров HIROSE и HARTING имеет очень много преимуществ для наших заказчиков. Глобальное присутствие

на рынке поможет быстрее внедрить новый интерфейс», – заявил по этому поводу президент HIROSE Electric Кацунори Иши. Выступая на том же мероприятии, председатель правления компания HARTING Technology Group Филип Хартинг добавил: «Успешное сотрудничество в области разработки, стандартизации и продвижения миниатюрной технологии для подключения 10 Гбит Ethernet является беспроигрышной ситуацией для обеих компаний. Мы намерены расширять это партнёрство в дальнейшем». В частности, компании HIROSE и HARTING хотят ещё более тесно сотрудничать в области исследований и развития технологий в будущем. Планируется разработка новых стандартов.

Хотя интерфейс ix Industrial® был создан совместно с HIROSE, разработка новых разъемов T1 и M8 принадлежит полностью HARTING. Основная задача для всех трёх новинок – повышение скорости передачи данных при улучшении дизайна коннектора. Разъемы разработаны в миниатюр-

ном исполнении, обладают высокой прочностью, при этом обеспечивают достаточно большую мощность. Благодаря небольшой и надёжной конструкции, коннекторы позволяют использовать технологии Fast Ethernet во всех возможных применениях. Например, блочные розетки ix Industrial® на 70% меньше, чем розетки RJ-45 (см. рис. 2). Это означает, что производители оборудования могут использовать ix, T1 и M8 в гораздо меньших устройствах, для которых раньше применение RJ-45 было невозможно. Например, в миниатюрных системах видеонаблюдения, блоках управления, небольших промышленных компьютерах.

Для подключения кабелей к устройствам HARTING предлагает пользователям тонкие гибкие кабельные сборки с малым радиусом изгиба, которые также облегчают установку в ограниченном пространстве. Доступны версии двухсторонних сборок с ix-разъёмами с обеих сторон и разъёмами ix–RJ-45, а также односторонние сборки с M12 с X-кодировкой.

Как правило, «миниатюрный» ассоциируется с хрупким, тонким. Однако именно эти неблагоприятные свойства были отмечены в разъёмах RJ-45 при их эксплуатации в промышленных средах. Конструкция ix Industrial® имеет более прочное исполнение. Ответные части разъёма оборудованы с двух сторон металлическими защёлками таким образом, чтобы при правильном подсоединении был слышен щелчок. Защёлки также обеспечивают защиту

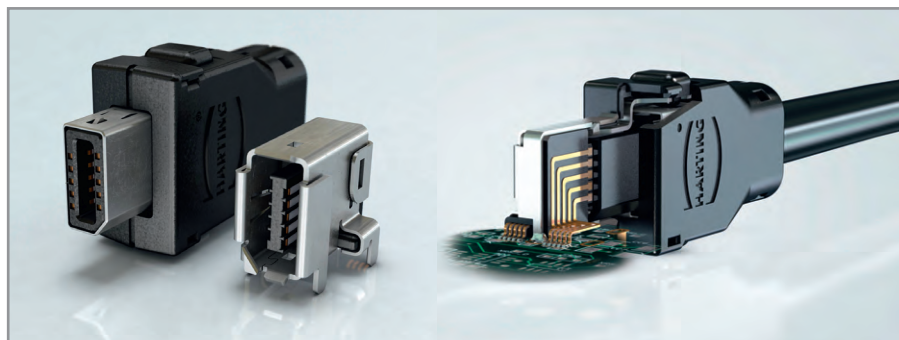


Рис. 1. Миниатюрный Ethernet-интерфейс ix Industrial®

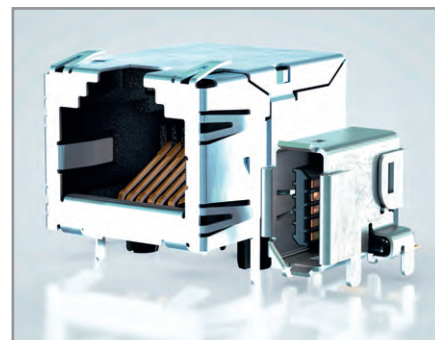


Рис. 2. Сравнение розеток RJ-45 и ix Industrial®

от вибрации и случайной расстыковки во время эксплуатации.

Предназначенный для использования в сетях Ethernet-стандарта Cat. 6A ix Industrial® разработан для передачи данных со скоростью до 10 Гбит/с, то есть с прицелом на будущее. Большая мощность разъемов ix Industrial® позволяет при необходимости использовать технологию PoE для передачи данных и питания через один интерфейс.

T1 (HARTING T1 Industrial®) представляет собой новую разработку в области передачи данных со скоростью 1 Гбит/с по одной витой паре (см. рис. 3). На обеих осенних выставках, «Электроника» и «SPS IPC Drives», HARTING представила живую демонстрацию этой системы. Такой новаторский подход экономит пространство, деньги и снижает затраты на прокладку кабеля. Компания HARTING Technology Group в настоящее время работает над стандартизацией ответной части разъема в рамках нормы МЭК.

M8 с D-кодировкой является третьей новинкой HARTING, которая была представлена на осенних выставках в Германии (см. рис. 4). Предпола-

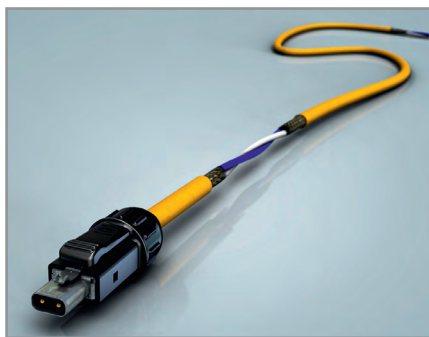


Рис. 3. Разъем T1 для высокоскоростной передачи данных по одной витой паре

гается, что M8 отлично подойдет для передачи данных от облачного хранилища до более удаленных точек сети, т.к. отвечает повышенным требованиям по качеству, скорости и надежности передачи сигнала.

На «маленьких гигантов» от HARTING возлагаются большие надежды. Возможно, уже в ближайшее время новый Ethernet-интерфейс ix Industrial® найдет такое же широкое применение, как и его немного «устаревший» коллега RJ-45, а в некоторых случаях вытеснит его полностью. Внедрение Industry 4.0 требует всё более сложных и быстро-



Рис. 4. Разъем M8 с D-кодировкой

действующих систем. Для этого необходимо уменьшение габаритов используемых компонентов и одновременно с этим повышение надежности и улучшение их характеристик. Компания HARTING активно работает в этих направлениях, предлагая рынку электроники и автоматизации передовые и новаторские решения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пресс-релиз компании HARTING. Little Gigants ix Industrial®, T1 and M8 Have a Single Mission: To Improve Performance!
2. www.harting.ru.



ЖАЖДА СКОРОСТИ

РАЗЪЕМ HAR-SPEED M12 В SLIM-КОРПУСЕ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

КОМПАКТНЫЙ КОРПУС РАЗЪЕМА
ДИАМЕТР КАБЕЛЯ 4,5–8,8 мм

ПОЛНОЕ ЭКРАНИРОВАНИЕ,
ЗАЩИТА ОТ ВИБРАЦИЙ, ПЫЛИ И ВЛАГИ

Х-КОДИРОВКА В СООТВЕТСТВИИ С IEC 61076-2-109
СКОРОСТЬ ПЕРЕДАЧИ ДО 10 ГБИТ/С

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ HARTING

IP65 IP67

ProCHIP
POWERED BY ProSOFT

Активный компонент вашего бизнеса

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

Аппаратно-программная реализация мультиспектральной системы улучшенного видения

Андрей Бондаренко, Максим Бондаренко (Москва)

В статье рассмотрены ключевые проблемы, связанные с разработкой и реализацией мультиспектральных видеосистем, включающих в свой состав различные цифровые камеры, работающие в УФ (0,2–0,4 мкм), ТВ (0,4–0,9 мкм) и ИК (0,9–1,7, 3–5 и 8–14 мкм) спектральных диапазонах. Указанные системы формируют комбинированный видеопоток, содержащий информационные признаки от имеющихся информативных видеоканалов. К основным проблемам подобных систем относят совмещение разноточных видеозображений, а также автоматический выбор значимых каналов и их последующее комплексирование. Авторами предлагаются оригинальные способы разрешения данных проблем и приводятся практические результаты.

ВВЕДЕНИЕ

Всё большее распространение получают мультиспектральные видеосистемы, которые формируют комбинированное видеозображение, содержащее информационные признаки от используемых разноточных каналов. Такие системы могут применяться для оптико-электронной разведки, для повышения осведомлённости экипажей мобильной техники, включая авиационную технику, при управлении в сложных погодных и суточных условиях. Достаточно широкую известность получили авиационные системы улучшенного видения (СУВ) для повышения информированности экипажей гражданских самолётов при пилотировании на наиболее ответственных участках [1].

Разработка мультиспектральной видеосистемы основана на исполь-

зовании серийно выпускаемых комплектующих, включая оптику, что существенно повышает надёжность, предсказуемость работы и снижает стоимость разработки. Но применение серийно выпускаемой техники приводит к ряду технических трудностей:

- рассогласование полей зрения видеоканалов из-за разных матриц и объективов;
- параллакс видеокамер системы, образующих между собой стереопары;
- необходимость юстировки оптических осей системы для достижения их параллельности;
- разное тепловыделение и теплопроводность разных датчиков могут приводить видеосистему к неравномерному нагреву и, как следствие, к неравномерной засветке видеозображений в ИК-диапазоне;

- проблема выбора алгоритма и приоритета комплексирования видеоканалов из-за сложности формализации понятия «информативность изображения» и проведения её количественной оценки, согласованной с визуальным восприятием.

Далее произведён разбор указанных проблем и вопросов, в котором рассматриваются методики и алгоритмы их эффективного разрешения на примере трёхспектральной видеосистемы.

КОНСТРУКТИВ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Предлагаемый конструктив без внешнего корпуса для трёхспектральной системы (ТВ, ближний и дальний ИК-каналы) представлен на рисунке 1.

Достижение приемлемой параллельности оптических осей достигается за счёт разработки единой платы фотоприёмников, куда вставляются видеоматрицы или видеомодули. Позиционирование видеокамер в готовых штатных корпусах представляется менее точным. Конструктивно предусмотрена юстировка двух нижних тепловизионных модулей по крену.

Проблема неравномерного нагрева изделия решается изготовлением внутреннего корпуса-радиатора, плотно прилегающего к каждому из видеомодулей, служащего одновременно конструкцией для крепления объективов (см. рис. 1).

Минимизация параллакса между датчиками данной видеосистемы достигается за счёт расположения геометрических центров матриц и объективов соответственно в вершинах правильного треугольника с минимально допустимым конструктивом сторон. Видеозображения и питание планируется передавать по единому кабелю, работающему по интерфейсу CoaXPress, что существенно повысит эргономику и надёжность системы.

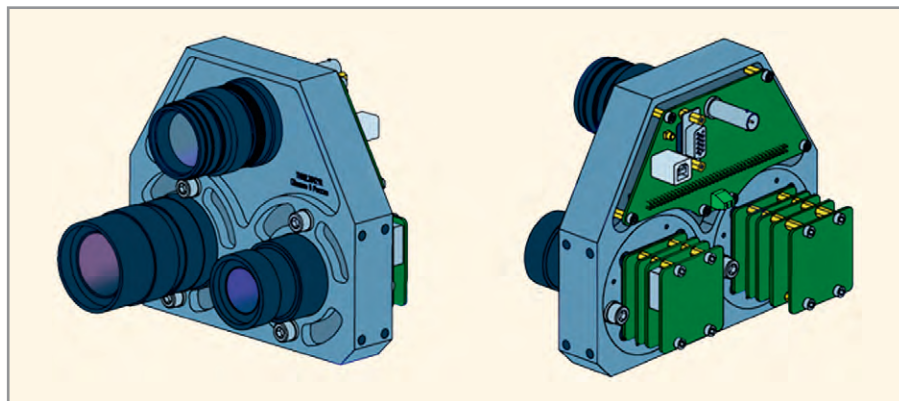


Рис. 1. 3D-модель перспективного конструктива трёхспектральной видеосистемы, разработанной ООО «РАСТР ТЕХНОЛОДЖИ»

СОВМЕЩЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ В МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

Совмещение видеоизображений может производиться как на аппаратном (вариофокальная оптика), так и на программном уровне (обработка изображений). Однако приобретение вариофокальной оптики существенно повысит конечную стоимость системы, не говоря уже об изготовлении на заказ видеоматриц с желаемым форматом и размерами элементов. К тому же вариофокальные объективы имеют меньшую светосилу и превосходят по массе и габаритам объективы с фиксированными фокусами.

В таблице 1 приведены реальные параметры трёхспектральной системы, разрабатываемой фирмой ООО «РАСТР ТЕХНОЛОДЖИ».

В таблице 2 приведён оптимальный (желаемый) вариант по видеоматрицам, который не удалось найти, когда физические размеры их пикселей обратно пропорциональны разрешению видеоматриц.

В реальности процент эффективных пикселей комбинированного изображения всегда будет ниже 100%,

Таблица 1. Реальные параметры видеодатчиков разрабатываемой системы

Спектральный диапазон видеоматрицы, мкм	Фокус объектива, мм	Размер пикселя, мкм	Число пикселей по ширине и высоте	Поле зрения по ширине и высоте, градусы	Число эффективных пикселей по ширине и высоте	% эффективных пикселей от общего числа
0,4–0,9	25	9,7	1280 × 1024	27,89 × 22,47	1127 × 845	72,65
0,9–1,7	25	20	640 × 512	28,72 × 23,15	547 × 410	68,44
8–14	25	17	640 × 480	24,55 × 18,54	640 × 480	100

Таблица 2. Оптимальные (желаемые) параметры видеодатчиков

Спектральный диапазон видеоматрицы, мкм	Фокус объектива, мм	Размер пикселя, мкм	Число пикселей по ширине и высоте	Поле зрения по ширине и высоте, градусы	Число эффективных пикселей по ширине и высоте	% эффективных пикселей от общего числа
0,4–0,9	25	10	1280 × 1024	28,72 × 23,15	1280 × 1024	100
0,9–1,7	25	20	640 × 512	28,72 × 23,15	640 × 512	100
8–14	25	20	640 × 512	28,72 × 23,15	640 × 512	100

так как видеоматрицы конструктивно не могут быть расположены в одном месте, что делает процедуру совмещения видеоизображений неотъемлемой частью алгоритмического обеспечения мультиспектральной видеосистемы.

Эффективным представляется программное совмещение видеоизображений с использованием методов ком-

пьютерной графики, основанное на наложении текстур видеоизображений на картинный полигон, размеры которого кратны размерам формируемого кадра. Совмещение достигается путём увеличения с интерполяцией и сдвига текстур на этом полигоне через изменение их текстурных координат так, чтобы объекты на комбинированном изображении не двоились.



РАСТР ТЕХНОЛОДЖИ

25 лет в отрасли

Сделано в России

RT-XDC – новая унифицированная аппаратно-программная платформа

RT-XDC обеспечивает широкие возможности использования цифровых видеокамер в промышленном исполнении

Цифровая видеокамера	Разрешение в пикселях	Пиксель, мкм	Диагональ матрицы, мм	Кадровая частота, Гц	АЦП, бит
RT-1000DC	1024 × 1024	12.8	18.5	30	14(16)
RT-1020DC	1000 × 1000	7.4	10.5	50	12
RT-1050DC	1024 × 1024		8	120	
RT-1150DC	1280 × 720	5.5	8.1	138	
RT-2050DC	1600 × 1200		11	68	16
RT-2070DC	1920 × 1080	7.4	16.3	60	
RT-4050DC	2336 × 1752	5.5	16.1	32	
RT-4071DC	2048 × 2048	7.4	21.4	28	
RT-8051DC	3296 × 2472	5.5	22.7	16	16
RT-8060DC	3600 × 2400	7.4	12		
RT-16050DC	4896 × 3264	5.5	32.4	8	
RT-16070DC	4864 × 3232	7.4	43.2		16
RT-29050DC	6576 × 4384	5.5	43.5	4	

высокая чувствительность и низкий уровень шумов

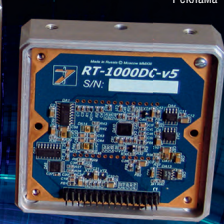
встроенный видеопроцессор реального времени

внутренняя память DDR2 до 256 МБ

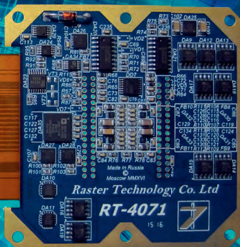
высокоскоростной интерфейс CoaXpress

телеметрия и управление по интерфейсу RS-485





WWW.RASTR.NET

Реклама

Тел.: 8(495)789-93-67, 425-73-26. E-mail: rastermsk@gmail.com

Адаптивный алгоритм комплексирования изображений

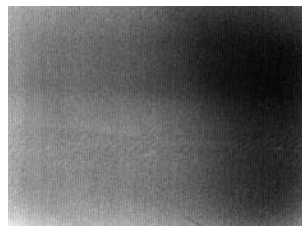
Комплексирование изображений полезно только при наличии существенной информации в двух и более видеоканалах. Если же вычисленный приоритет одного канала существенно ниже остальных, то его информационные признаки не будут заметно различимы на комбинированном изображении. Поэтому нужно уметь количественно оценивать их информативность.

Согласно исследованию [2], к существенным информационным признакам изображений относятся воспринимаемые детали (пространственные признаки), представляющие собой протяжённые перепады яркости, и спектральные контрасты или спектрально-энергетические признаки. Таким образом, безэталонную оценку информационных признаков изображения можно свести к оценке протяжённых перепадов его яркости. Для оценки приоритета видеоканалов вычисляют информативность изображений

на основе анализа присутствующих перепадов яркости и её, информативность, нормируют [3]. Результаты работы предлагаемого алгоритма автоматического выбора и комплексирования видеоканалов в различных условиях показаны в таблице 3.

Практика предыдущих лётных испытаний, проводимых ФГУП «ГосНИИ-АС», показала, что комплексирование всех трёх видеоканалов избыточно, поэтому наименее информативный канал просто исключается из рассмотрения, для остальных же двух вводит-

Таблица 3. Примеры автоматического комплексирования при различных погодных условиях

Спектральный диапазон видеоматрицы (под фотографиями – вычисленная информативность изображения)			Комбинированное мультиспектральное изображение
Видимый канал (0,4–0,9 мкм)	Ближний ИК-канал (0,9–1,7 мкм)	Дальний ИК-канал (8–14 мкм)	
 0,19 – исключён	 0,42	 0,4	
 0,4	 0,21 – исключён	 0,39	
 0,25 – исключён	 0,47	 0,28	
 0,45	 0,35	 0,2 – исключён	
 0 – исключён	 0,76	 0,26 – исключён	

ся адаптивное условие их использования [3].

Если выбрано два информативных видеоканала, то необходимо осуществить их комплексирование. Наиболее перспективными представляются подходы на основе метода трёхмерной фильтрации [4], восстанавливающего многомерное сообщение по его отсчётам по элементам изображений и источникам их формирования. Область пропускания такого фильтра нижних частот (ФНЧ) рассчитана исходя из общих свойств источника (мультиспектральной системы улучшенного виденья, МСУВ) и получателя (оператора) многомерных видеоизображений. Совместная работа [5] продемонстрировала эффективную аппаратную реализацию трёхмерного ФНЧ на ПЛИС в видеопроцессоре для обработки движущихся изображений в реальном времени.

ОСОБЕННОСТИ АППАРАТНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МСУВ

В состав реализованной МСУВ RT-700Combo входят три видеоканала: видимый (0,4–1,0 мкм, 1280 × 960 (эффективные пиксели)), ближний инфракрасный (0,9–1,7 мкм, 640 × 512) и тепловизионный (8–14 мкм, 640 × 480), а также навигационная система, измеряющая положение и ориентацию МСУВ в пространстве. Показания навигационной системы будут использованы для оценки разрешающей способности видеоканалов на местности на тест-объектах. Все данные передаются по интерфейсу CoaXPress через интерфейсную плату RT-650CXP (поставляется в комплекте с RT-700Combo) с частотой 25 Гц. Встроенный спутниковый приёмник измеряет также путевые скорость, угол и время. Имеется датчик температуры изделия. Запись видео и навигации производится с частотой в 25 Гц в несжатом бинарном формате.

К моменту написания данного материала успешно прошли первые лётные испытания МСУВ RT-700Combo совместной разработки с ФГУП «ГосНИИАС» для информационной поддержки экипажей летательных аппаратов при заходе на посадку в сложных метеоусловиях.

На рисунке 2 представлены фотографии RT-700Combo без внешнего корпуса. На рисунке 3 представлены фотографии изделия во внешнем теплоизолированном корпусе со специальными



Рис. 2. МСУВ RT-700Combo без внешнего корпуса

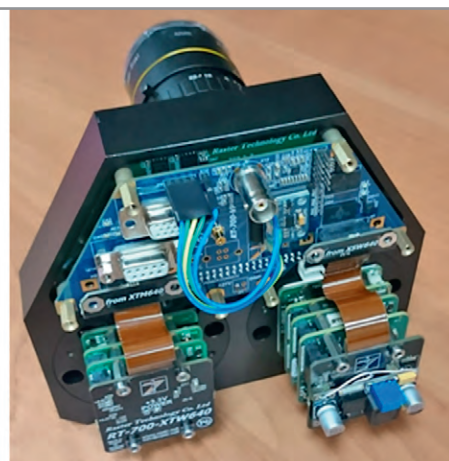


Рис. 3. Крепление и установка МСУВ RT-700Combo на борт двухместного самолёта Cessna для испытаний: слева – отладка перед полётом; справа – вид МСУВ сзади (верхний провод – коаксиальный кабель для передачи видео и навигационных данных, средний – антенна GPS/ГЛОНАСС, нижний – питание 24 В)



Рис. 4. Крепление и установка МСУВ RT-700Combo на борт двухместного самолёта Cessna для испытаний: слева – внешний вид; справа – установка в багажном отделении

защитными стёклами. Отладочный внешний корпус изготовлен и установлен сотрудниками ФГУП «ГосНИИАС» на самолёт Cessna (см. рис. 4 и 5). Текущая реализация является пока макетной разработкой, так как в собранной установке используется персональный компьютер (ПК) бытового исполнения с автономным питанием от аккумуляторов через преобразователь напряжения (инвертор). Для обеспечения ЭМС (иначе видеосигнал идёт с рывками и задержками) пришлось как мож-

но дальше разносить кабель питания и коаксиальный кабель, делать заземление инвертора на корпус самолёта и экранировать питание системного блока ПК.

Вывод видео и навигационных данных с частотой в 25 Гц осуществлялся на портативный видеомонитор с разрешением 1360 × 768 в кабине самолёта (см. рис. 6).

Функции обработки изображений от видеоканалов реализованы на видеокарте с использованием DirectX 9



Рис. 5. Испытания МСУВ RT-700Combo, вид с камеры Full HD GoPro на крыле



Рис. 6. Испытания МСУВ RT-700Combo, вид из кабины самолёта, на монитор выводится изображение наиболее информативного ближнего ИК-видеоканала



Рис. 7. Интерфейс «мультиспектрального видеорегистратора» ПО МСУВ RT-700Combo, пример реальных изображений при заходе самолёта на посадку

и шейдеров на HLSL. Полностью векторный интерфейс ПО МСУВ написан с использованием библиотеки WPF 4.0, является аппаратно-независимым с поддержкой плавных градиентов, полупрозрачности элементов управления и их многослойности. Режим видеорегистратора ПО МСУВ позволяет записывать и воспроизводить видеопоследовательности с сопутствующими навигационными данными в бинарном несжатом формате (см. рис. 7). Кнопка «PNG» позволяет переводить выбранную часть записанных видеоданных в изображения широко распространенного формата PNG (Portable Network Graphics) для их дальнейшего исследования с глубиной оцифровки 8 бит на пиксель. В МСУВ предусмотрена также оцифровка видеоданных

16 бит на пиксель, однако для человеко-машинных систем она представляется избыточной.

В примере на рисунке 7 видеосъемка RT-700Combo проводилась 28 октября 2016 г. в 16:30 в Калужской области на аэродроме Кудиново при температуре воздуха +1°C и относительной влажности 100%. В этих условиях тепловизионный канал (на рисунке 7 слева внизу) неинформативен.

ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММНОЙ ЧАСТИ МСУВ

Основная идея разработанного ПО МСУВ заключается в обработке изображений на видеокarte, что позволяет успевать обрабатывать их с частотой в 25 Гц. Обработка изображений-текстур на базе графической библиотеки

позволяет также производить эффективное аппаратно-независимое совмещение видеоканалов. Первоначально планировалось сделать почти всю обработку аппаратно на ПЛИС, однако при разработке и изготовлении системы в сжатые сроки (8 месяцев) в условиях урезанного финансирования это не удалось реализовать. На данный момент некоторые алгоритмы и их аппаратная реализация недостаточно отработаны, поэтому сложно оценить необходимые аппаратные ресурсы. Архитектура ПО МСУВ представлена на рисунке 8.

ПО разработано для 32- и 64-битных ОС Windows (Vista, 7, 8, 10), так как драйверы аппаратуры МСУВ написаны для этих ОС. К тому же это одна из самых распространенных ОС в мире: в настоящее время установлена примерно на 90% персональных компьютеров и рабочих станций.

В качестве базовой платформы была выбрана программная платформа .NET Framework версии 4.0. К настоящему моменту вышла более новая версия 4.6.2 [6], однако используемых возможностей версии 4.0 пока более чем хватает. Выбор платформы обоснован удобством и гибкостью разработки пользовательских интерфейсов в системе для построения клиентских приложений WPF (Windows Presentation Foundation), что позволяет эффективно разработать перспективный аппаратно-независимый пилотажный интерфейс, удовлетворяющий самым современным требованиям по эргономике.

В качестве инструмента разработки была выбрана система программирования Microsoft Visual Studio (VS). Вначале использовалась версия VS 2010, с которой начинается поддержка WPF 4.0, потом было принято решение перейти на VS 2013, так как в VS 2010 по умолчанию отсутствует поддержка интерактивной подсказки при наборе программного кода на C++, что существенно усложняло разработку.

Использование C++ вместе с C# в одном программном решении связано, в первую очередь, с отсутствием эффективно подключаемой реализации графической библиотеки DirectX 9 на C#, к тому же SDK (Software Development Kit – комплект средств разработки) производства ООО «РАСТР ТЕХНОЛОДЖИ» [7] полноценно поддерживает пока только языки C/C++

и Pascal/Delphi. Выбор DirectX обусловлен его полной совместимостью с WPF, в отличие от другой распространённой и используемой ранее библиотеки OpenGL. Неполная совместимость OpenGL и WPF сказывается, в первую очередь, на невозможности отображения и взаимодействия с элементами интерфейса поверх того элемента, куда выводится OpenGL-графика.

Взаимодействие WPF и DirectX 9 реализовано по стандартному шаблону взаимодействия, представленному на официальном справочном сайте MSDN (Microsoft Development Network), посвящённом платформе .NET [8, 9].

Таким образом, общее программное решение состоит из двух проектов: первый – ведущий, оконное WPF-приложение на языках XAML (стили и разметка интерфейса) и C# (управление интерфейсом и взаимодействие с остальными модулями), второй – ведомый DLL-проект, собирается как динамически подключаемая библиотека (Dynamic Link Library) на C++ с использованием DirectX 9 SDK и Raster Technology SDK v2.xx.

К ведомому проекту подключаются подпрограммы для видеокарты – пиксельные шейдеры, принимающие на вход и обрабатывающие текстуры изображений, поступающих от МСУВ, компиляция которых происходит в начале исполнения программы. Применение пиксельных шейдеров для обработки изображений, как наиболее вычислительно ёмких процедур, позволяет их обрабатывать в реальном масштабе времени (не менее чем с частотой получения информации от аппаратуры МСУВ – 25 Гц) на персональном и бортовом компьютере. Однако ставка на ключевую роль видеокарты при обработке данных накладывает определённые требования на её вычислительную мощность: желательно использование дискретной видеокарты не слабее, чем GeForce 330M [10], что аппаратно поддерживается далеко не всеми бортовыми компьютерами для авиационного применения.

Для DirectX 9 в текущей реализации используется версия пиксельных шейдеров 2_а, так как остальные поддерживаемые версии, начиная от 1.1 и заканчивая 3.0 [11], показали меньшую стабильность и производительность. В дальнейшем планируется перейти на более новую версию графического SDK, например, на

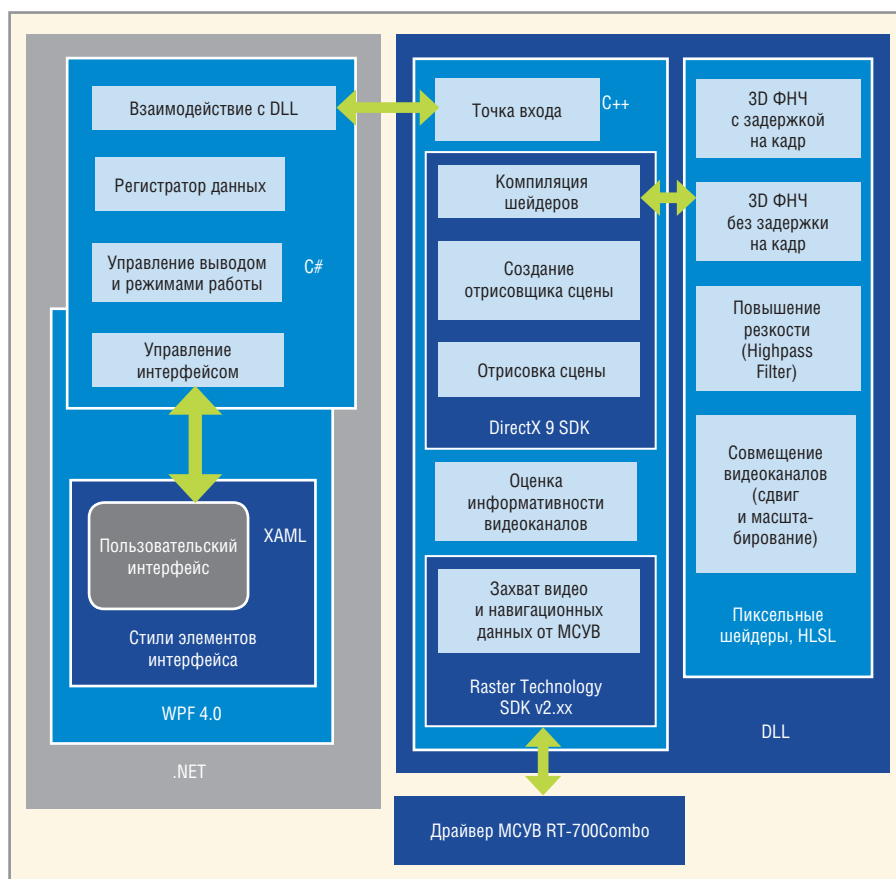


Рис. 8. Архитектура ПО МСУВ RT-700Combo

DirectX 12, где существенно расширены и лучше оптимизированы наборы инструкций для современных моделей видеокарт.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ближайшее время планируется добавить в ПО RT-700Combo функции автоматического выбора наиболее информативных видеоканалов, их попиксельного совмещения и комплексирования в единое мультиспектральное изображение форматом 1280 × 960.

ЛИТЕРАТУРА

1. E2VS Displays Potential as Breakthrough Product. Aviation Week Network. October 2015.
2. Бондаренко М.А., Дрынкин В.Н. Оценка информативности комбинированных изображений в мультиспектральных системах технического зрения. Программные системы и вычислительные методы. 2016. №1.
3. Бондаренко М.А., Дрынкин В.Н., Набоков С.А., Павлов Ю.В. Адаптивный алгоритм выбора информативных видеоканалов в бортовых многозональных системах усиленного видения. Сборник тезисов докладов Юбилейной Всероссийской научно-технической конференции «Авиа-

ционные системы в XXI веке». М. ФГУП «ГосНИИАС». 2016.

4. Дрынкин В.Н., Фальков Э.Я., Царёва Т.И. Формирование комбинированного изображения в двухзональной бортовой авиационно-космической системе. Сборник трудов конференции ТЗСУ-2012. М. ИКИ РАН. 2012.
5. Бондаренко А.В., Докучаев И.В., Ядчук К.А., Бондаренко М.А., Дрынкин В.Н. Пространственно-временная фильтрация движущихся изображений. Техническое зрение. 2014. Вып. 1(5).
6. Платформа .NET. www.ru.wikipedia.org/wiki/.NET_Framework.
7. Интерфейс динамических библиотек управления видеопроцессорами и цифровыми камерами RTxxxVP и RTxxxDC. www.rastr.net/Download/Doc/RTxxxDLL.pdf.
8. Пошаговое руководство. Создание содержимого Direct3D9 для размещения в WPF. [www.msdn.microsoft.com/ru-ru/library/cc656716\(v=vs.110\).aspx](http://www.msdn.microsoft.com/ru-ru/library/cc656716(v=vs.110).aspx).
9. Пошаговое руководство. Размещение содержимого Direct3D9 в WPF. [www.msdn.microsoft.com/ru-ru/library/cc656785\(v=vs.110\).aspx](http://www.msdn.microsoft.com/ru-ru/library/cc656785(v=vs.110).aspx).
10. Видеокарта NVIDIA GeForce GT 330M. www.nvidia.ru/object/product_geforce_gt_330m_ru.html.
11. Графическая библиотека DirectX. www.ru.wikipedia.org/wiki/DirectX. ©

Рекомендации по применению 5-ваттных радиационно-стойких DC/DC-преобразователей серии ARE100

Часть 1

Виктор Жданкин (Москва)

В первой части статьи рассматриваются некоторые аспекты применения радиационно-стойких 5-ваттных модулей преобразователей постоянного напряжения серии ARE100 в режиме перегрузки, короткого замыкания и обеспечения тепловых режимов работы устройств. Статья написана по материалам, предоставленным компанией Infineon (подразделение высоконадёжных компонентов для авиационно-космической техники – PMM HiRel) [1].

ВВЕДЕНИЕ

Применение унифицированных модулей вторичных источников электропитания позволяет обеспечить надёжную работу систем электропитания в условиях внешних воздействий, значительно снизить затраты на их проектирование и сократить сроки изготовления комплексов аппаратуры. При разработке и изготовлении аппаратуры с применением унифицированных модулей питания необходимо учитывать особенности применения модульных источников питания, которые являются высокочастотными многофункциональными преобразователями, выполненными в малогабаритном конструктиве.

Радиационно-стойкие 5-ваттные DC/DC-преобразователи серии ARE100 созданы с целью обеспечения простоты проектирования систем электропитания, улучшения рабочих характеристик, повышения надёжности и компактности.

В данной статье рассматриваются некоторые аспекты применения унифицированных модулей электропитания в режиме перегрузки, короткого замыкания, а также описываются проблемы рассеиваемой тепловой мощности в этих режимах, для того чтобы пользователь понимал, каким образом правильно обеспечить отвод тепла при таких аварийных условиях.

Исходные данные

Модули DC/DC-преобразователей напряжения серии ARE100 предназначены для применения в аппаратуре

космических аппаратов для геостационарных орбит и космических научно-исследовательских станций для исследований дальнего космоса, в которых применяется система электроснабжения с постоянным повышенным напряжением 100 В, что обеспечивает уменьшение удельной массы систем электроснабжения. Более подробно о проблемах, связанных с построением систем постоянного повышенного напряжения с применением радиационно-стойких модулей преобразователей напряжения, рассказано в работе [2]. Подробные характеристики 5-ваттных радиационно-стойких модулей DC/DC-преобразователей напряжения серии ARE100 и моделей с другими выходными мощностями, предназначенных для работы в системах электропитания с повышенным напряжением 100 В, представлены в статье [3]. Кстати, представленные здесь модели радиационно-стойких преобразователей напряжения доступны для экспорта в Россию без оформления лицензии на экспорт в государственных ведомствах США, ответственных за регулирование экспорта технологий и продукции военного назначения. Далее будет рассказано о некоторых методах проектирования, которые обеспечили высокую эффективность модулей преобразования напряжения серии ARE100 и низкий уровень пульсаций выходного напряжения.

В аппаратуре космических аппаратов отвод тепла возможен только посредством конвекции. Поэтому весьма важно, чтобы при всех режимах

работы, включая перегрузки и короткое замыкание, исполнение подсистем отвода тепла, созданных для эксплуатации в условиях космического полёта, выполнялось в соответствии с установленными и общепринятыми стандартами. Характеристикой эффективности этих решений является значение среднего времени наработки на отказ (Mean Time Between Failure, MTBF), которое уменьшается с повышением температуры корпуса преобразователя. В диапазоне рабочих температур источника питания интенсивность отказов удваивается с увеличением рабочей температуры на каждые 15°C.

Для снижения температуры корпуса при монтаже преобразователей разумно использовать теплоотводы из алюминиевых пластин. Это решение является правильным и оправданным, когда необходимо обеспечить надёжную работу (высокое значение MTBF) и особенно, когда при этом прогнозируется режим перегрузки и короткого замыкания при эксплуатации аппаратуры.

Тепловой анализ конструкции

Прежде всего, необходимо изучить документ Thermal Analysis (Тепловое исследование) модулей ARE100XXS-D, где предоставляется весьма полезная информация о следующем:

- рассеиваемая мощность в каждом кристалле силового полупроводникового компонента и резисторе при работе модуля в режиме полной нагрузки (это очень полезно для определения тепловой мощности в кристалле радиационно-стойкого MOSFET и диодах Шоттки), которые являются основными активными компонентами, преобразующими мощность в тепло;
- ожидаемое повышение температуры (перегрев) кристаллов этих компонентов;

- различные слои толстоплёночной гибридной конструкции и их тепловые сопротивления для облегчения расчёта допустимого рассеяния мощности для заданной температуры корпуса;
- план действий при наихудшем случае, когда происходит перегрузка.

Режим перегрузки

Рассеиваемая тепловая мощность при перегрузке определяется как мощность, рассеиваемая в устройстве при нагрузке, установленной таким образом, что выходное напряжение составляет 90% от номинального значения.

При изготовлении модулей преобразователей напряжения точка отключения при перегрузке настраивается лазером на значение примерно 175% номинального тока при полной нагрузке. Тем не менее, вследствие разброса параметров компонентов, принимая во внимание сценарий наихудшего случая, в справочном листке в качестве максимальной перегрузки указывается значение 200%. Из результатов испытаний при контроле подтверждения соответствия (Qualification Conformance Inspection, QCI) по группе C (Group C) следует, что многие изготовленные преобразователи ARE100XXS-D демонстрируют фактические измеренные значения установочных параметров перегрузки ниже 175%.

Согласно реализованной конструкции имеет место следующая последовательность событий внутри преобразователей серии ARE100:

1. Когда внешняя нагрузка (схема) пытается получить ток больше, чем составляет номинальное значение при полной нагрузке, выходное напряжение преобразователя снижается до 90%, тогда как выходной ток пропорционально увеличивается, сохраняя, таким образом, выходную мощность постоянной. Но если перегрузка продолжает повышаться, выходное напряжение преобразователя уменьшается. При полном коротком замыкании преобразователь поддерживает только низкое значение напряжения, сохраняя мощность рассеивания внутри корпуса преобразователя около 3 Вт или ниже.
2. При устранении короткого замыкания на выходе или перегрузки преобразователь возобновляет нормальную работу. Таким образом, конструкция является надёжной, более

того – обеспечивающей высшую степень надёжности при самых жёстких внешних условиях. Чтобы представить полную картину этой защитной функции, реальное измерение выходного напряжения и выходного тока преобразователя ARE10015D показано графически на рисунке 1.

Проектирование теплоотвода

При длительном коротком замыкании или жёсткой перегрузке рассеиваемая внутри корпуса модуля тепловая мощность 3 Вт может вызвать повышение температуры корпуса. Оптимально спроектированный теплоотвод позволяет поддерживать температуру корпуса на безопасном уровне. Для космических применений рекомендуется обеспечивать наивысшее значение среднего времени между отказами (MTBF) во всех возможных рабочих условиях наихудшего случая.

Для спутников и полезных нагрузок при выборе такого теплоотвода также учитываются критерии, ограничивающие размер и вес. Поэтому при разработке теплоотвода должен использоваться наивысший приемлемый перегрев.

Предположим, что внешняя температура в космической окружающей обстановке составляет +35°C, допускаемый перегрев – выше +25°C. Соответственно, теплоотвод поддерживает температуру корпуса +60°C. Идентичная методика может применяться для любого другого допустимого перегрева или любых других приемлемых размеров и веса радиатора. Это утверждение справедливо, поскольку в космосе тепло может передаваться только кондукцией и излучением. Наиболее предпочтительным является кондуктивный отвод тепла от модуля на массивные теплоёмкие конструкционные элементы системы. Способы обеспечения тепловых режимов гибридно-плёночных DC/DC-преобразователей подробно рассмотрены в статьях [4, 5].

В температурном анализе ARE100XXS-D тщательно и весьма подробно рассматриваются рассеиваемая тепловая мощность и возможный перегрев каждого силового полупроводникового кристалла преобразователя, устанавливаются запасы (пределы рабочего режима) между их расчётными рассеиваемыми мощностями и фактическими рассеиваемыми мощностями в конструкции. Этот запас является достаточным для гаран-



Рис. 1. Зависимость выходного напряжения от выходного тока при коротком замыкании нагрузки для преобразователя ARE10015D

тии надёжного функционирования изделия в течение срока его службы.

Внешняя обратная связь

Функция внешней обратной связи содействует поддержанию стабилизации выходного напряжения на нагрузке путём устранения падения напряжения в соединительных проводниках, которые подключают нагрузку к выходу преобразователя. Эта функция доступна только для одноканальных моделей (ARE100XXS). Для использования этой функции необходимо подключить выводы (для подключения провода положительного напряжения нагрузки и для подключения обратного провода) непосредственно к нагрузке – используется так называемая четырёхпроводная схема построения цепи обратной связи. Для соединения можно применять тонкие провода, но рекомендуется, чтобы эти проводники были скручены. В качестве альтернативы можно использовать экранированный кабель, экран которого соединён с корпусом преобразователя, который, в свою очередь, может быть заземлённым (см. рис. 2).

Когда нет необходимости в функции внешней обратной связи, требуется соединить вывод для подключения провода положительного напряжения нагрузки (+Sense) с выводом положительного напряжения, а вывод для подключения обратного провода (–Sense) – к обратному проводу. Каким образом это должно быть осуществлено – показано на рисунке 3.

Фильтрация выходного напряжения

Гарантируемое максимальное значение пульсации выходного напряжения преобразователей серии ARE100 измеряется в полосе частот 20 МГц при полной нагрузке и для одноканальных

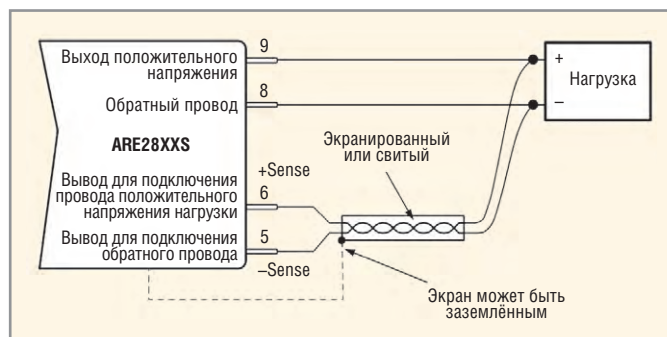


Рис. 2. Функция внешней обратной связи для одноканальных моделей серии ARE100

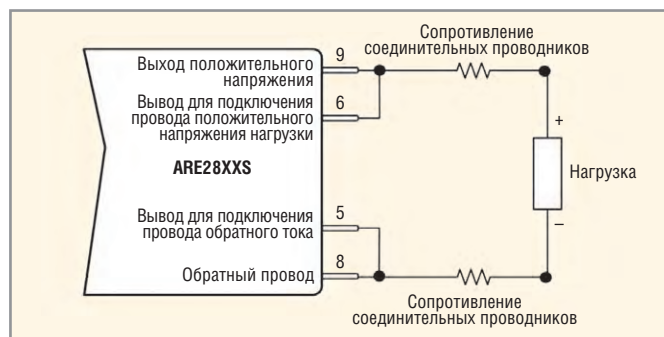


Рис. 3. Применение одноканального преобразователя серии ARE100 без цепей внешней обратной связи

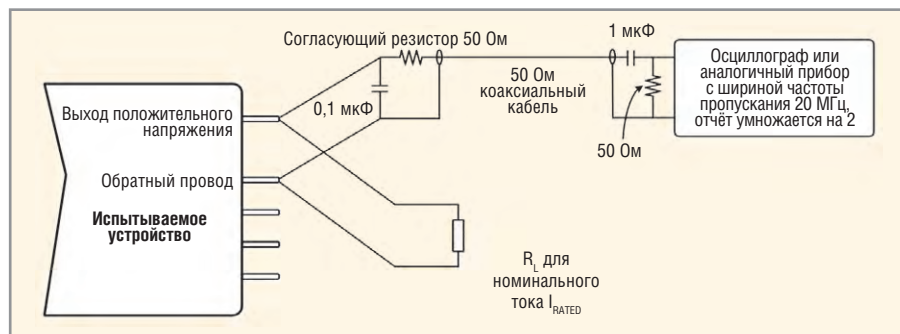


Рис. 4. Схема измерения выходной пульсации для преобразователя ARE100XXS-D

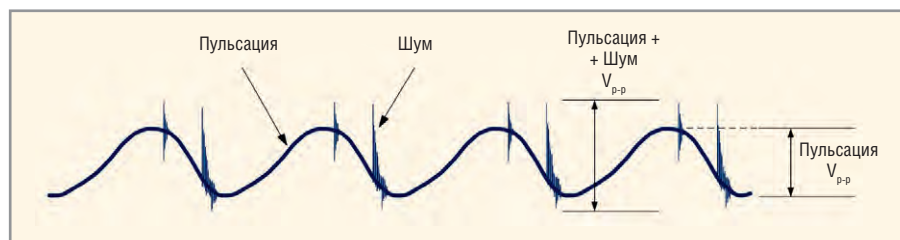


Рис. 5. Типичная форма сигнала пульсации выходного напряжения

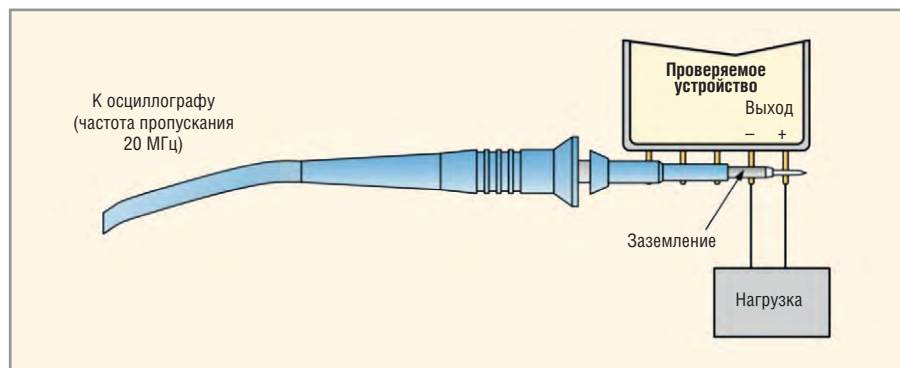


Рис. 6. Правильный способ применения щупа осциллографа

моделей составляет от 35 до 80 мВ по двойной амплитуде. Тем не менее, когда требуется меньшая пульсация выходного напряжения, необходимо использовать внешние сглаживающие фильтры.

Измерение пульсации выходного напряжения

Для получения достоверных значений пульсации выходного напряжения должны быть измерены согласно

установленной процедуре. На рисунке 4 представлена схема для правильного измерения пульсации выходного напряжения при полной нагрузке.

Так как пульсация содержит высокочастотный спектр частот, для того чтобы получить правильные результаты, должна быть применена специальная методика. Для этого измерения ширина полосы пропускания осциллографа с частотой 200 или 500 МГц (или выше)

должна быть ограничена до 20 МГц. Делается это для того, чтобы все значимые гармоники выбросов пульсаций были учтены, а внешние высокочастотные помехи подавлены (см. рис. 5).

Измерение действительного напряжения пульсаций должно быть осуществлено тщательно, для того чтобы внести напряжение ошибки в испытательное оборудование. Следовательно, в этом варианте измерений необходимо исключить стандартный заземляющий зажим на осциллографе. Этот щуп, при размещении в зоне излучаемой высокочастотной энергии, действует подобно антенне или индуктивному контуру съёма, создающему постороннее напряжение, которое не является частью выходного шума преобразователя. На рисунке 6 показан правильный способ использования щупа осциллографа для измерения напряжения пульсации выходного напряжения преобразователей ARE100XXS-D.

Простая методика оценки помеховых характеристик модулей преобразования напряжения без применения сложной аппаратуры приводится в работе [6].

Внешний фильтр

Во встроенном на входе моделей серии ARE100 помехоподавляющем фильтре используются многослойные керамические конденсаторы, сертифицированные согласно требованиям MIL-PRF-49470. Входные конденсаторы обеспечивают короткий путь (шунтирование) для тока пульсаций и стабилизируют напряжение шины в переходных режимах. Но при сильно зашумлённой входной мощности рекомендуется использовать внешний помехоподавляющий фильтр AF100461, который уменьшает высокочастотные паразитные помехи, генерируемые DC/DC-преобразователем, в соответ-

ствии с требованиями к уровню наведённых и излучаемых помех стандарта MIL-STD-461F: тесты CE03 (широкополосные и узкополосные помехи в диапазоне частот от 15 кГц до 50 МГц, измерение осуществляется щупом для замера тока, единица измерения дБ×мкА) и CE102 (помехи в диапазоне частот от 10 кГц до 10 МГц, единицы измерения дБ×мкВ). Один фильтр AF100461 может подключаться к двум преобразователям серий ARA100 и ARE100.

Структурная схема фильтра представлена на рисунке 7. Дополнительный дроссель (L1, L3) повышает порядок фильтра и обеспечивает максимальное ослабление кондуктивных электромагнитных помех, распространяющихся по проводам и проводящим поверхностям. Дополнительное звено фильтра, к тому же, уменьшает выходное сопротивление фильтра по сравнению с однозвенным фильтром. Конденсатор C3 и индуктивность дросселя L1 первого звена фильтра снижают несимметричную составляющую помех. Дроссели L1 и L3 включены параллельно для уменьшения потерь на проводимость в дополнительном дросселе. Двухзвенный фильтр имеет меньшие номиналы индуктивности дросселей и ёмкости конденсаторов, а, следовательно, и меньшие массогабаритные показатели по сравнению с однозвенным фильтром. Затухание фильтра на частоте 500 кГц составляет более 60 дБ.

Причины возникновения помех на входе импульсных гибридно-плёночных преобразователей напряжения и способы измерения кондуктивных помех, вызванных пульсирующим током преобразователей, рассмотрены

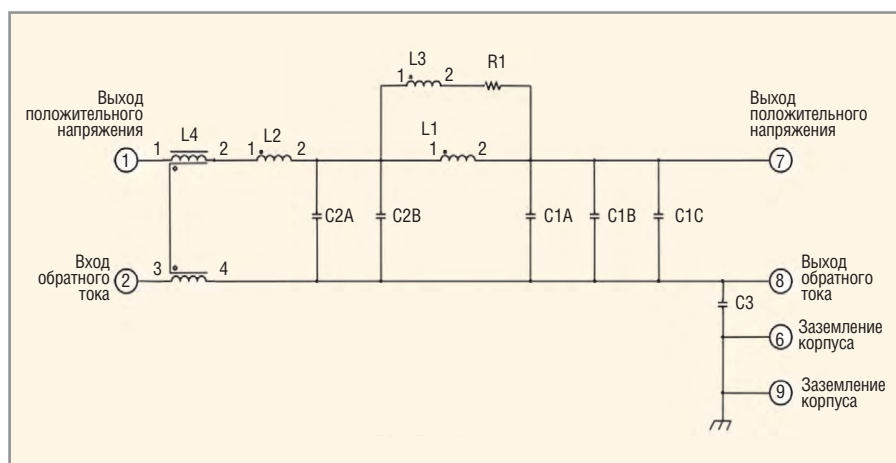


Рис. 7. Структурная схема фильтра электромагнитных помех AF100461

в работе [7]. Там же представлена методика разработки входных фильтров для подавления помех.

Эффективность фильтра AF100461 представлена на рисунке 8.

Преобразователи напряжения серии ARE100 выполнены по топологии однотактного обратного преобразователя, которая отличается простотой схемы, но которой свойственны большие токовые пульсации и пиковые токи. Велики и пульсации напряжения. Поэтому требуется применение выходного сглаживающего фильтра. На выходе преобразователей ARE100 применяется однозвенный сглаживающий фильтр (установлен внутри корпуса преобразователя) с небольшими массогабаритными характеристиками. Кстати, на структурной схеме преобразователя, представленной в справочном листке, этот фильтр не показан. Первый конденсатор выходного фильтра обратного преобразователя – это керамический конденсатор, обладающий хорошими массога-

баритными показателями. Необходимо также заметить, что на частоте преобразования 350...450 кГц масса керамических конденсаторов меньше массы электролитических конденсаторов. В фильтре обратного преобразователя применение электролитических конденсаторов нецелесообразно, так как увеличение частоты преобразования не приводит к уменьшению массы фильтров, и уже на частотах порядка нескольких десятков килогерц применение керамических конденсаторов оправдано [8]. В качестве выходного конденсатора сглаживающего фильтра применяется танталовый конденсатор, который обладает высокой удельной ёмкостью, низким эквивалентным последовательным сопротивлением (ESR) и индуктивностью (ESL), отличается высокой стабильностью характеристик при изменении температуры и напряжения, а также долговременной стабильностью [9].

Компоновку LC-фильтра можно хорошо рассмотреть на фотографии

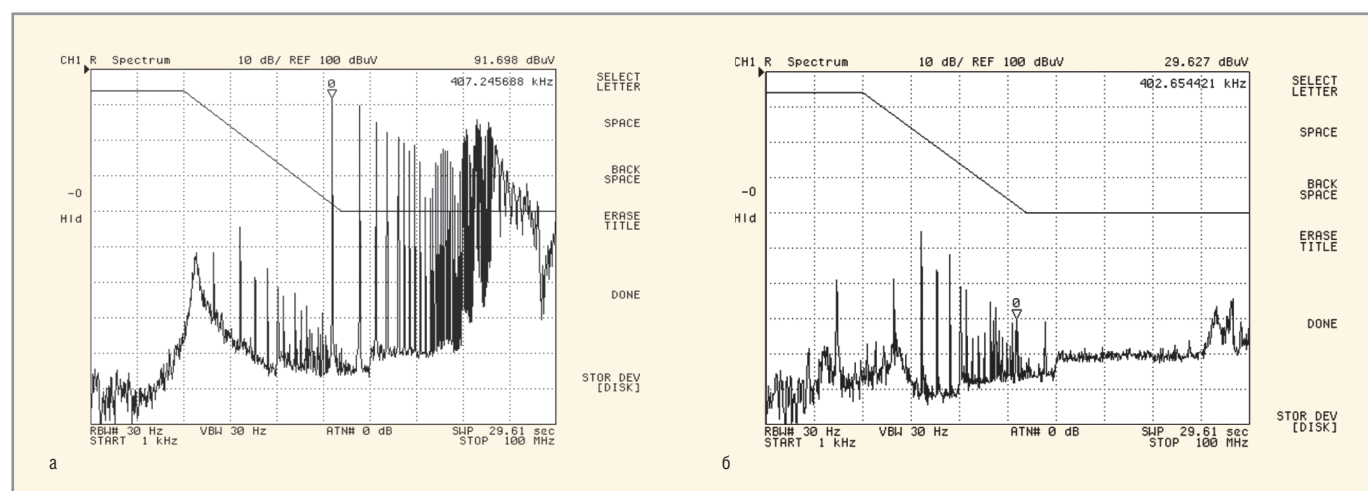


Рис. 8. Напряжения радиопомех на входе двух преобразователей ARE100: а – без применения фильтра ЭМП; б – с применением сглаживающего фильтра AF100461

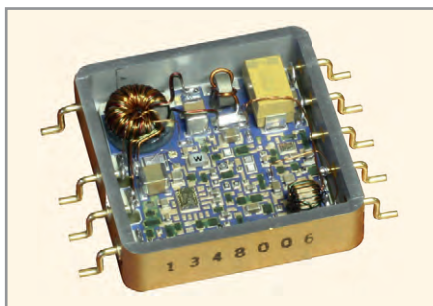


Рис. 9. Внешний вид конструкции одноканального DC/DC-преобразователя серии ARE100 (макетный образец) с удалённой верхней крышкой

одноканального модуля серии ARE100 (см. рис. 9). Силовой трансформатор расположен в стороне от компонентов преобразователя. Сделано это для исключения влияния электрического поля излучения (магнитная составляющая поля излучения сосредоточена внутри тора) на работу схемы. Первичная обмотка силового трансформатора выполнена в виде параллель-

ной обмотки для сведения к минимуму скин-эффекта. Для «закорачивания» синфазного сигнала на землю применяется электростатический экран. Это тонкий провод жёлтого цвета, проложенный между обмотками. Экран заземлён на общую точку на первичной стороне преобразователя. Экранирование позволяет исключить помехоподавляющий конденсатор типа Y, обычно используемый для подавления синфазных помех (включается между силовым проводником и корпусом источника питания) [10].

В том случае, когда требуется уровень выходной пульсации ниже указанного в справочном листке (от 35 до 80 мВ по двойной амплитуде), может быть использован внешний фильтр. Рекомендуемые схемы таких фильтров для одноканальных и двухканальных моделей приведены на рисунках 10 и 11.

В состав внешних фильтров для преобразователей напряжения серии ARE100 (ARE10012S и ARE10015S) вхо-

дят конденсаторы: C1 = 33 мкФ, 35 В, танталовый, сертифицирован для применения в космической аппаратуре (для макета рекомендуется применять AVX Type TAJV336M035KNJ); C2 = 0,1 мкФ, 35 В, керамический, группы X7R; C3 = 0,47 мкФ, 35 В, керамический, группы X7R; C4 = 33 мкФ, 35 В, танталовый (для макета рекомендуется использовать AVX Type TAJV336M035KNJ) и резистор R1 = 3,3 Ом (безындуктивный).

В состав внешнего выходного фильтра для ARE10005S входят конденсаторы: C1 = 100 мкФ, 16 В, танталовый, сертифицирован для применения в космической аппаратуре (для макета рекомендуется применять AVX Type TAJC107M016KNJ); C2 = 0,1 мкФ, 35 В, керамический, группы X7R; C3 = 0,47 мкФ, 35 В, керамический, группы X7R; C4 = 100 мкФ, 16 В, танталовый (для макета рекомендуется использовать AVX Type TAJC107M016KNJ) и резистор R1 = 3,3 Ом (безындуктивный).

Внешний фильтр для ARE10012D и ARE10015D состоит из конденсаторов: C1 и C5 = 33 мкФ, 35 В, танталовые, сертифицированы для применения в космической аппаратуре (для макета рекомендуется применять AVX Type TAJV336M035KNJ); C2 и C6 = 0,1 мкФ, 35 В, керамические, группы X7R; C3 и C7 = 0,47 мкФ, 35 В, керамические, группы X7R; C4 и C8 = 33 мкФ, 35 В, танталовые (для макета рекомендуется использовать AVX Type TAJV336M035KNJ) и резисторов R1 и R2 = 3,3 Ом (безындуктивные).

Далее представлен обзор свойств различных типов конденсаторов и критерии их выбора для конкретных применений.

Выходные фильтрующие конденсаторы используются во всех топологиях преобразователей напряжения. При проектировании источников питания весьма важным является выбор выходного конденсатора, параметры которого связаны с требованиями по ограничению пульсаций и шума выходного напряжения. Для дополнительной фильтрации пульсации и шумов выходного напряжения специалисты компании Infineon рекомендуют применять танталовые и керамические конденсаторы определённых типов.

Танталовые конденсаторы имеют хорошие удельные показатели и низкое значение эквивалентного последовательного сопротивления (ESR), отличаются высокой стабильностью характеристик при изменении тем-

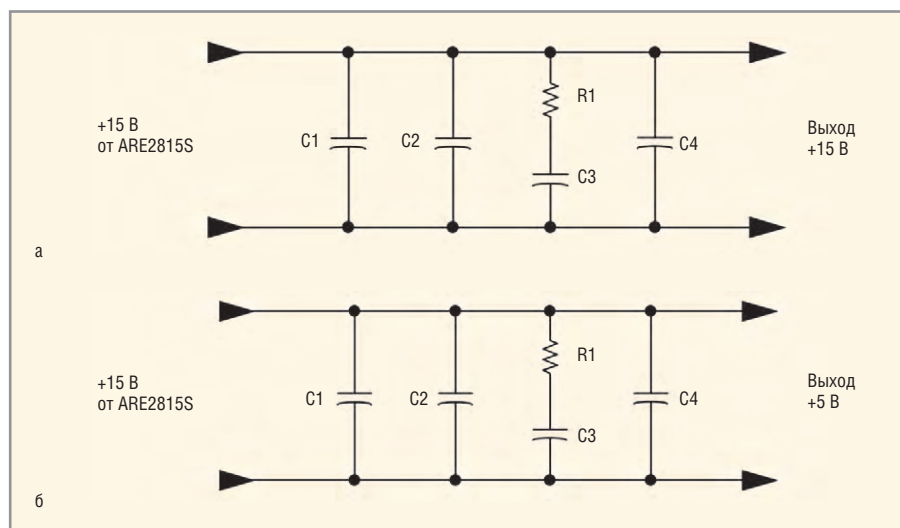


Рис. 10. Рекомендуемые внешние фильтры для преобразователей напряжения серии ARE100: а – схема фильтра для преобразователей напряжения ARE10012S и ARE10015S; б – схема внешнего выходного фильтра для ARE10005S

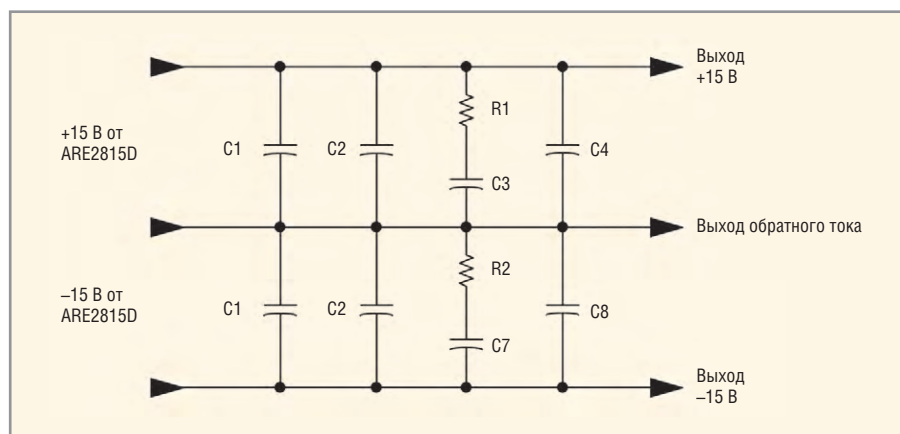


Рис. 11. Рекомендуемая схема внешнего фильтра для ARE10012D и ARE10015D

пературы и напряжения, а также долговременной стабильностью. В моделях конденсаторов, рекомендуемых для применения в опытных образцах, катод выполнен из двуокиси марганца MnO_2 , который характеризуется хорошей механической прочностью, стабильностью в широких диапазонах температур и влажности. Но у танталовых оксидномагниевого конденсаторов с ростом температуры увеличивается ESR, и при выходе из строя танталовые конденсаторы с катодом MnO_2 подвержены воспламенению и горению [9]. Поэтому в бортовой космической аппаратуре рекомендуется применять герметичные танталовые конденсаторы с полимерным проводящим катодом. Величина ESR этих конденсаторов устойчива при повышении температуры (немного увеличивается), а ёмкость незначительно уменьшается. Танталовые конденсаторы серии TCH с полимерным проводящим катодом (производства компании AVX A Kyocera Group Company) можно рекомендовать для применения в космической аппаратуре.

Заметное снижение ёмкости танталовых конденсаторов в области повышенных частот устраняется параллельным подсоединением к ним керамических конденсаторов относительно малой ёмкости, которые имеют существенно меньшее внутреннее сопротивление. Необходимо отметить, что керамические конденсаторы групп X5R и X7R характеризуются ярко выраженной зависимостью ёмкости от приложенного напряжения. При одном и том же типоразмере конденсаторы группы X7R имеют лучшие показатели по сравнению с конденсаторами группы X5R [11]. На печатной плате керамические конденсаторы необходимо размещать как можно ближе к источнику фильтруемого напряжения – в этом случае высокочастотная составляющая тока будет протекать в основном через керамический конденсатор.

Керамические конденсаторы с последовательно включёнными резисторами в схеме фильтров функционируют в качестве нагрузки по переменному току или параллельной демпфирующей цепи.

Оптимальная разводка электропитания, экранирование отдельных узлов (применение электростатического экрана между обмотками) позволяют минимизировать несимметричные помехи.

Интересная информация о влиянии разных типов конденсаторов на выходное напряжение DC/DC-преобразователей, особенностях современных танталовых и керамических конденсаторов, а также специализированных танталовых конденсаторов для использования в жёстких условиях эксплуатации представлена в работах [12–14].

В следующей части статьи будут приведены результаты экспериментальных исследований стойкости преобразователей к воздействию радиационных факторов космического пространства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Patbak Abhijit D., Lopez Juan R. Application Note AN-1204. International Rectifier HiRel. An Infineon Technologies Company. 2520 Junction Avenue. San Jose. CA 95134. U.S.A.
2. Жданкин В.К. Радиационно-стойкие DC/DC-преобразователи для систем электропитания космических аппаратов нового поколения с постоянным повышенным напряжением (100 В). Электропитание. 2014. №1.
3. Жданкин В.К. Радиационно-стойкие безлицензионные DC/DC-преобразователи International Rectifier. Компоненты и технологии. 2015. №4.
4. Жданкин В.К. Обеспечение оптимальных тепловых режимов гибридно-плёночных DC/DC-преобразователей. Компоненты и технологии. 2016. №7.
5. Твердов И.В. Отвод тепла от унифицированных модулей питания в радиоэлектронной аппаратуре. Электропитание. 2010. №1.
6. Гончаров А.Ю. Практика применения конверторных модулей класса DC/DC. Электронные компоненты. 1999. №3.
7. Жданкин В.К. Подавление электромагнитных помех во входных цепях преобразователей постоянного напряжения. Компоненты и технологии. 2016. №11.
8. Сергеев Б.С. Сглаживающие фильтры однотактного преобразователя с обратным включением диода. Электропитание. 2014. №4.
9. Фриман Ю., Хан Р., Леснер Ф., Примак Д. Надёжность танталовых конденсаторов в жёстких условиях эксплуатации. Электронные компоненты. 2007. №9.
10. Герасимов А.А., Кастров М.Ю. Проектирование трансформаторов для автономных обратных преобразователей. Практическая силовая электроника. 2010. №39.
11. Охрименко В. Керамические конденсаторы: а всё ли так просто? Электронные компоненты. 2013. №6.
12. Чистяков А. Конденсаторы для источников питания и преобразователей. Электронные компоненты. 2016. №3.
13. Фалтуп П. Специализированные конденсаторы для жёстких условий эксплуатации. Электронные компоненты. 2012. №11.
14. Хабаров А. Сравнительный тест конденсаторов для импульсных преобразователей. Электронные компоненты. 2015. №3.



IF/RF & Microwave Design

Advantex

СВЧ-блоки

Синтезаторы частот до 20 ГГц, -140 дБн/Гц @ 1 ГГц, при отстройке 10 кГц, умножители частоты

Аттенюаторы, управляемые напряжением до 26 ГГц

Усилители до 20 ГГц, 0.5 Вт

I/Q модуляторы / демодуляторы, смесители, фильтры

Приборы

Генераторы сигналов, электронные аттенюаторы, I/Q-модуляторы

www.advantex.ru

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

Часть 2

Павел Редькин (г. Ульяновск)

В первой части статьи рассказывалось об основных характеристиках, базовых функциях и системе команд режима Serial дисплейных модулей от компании 4D Systems на примере одного из таких модулей – μ OLED-128-G2. Там же был описан макет устройства на базе микроконтроллера (МК) и дисплейного модуля с реализованным самодостаточным пользовательским интерфейсом.

Во второй части статьи приводится информация, позволяющая усовершенствовать указанный интерфейс, повысить его привлекательность и расширить возможности в плане текстового вывода за счёт использования медийных функций дисплейного модуля. Для этих целей необходимо применение дополнительных инструментальных средств.

Инструментальные средства разработки-отладки

Если в приложении требуется поддержка каких-либо медийных функций дисплейного модуля, то для их начальной настройки необходимо задействовать специальные программные инструментальные средства. Все они являются бесплатными и свободно распространяются производителем. Основное из них – интегрированная система разработки-отладки Workshop4 IDE, которую можно загрузить по ссылке с интернет-страницы [1].

Workshop4 IDE представляет собой программный пакет, работающий под ОС Microsoft Windows и интегрирующий редактор исходных текстов, компилятор, компоновщик и загрузчик для разработки и записи в память графиче-

ских процессоров управляющих программ на языке 4DGL. Помимо этого, Workshop4 IDE поддерживает запись на μ SD-карты памяти шрифтов и графических объектов пользователя, а также обновление «прошивок» графических модулей и эмуляцию управляющего МК. Функции Workshop4 IDE, связанные с записью в память графических процессоров модулей, доступны только при наличии специального аппаратного инструментального обеспечения – программного адаптера μ USB-PA5 от 4D Systems. Он представляет собой преобразователь уровней USB–UART и подключается к модулю μ OLED-128-G2 через один ряд в двухрядном разъёме последнего. Помимо управляющих сигналов μ USB–PA5 обеспечивает также питание модуля. Внешний вид адаптера μ USB–PA5 представлен на рисунке 6.

Исходный вид главного окна программной среды Workshop4 IDE приведён на рисунке 7.

Задание шрифтов для вывода текста

Для обеспечения возможности задания в приложении дополнительных шрифтов необходимо в Workshop4 IDE создать ViSi-проект. В общем случае в режиме ViSi осуществляется написание, отладка, компоновка, компиляция и загрузка в память графических процессоров программ на языке 4DGL. Здесь мы используем режим ViSi для

генерации нескольких констант, подлежащих затем переносу в управляющую программу нашего МК, а также для записи пользовательских данных на карту памяти.

Для создания ViSi-проекта в главном окне Workshop4 IDE следует выбрать Create a New Project, после чего задать целевой дисплейный модуль, в нашем случае – μ OLED-128-G2, как показано на рисунке 8. Физическое подключение самого модуля к компьютеру нам не требуется. Выбрав модуль, кликаем мышью на кнопке Next со стрелкой, далее в открывшемся окне выбора вида проекта – на кнопке со стрелкой около иконки ViSi, изображённой на рисунке 9. Открывается окно редактора, в центре которого располагается созданный по умолчанию шаблон исходного кода программы на 4DGL, справа сверху – поле дисплея выбранного модуля, справа внизу – область диспетчера объектов проекта (см. рис. 10). Созданный ViSi-проект можно сразу сохранить, например, под именем Font_Demo. Далее необходимо в шаблоне исходного кода установить курсор в позицию, отмеченную на рисунке красной стрелкой. Так мы задаём место в программе, куда затем будут вставлены автоматически сгенерированные программные фрагменты. Заметим, что целиком эта программа нам сейчас не понадобится, мы будем использовать только несколько констант из неё. Для генерации требуемых фрагментов выбираем в главном меню опцию Widgets, а в ней – вкладку Labels. С вкладки перетаскиваем мышью на область дисплея нашего модуля иконку String, после чего выбираем в перечне параметров диспетчера объектов для объекта Strings1 позицию Strings, как показано на рисунке 11. В столбце Value этой позиции кликаем на кнопке выпадающего меню (кнопка с многоточием), после чего открывается окно редактора шрифтов Strings Editor, представленное на рисунке 12, в поле которого Font выбираем из выпадающего меню нужный нам шрифт. Для выбора доступны

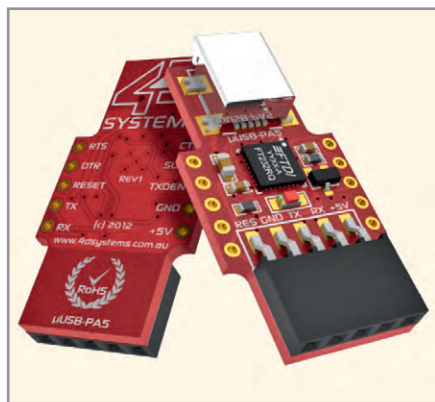


Рис. 6. Внешний вид программного адаптера μ USB-PA5



Рис. 7. Исходный вид главного окна среды Workshop4 IDE

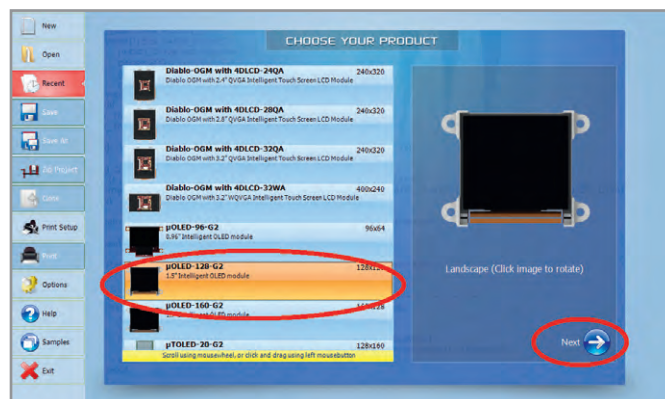


Рис. 8. Задание целевого дисплейного модуля при создании проекта



Рис. 9. Выбор вида проекта – ViSi-проект

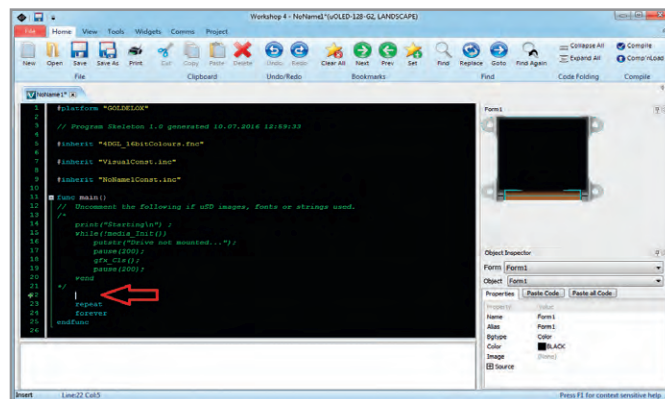


Рис. 10. Окно редактора с шаблоном исходного кода ViSi-проекта

все шрифты Windows. В поле Size задаём нужный размер шрифта. Необходимо учитывать, что выбранный шрифт в дальнейшем будет сохранён в памяти μ SD-карты именно с таким размером. Кликнув на кнопке OK, возвращаемся в окно редактора. В заключение кликаем на кнопке Paste Code диспетчера объектов, после чего в ранее заданной курсором области редактора появляется фрагмент кода, сгенерированный в результате всех действий по выбору шрифта. Указанные действия можно

повторить несколько раз, выбрав, таким образом, несколько шрифтов и сгенерировав несколько последовательных фрагментов кода (см. рис. 13).

Затем необходимо физически подключить к компьютеру μ SD-карту, воспользовавшись, например, картридером. После того как её обнаружит ОС Windows, нужно обычным образом отформатировать её средствами Windows в файловой системе FAT с заданными по умолчанию параметрами. После подготовки карты выби-

раем в главном меню опцию Home, в ней запускаем команду компиляции исходного текста Compile и ожидаем завершения компиляции проекта. По окончании компиляции внизу, в окне сообщений, появляются её результаты. При отсутствии ошибок (сообщение в окне – No errors) открывается окно выбора носителя для копирования данных, изображённое на рисунке 14. Задаём в поле окна Drive нашу карту (в компьютере автора это диск O), кликом на кнопке OK запускаем запись, ход которой отобра-

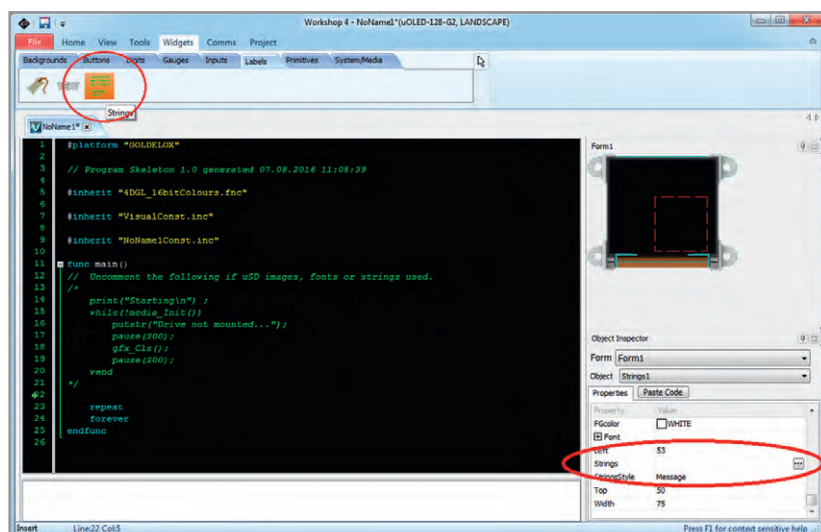


Рис. 11. Создание объекта «Текстовый шрифт» Strings1

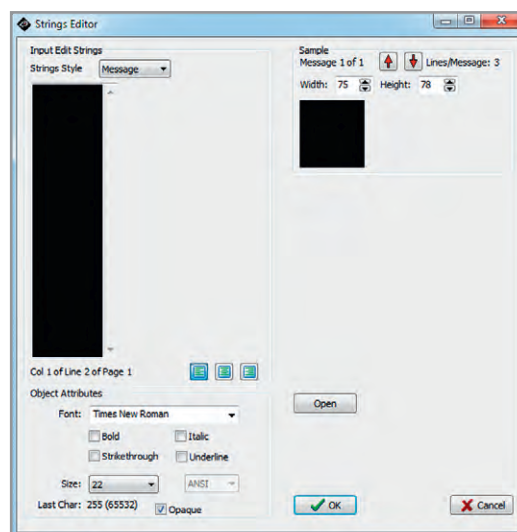


Рис. 12. Окно редактора шрифтов Strings Editor

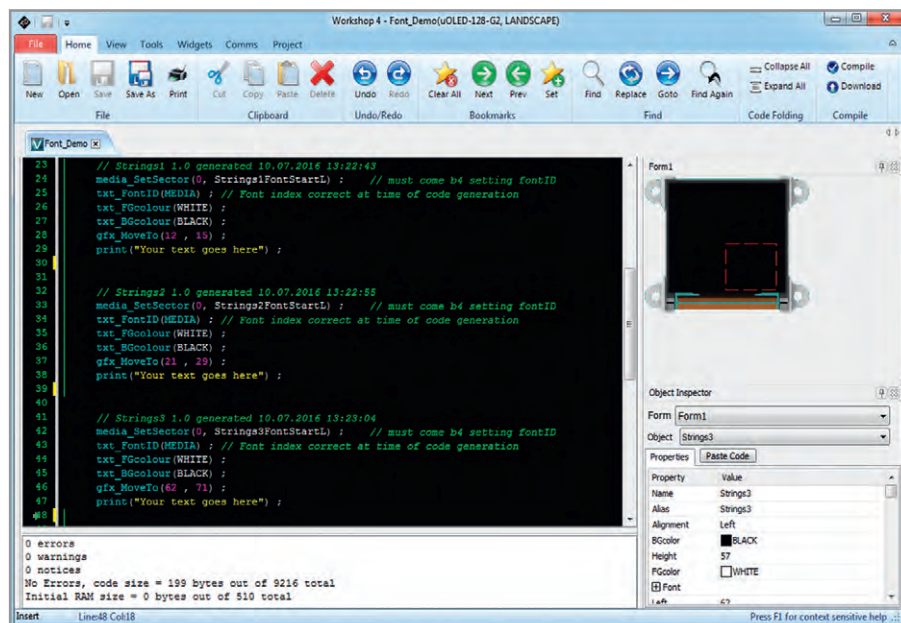


Рис. 13. Фрагменты исходного кода, сгенерированные в результате выбора нескольких шрифтов

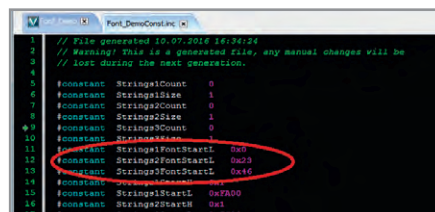


Рис. 16. Заголовочный файл констант ViSi-проекта

жается в окне индикатора прогресса. Так как при форматировании карты нами была задана файловая система FAT, перед началом записи Windows спросит разрешение изменить файловую систему носителя с FAT на RAW, поскольку объекты мультимедиа записываются на носитель в формате RAW. Разрешение нужно дать. После завершения записи необходимо получить данные о местонахождении записанных объектов (шрифтов) в адресном пространстве носителя. Для этого в начале исходного кода нашего проекта находим ссылку на автоматически сформированный заголовочный файл констант `#inherit «Font_DemoConst.inc»`, устанавливаем на ней курсор и кликаем правой кнопкой мыши. В открывшемся контекстном меню выбираем опцию `Open File at Cursor`, как показано на рисунке 15, после чего указанный файл открывается во вкладке окна редактора, представленного на рисунке 16. Значение константы `Strings1FontStartL` из этого файла представляет собой адрес сектора на карте памяти, где хранится первый из заданных нами шрифтов, `Strings2FontStartL` – адрес сектора хранения второго шриф-

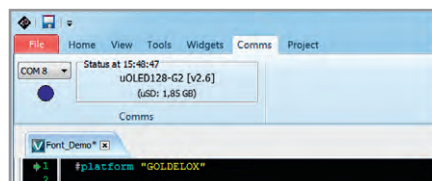


Рис. 17. Установленное соединение между компьютером и графическим модулем при эмуляции МК

та и т.д. Указанные значения выделены на рисунке красным овалом. Используем их в качестве параметров команды `media_SetSector` в режиме Serial. Необходимо только учитывать, что параметры в этой команде двухбайтовые, поэтому значения констант должны быть дополнены старшими незначащими нулями до размера слова.

После получения нужных значений адресов созданный в ViSi проект сохраним и закроем. В дальнейшем он понадобится нам для работы с изображениями и видео. Для получения дополнительной информации по заданию шрифтов рекомендуется обратиться к [2].

Использовать полученные в ViSi-проекте данные можно следующим образом. Во-первых, сразу вставить значения констант адресов непосредственно в параметры библиотечной функции `media_SetSector` в исходном коде управляющей программы МК с тем, чтобы в дальнейшем использовать эту функцию для задания шрифтов в приложении. Никакие дополнительные аппаратные средства (кроме, разумеется, средств программирования-отладки МК) для этого не нужны. Одна-

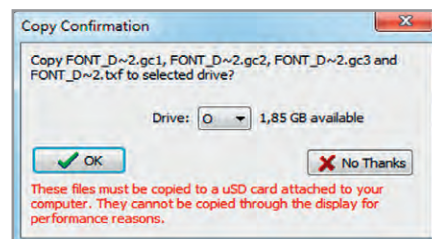


Рис. 14. Окно выбора носителя для копирования данных мультимедиа

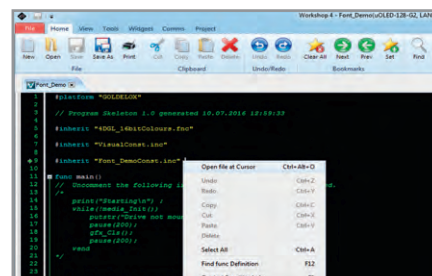


Рис. 15. Открытие заголовочного файла констант через контекстное меню

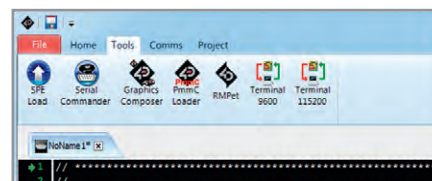


Рис. 18. Программные инструментальные средства для обмена данными между компьютером и графическим модулем

ко если в нашем распоряжении имеется адаптер `µUSB-PA5`, можно средствами Workshop4 IDE осуществить предварительную эмуляцию управляющего МК на компьютере, что значительно облегчит отладку кода в МК.

Эмуляция управляющего МК в Workshop4

Чтобы перейти к эмуляции МК, необходимо физически подключить дисплейный модуль к порту USB компьютера через `µUSB-PA5`. Для поддержки эмуляции медийных команд в модуль должна быть предварительно вставлена `µSD`-карта с записанными на неё медийными данными, например, шрифтами. Для эмуляции всех остальных команд необходимости в `µSD`-карте нет. После обнаружения ОС Windows USB-подключения адаптера следует уточнить номер созданного в системе виртуального COM-порта. Далее необходимо в среде Workshop4 IDE создать Serial-проект, для чего в окне выбора вида проекта (см. рис. 9) нужно кликнуть на кнопке со стрелкой в области Serial, после чего откроется окно редактора, содержащее на

вкладке пустой шаблон. В опции главного меню Comms созданного проекта задаём номер нашего COM-порта из выпадающего списка, как это показано на рисунке 17. После установки соединения между компьютером и модулем кружок в поле Comms сменит цвет с красного сначала на жёлтый, а потом на синий, и рядом с ним появится информация о подключённом модуле и о вставленной в него карте памяти (при наличии последней). Далее в главном меню Tools выбираем эмулятор – инструментальное средство Serial Commander (см. рис. 18), на вкладках которого сгруппированы все доступные команды режима Serial, как показано на рисунке 19. Найдя на вкладках эмулятора нужную команду, отмечаем её мышью и передаём в модуль кликом на кнопке Send. Если для команды предусмотрены параметры, то следует предварительно задать их в соответствующих полях внизу вкладки в десятичном виде. В поле справа от вкладок отображаются имена, cmd-коды, значения времени обработки в секундах, подтверждения и ответы для всех команд, переданных в текущем сеансе эмуляции.

Для вывода на дисплей текста с заданным шрифтом действуем в следующем порядке. Из вкладки Gfx передаём команду очистки дисплея `gfx_Cls`. Чтобы отменить заданную по умолчанию прокрутку дисплея, из вкладки Other передаём команду `SSTimeout` с параметром 0 ms. Затем из вкладки Media передаём команду начальной инициализации карты памяти `media_Init`. Если логикой модуля карта обнаруживается и успешно инициализируется, то ответ модуля на эту команду должен быть ненулевым. Нулевой ответ означает, что карту инициализировать не удалось и выполнение последующих связанных с ней команд невозможно. Убедившись в корректной инициализации карты, из той же вкладки передаём команду `media_SetSector`, задав для неё значения старшего (ноль) и младшего (например,

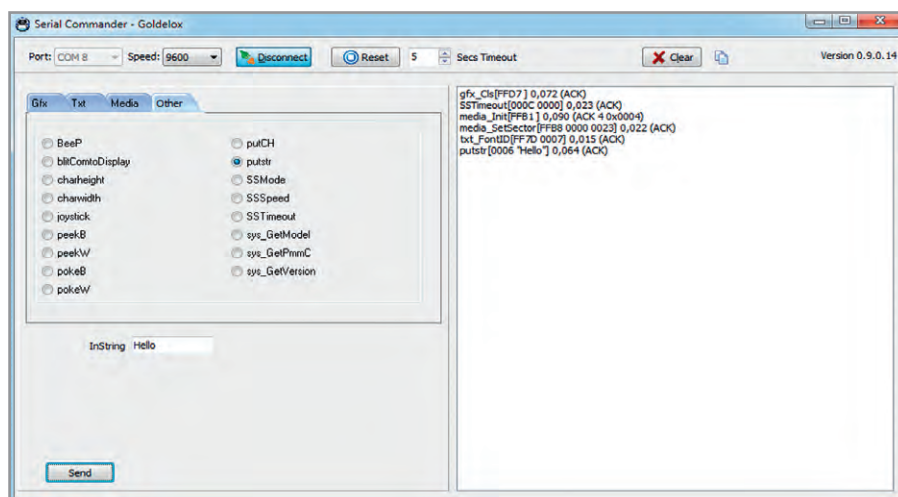


Рис. 19. Эмулятор Serial Commander, содержащий команды режима Serial

константа `Strings2FontStartL` в десятичном виде) слов адреса сектора. Затем из вкладки Txt передаём команду `txt_FontID`, задав для неё в поле `FontNumber` значение 7. `FontNumber = 7` означает, что шрифт загружается с носителя, то есть с карты памяти. На этом, собственно, задание шрифта завершается. Теперь переходим непосредственно к выводу текстовых данных в выбранном шрифте на дисплей. Из вкладки Other передаём команду вывода строки текста `txt_putstr`, предварительно задав в поле `InString` какую-нибудь текстовую строку, например, Hello. Заданная строка в выбранном шрифте должна появиться на дисплее модуля. Вся перечисленная последовательность команд отображена в поле справа от вкладок на рисунке 19.

Заметим, что в случае использования загружаемых с носителя шрифтов придётся экспериментально подбирать нужный размер текстовых символов с помощью соответствующих команд режима Serial и с учётом сохранённого на носителе размера шрифта.

Для задания цвета выводимого текста удобно использовать данные из файла цветовых 16-разрядных констант, ссылка на который `#inherit <4DGL_16bitColours.fnc>` по умолчанию имеется в заголовочной части шаблона

исходного текста проекта (см. рис. 15). Этой файл может быть открыт для просмотра с помощью опции Open File at Cursor из его контекстного меню.

Заметим, что в главном меню Tools ViSi-проекта имеются также инструменты SPE Load и PmmC Loader (см. рис. 18), позволяющие обновить текущие версии программы SPE и «прошивки» PmmC модуля на актуальные версии, содержащиеся в Workshop4 IDE. Команда SPE Load может быть также использована для восстановления стёртой программы SPE. Последняя стирается из памяти графического процессора всякий раз при загрузке туда пользовательской программы из ViSi-проекта.

Примерно такая же последовательность команд была сформирована автором в управляющей программе MK Uart_4D.c. Результаты работы программы можно видеть на рисунке 20. Задание нового шрифта из трёх записанных на карту памяти по кольцу производится в программе при каждом нажатии на кнопку SW1.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.4dsystems.com.au/product/4D_Workshop_4_IDE.
2. 4D Systems Application Note 4D-AN-00084. Serial Goldelox Displaying Third Party Fonts. ©

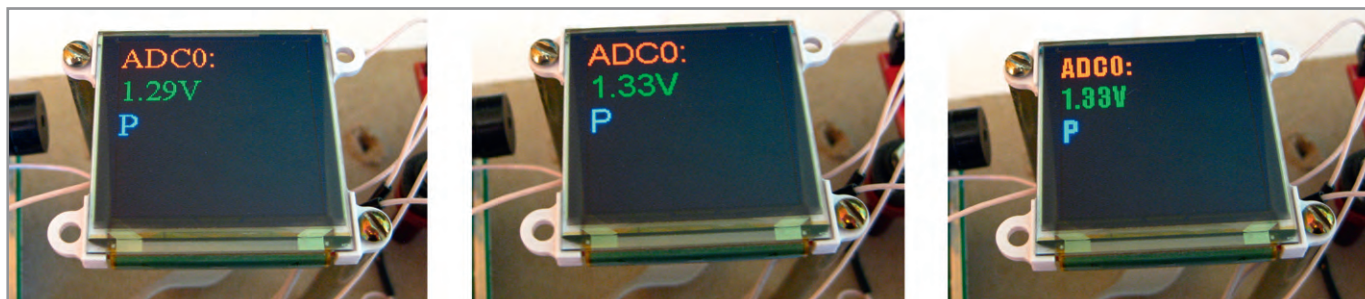


Рис. 20. Внешний вид дисплея при выводе текстовых данных с различными записанными на карту памяти шрифтами

Преобразователь интерфейсов USB–SPI на новом x51-микроконтроллере EFM8UB1

Часть 1

Алексей Кузьминов (Москва)

В статье рассмотрены аппаратные средства (принципиальные схемы, варианты разводки плат и фотографии реальных устройств) и программное обеспечение (исходные тексты программ и их оттранслированные варианты в hex-формате) устройств преобразователей интерфейсов USB–SPI на базе новейших высокоскоростных миниатюрных x51-совместимых микроконтроллеров EFM8UB1 компании Silicon Laboratories. Применение этих микроконтроллеров в подобных преобразователях кардинально снижает их стоимость и габариты, а также существенно повышает скорость обмена. Статья состоит из трёх частей.

ВВЕДЕНИЕ

Преимущества 8-разрядных x51-совместимых микроконтроллеров (МК), разработанных ещё в 1980 г. компанией Intel, перечислять нет необходимости – они всем хорошо известны. Однако ведущие производители в последнее время перестали уделять этим МК должное внимание. Последние разработки x51-совместимых МК таких компаний, как Atmel, NXP, TI и др. прекратились несколько лет назад. Причина этого, вероятно, кроется в различных маркетинговых особенностях, требующих агрессивного продвижения на рынок 32-разрядных МК. Однако востребованность x51-совместимых МК, на взгляд автора, до сих пор высока и, к сожалению, не зависит от маркетинговых нюансов. Вероятно, поэтому топовые модели x51-совместимых МК ведущих фирм до сих пор выпускаются и пользуются неизменным спросом.

В 2015 г. после приобретения компании Energy Micro, выпускавшей 32-разрядные МК EFM32 со сверхмалым потреблением энергии, компания Silicon Laboratories сделала настоящий прорыв, разработав и выпустив целую плеяду 8-разрядных x51-совместимых МК EFM8. Среди них – EFM8BB (Busy Bee), отличающиеся большим количеством встроенных периферийных устройств, EFM8SB (Sleepy Bee) со сверхмалым потреблением энергии, а также EFM8UB (Universal Bee), поддерживающие интерфейс USB (об одном из них (EFM8UB1) и пойдёт речь в данной статье).

Однако на этом Silicon Laboratories не остановилась и уже в 2016 г. выпустила новое семейство EFM8LB (Laser Bee) со встроенным 14-разрядным АЦП с частотой дискретизации до 900 кГц, который включает входной мультиплексор и контроллер прямого доступа к памяти – DMA (в статье также будет приведён пример использования этого МК). Кроме того, эти МК оборудованы четырьмя конфигурируемыми логическими блоками (CLU), позволяющими проектировщикам реализовать комбинационную логику и/или синхронизаторы (т.е. функции И, ИЛИ, НЕ, мультиплексоры и триггеры) без применения внешних компонентов. По своим функциональным особенностям EFM8LB могут соперничать с МК C8051F06X со встроенным 16-разрядным АЦП со скоростью преобразования до 1 млн операций в секунду и имеющими прямой доступ к памяти (DMA), что позволяет записывать в память результаты АЦП без участия МК. Последний до сих пор выпускается, поскольку достаточно востребован, несмотря на относительно дороговизну и невысокую тактовую частоту 25 МГц. Все же МК EFM8 – одноктактные и могут работать на максимальной частоте 50 МГц (а EFM8LB1 – до 75 МГц), или, другими словами, максимальная скорость их работы составляет 50 млн операций в секунду (MIPS). Благодаря очень низкой цене в средних и больших партиях, МК семейства EFM8, на взгляд автора, в настоящее время не имеют альтернативы.

Ранее автором была опубликована статья о преобразователе интерфей-

сов USB–SPI на базе МК C8051F321 и бесплатно предоставляемой компанией Silicon Laboratories библиотеке USBXpress, позволяющей, не вдаваясь в подробности спецификации интерфейса USB, простыми средствами производить обмен информацией C8051F321 с компьютером по этому интерфейсу [1]. В связи с выпуском нового МК EFM8UB1, оборудованного интерфейсом USB и имеющего сверхмалые габариты (корпус QFN20 размером всего 3 × 3 мм), автор решил попробовать его также в роли преобразователя интерфейсов USB–SPI. Результат превзошёл самые смелые ожидания.

Дальнейшее изложение будет вестись в следующей последовательности. Вначале будут описаны аппаратные средства преобразователей интерфейсов USB–SPI на базе МК EFM8UB1 (принципиальные схемы устройств и макетных плат, разводка плат и фотографии готовых устройств), а затем – программные средства (тексты программ, рекомендации по конфигурированию портов ввода/вывода с помощью матрицы соединений, а также по трансляции программ; снимки экранов, показывающих реальные скорости обмена USB–SPI и т.п.).

АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ USB–SPI НА БАЗЕ МК EFM8UB1

В этом разделе представлены четыре устройства преобразователей USB–SPI на базе EFM8UB1.

Первое – неизолированный преобразователь USB–SPI с общими цепями «земли» и питания интерфейсов USB и SPI. В этом преобразователе интерфейс SPI работает в полном четырёхпроводном режиме, т.е. осуществляет обмен с помощью четырёх сигналов: MISO, MOSI, SCK и NSS.

Второе – изолированный преобразователь USB–SPI, у которого интерфейс SPI оборудован гальванической развязкой с помощью четырёхканального цифрового изолятора SI8642. Интерфейс SPI в этом устройстве работает в усечённом трёхпроводном режиме,

в котором используются только сигналы MISO, MOSI и SCK, а сигнал NSS не применяется.

Третье – изолированный преобразователь USB–SPI на базе 6-канального цифрового изолятора SI8662. Гальванически изолированный интерфейс SPI в этом устройстве работает в четырёхпроводном режиме.

Четвёртое – изолированный преобразователь USB–SPI, в котором осуществлена гальваническая изоляция интерфейса USB с помощью цифрового изолятора ADUM3160/4160, а интерфейс SPI не изолирован и работает в четырёхпроводном режиме.

Для тестирования этих преобразователей USB–SPI в статье представлены две макетные платы. Первая – на базе МК C8051F061, вторая – на базе EFM8LB12.

В статье [1] для тестирования преобразователя USB–SPI на базе C8051F321 был использован МК C8051F067, имеющий аналогичные характеристики (с точки зрения интерфейса SPI) с МК C8051F061. В настоящей статье использована макетная плата с C8051F061. Причины, по которым автором изготовлена новая макетная плата с МК C8051F061, состоят в следующем.

Во-первых (и это главная причина), плата-переходник для МК C8051F067 имеет двустороннюю разводку [1], которую осуществить своими силами достаточно проблематично. Поэтому автором разведена и изготовлена новая плата-переходник с односторонней разводкой, которая намного проще в изготовлении. Эта односторонняя разводка по выводам отличается от двусторонней, поэтому схема новой макетной платы отличается от схемы, приведённой в [1]. Во-вторых, макетная плата из [1] достаточно сложна, поскольку имеет несколько ненужных опций, которые в новой макетной плате отсутствуют.

Вторая макетная плата изготовлена на базе нового МК EFM8LB12 разработки 2016 г. В свою очередь, эта плата изготовлена по следующим причинам.

Во-первых, автору хотелось проверить новый МК в режиме обмена информацией с ПК по интерфейсу USB с помощью преобразователей USB–SPI на базе МК EFM8UB1. Во-вторых, автора заинтересовало сравнение скоростных характеристик обмена по интерфейсу SPI двух МК: C8051F061 и EFM8LB12. Забегая вперёд, можно отметить, что скорость обмена по SPI у EFM8LB12 превысила таковую у C8051F061 в 6 раз!

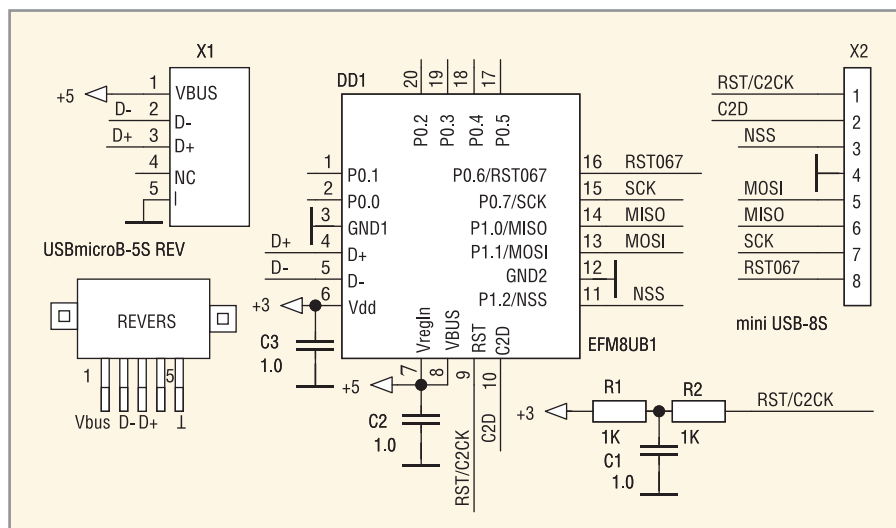


Рис. 1. Принципиальная схема неизолированного преобразователя USB–SPI на базе EFM8UB1

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ УСТРОЙСТВ

Принципиальная схема преобразователя USB–SPI (см. рис. 1) предельно проста и содержит собственно МК EFM8UB1 (DD1) и два разъёма. Первый – USBmicroB-5S REV (X1), к которому подключается кабель интерфейса USB, и второй – mini USB-8S (X2), на который выведены сигналы интерфейса SPI (NSS, MOSI, MISO, SCK), сигнал RST067 для сброса (Reset) МК C8051F067, с которым производится обмен информацией по интерфейсу SPI, и «земля» (эти же сигналы используются для подключения устройства к макетной плате с EFM8LB12), а также сигналы интерфейса C2 (RST/C2CK, C2D и общий), предназначенные для программирования микроконтроллера EFM8UB1 с помощью USB-Debug-адаптера. Цепочка R1–R2–C1 формирует сигнал сброса (Reset) МК при подаче питания (+3 В). Это напряжение (Vdd – 6-й вывод), в свою очередь, формируется встроенным в МК стабилизатором +3 В, если питание +5 В, присутствующее на линии V_{BUS} интерфейса USB, попадает на выводы Vregin и V_{BUS} (7-й и 8-й выводы соответственно).

Для программирования устройства, показанного на рисунке 1, необходимо изготовить два кабеля с разъёмами (см. рис. 2). Первый кабель соединяет разъём USB-Debug-адаптера SCM-10 (X1) с разъёмом устройства mini USB-8P (X2). По этому кабелю в устройство передаются сигналы интерфейса C2. Второй кабель подаёт питание +5 В с разъёма PC4TB(p) БП (X3) на МК через разъём USBmicro-5P (X4).

В качестве микроконтроллеров, с которыми сопрягается МК EFM8UB1

по интерфейсу SPI, были выбраны: C8051F067/61, который был подробно описан в статье [1], и новейший МК EFM8LB12 разработки 2016 г.

Для подключения устройства USB–SPI к макетным платам с МК C8051F061 и EFM8LB12 (их схемы приведены далее) необходимо изготовить кабель по схеме, показанной на рисунке 3.

Несколько слов о входных и выходных разъёмах устройства.

Для подключения устройства к интерфейсу USB использован относительно новый разъём USBmicro-5S REV. Он имеет зеркальное (Revers) расположение контактов интерфейса USB по сравнению со стандартным USB micro-5S. Это как нельзя лучше соответствует расположению контактов USB ИС EFM8UB1 (и C8051F321), поэтому разводка платы получается проще и надёжнее, чем при использовании стандартного разъёма. Новый разъём легко приобрести, и по стоимости он не отличается от стандартного. Внешне этот разъём отличается от стандартного тем, что его нижняя часть, где расположены контакты, шире верхней части (у стандартного разъёма всё наоборот).

Для подключения к интерфейсу SPI (в рабочем режиме) и интерфейсу C2 (для программирования) используется один 8-контактный разъём mini USB-8S. Это позволило вообще отказаться от отдельного разъёма, предназначенного для программирования МК, что упростило конструкцию устройства, уменьшило его габариты и повысило надёжность. Сам по себе разъём mini USB-8S малогабаритен (экономит место на плате), его стоимость не превышает стоимость стандартного USB micro-5S

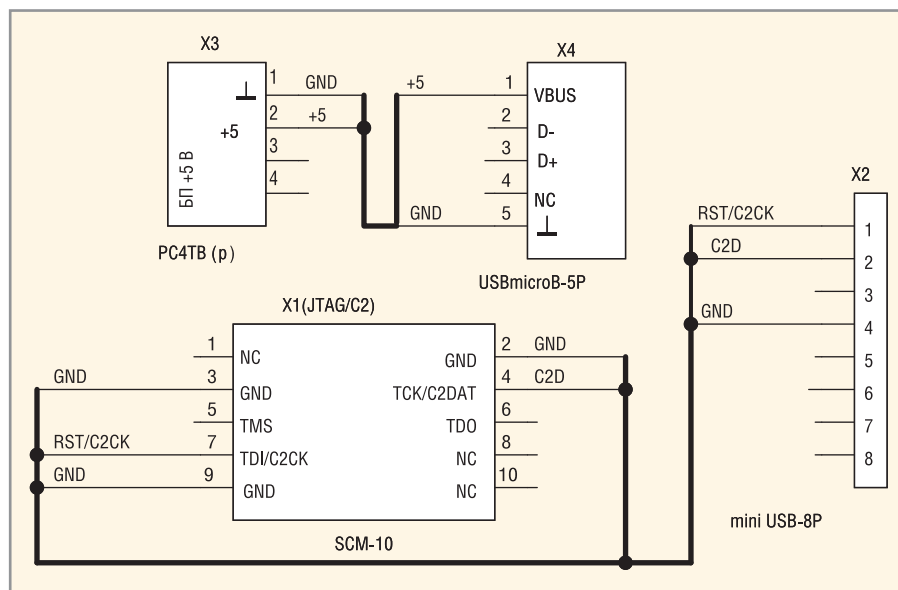


Рис. 2. Схема кабелей для программирования МК, включённого по схеме, показанной на рисунке 1

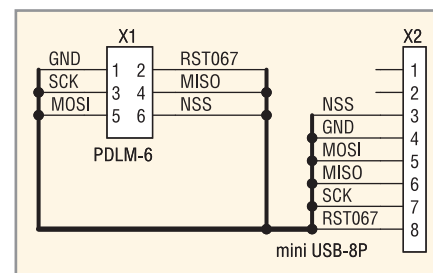


Рис. 3. Схема кабеля для подключения устройства к макетным платам с МК C8051F067 и EFM8LB1

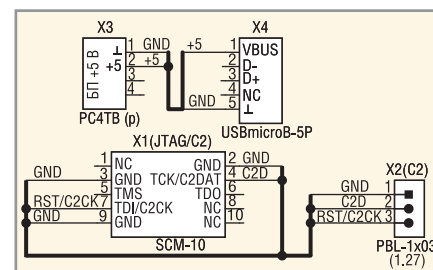


Рис. 5. Схема кабелей для программирования МК, включённого по схеме, изображённой на рисунке 4

Как уже упоминалось, гальванически изолированный преобразователь USB-SPI представлен тремя устройствами.

Первое устройство (см. рис. 4) сконструировано на основе высокоскоростного четырёхканального цифрового изолятора SI8642 (DD2), который показал идеальную работу с интерфейсом SPI, работающим в трёхпроводном режиме [1]. Для программирования EFM8UB1 (DD1) с помощью USB-Debug-адаптера сигналы интерфейса C2 выведены на трёхштырьковый разъём PLL-1x3 (X2). К интерфейсу USB МК EFM8UB1 подключается с помощью разъёма USBmicro-5S REV (X1), а к C8051F067 и EFM8LB12, расположенным на соответствующих макетных платах, по интерфейсу SPI – с помощью разъёма PBDHN 2x3 (X3), представляющего собой двухрядные гнёзда с шагом 2,54 мм. Остальные особенности схемы уже были описаны.

Для программирования МК EFM8UB1 в схеме, показанной на рисунке 4, необходимо изготовить два кабеля по схемам, приведённым на рисунке 5. Один – с разъёмом USBmicro-5P (X4) – для подачи питания +5 В описан ранее, второй – с разъёмами SCM-10 (X1) и PBL-1x03 (X2) – приведён в нижней части рисунка 5.

Хотя гальванически изолированный интерфейс, работающий в трёхпроводном режиме (см. рис. 4), показал хороший результат при работе с МК

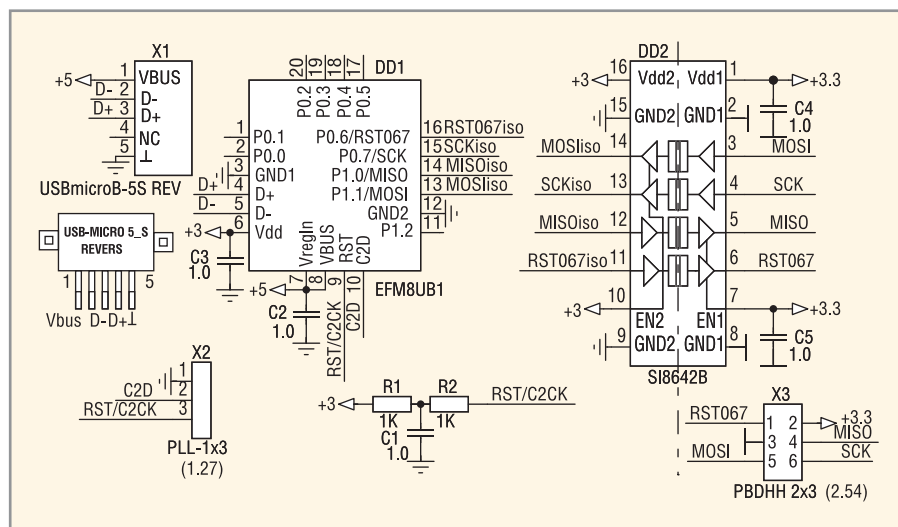


Рис. 4. Схема гальванически изолированного преобразователя интерфейсов USB–SPI (трёхпроводного)

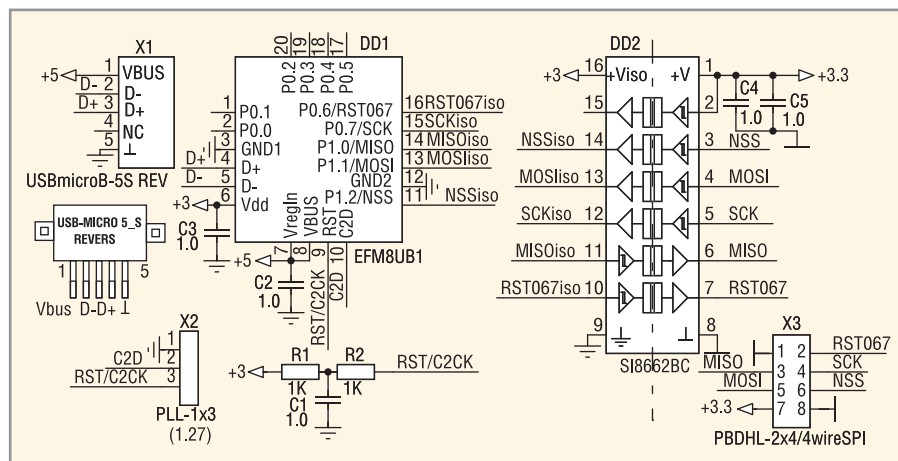


Рис. 6. Схема гальванически изолированного преобразователя интерфейсов USB–SPI (четырёхпроводного)

и, по опыту автора, он исключительно надёжен.

Для экономии места в статье схема соответствия контактов ответного разъёма (mini USB-8P), подключаемо-

го к разъёму mini USB-8S, контактам, предназначенным для пайки, приведены в дополнительных материалах к статье, которые доступны для скачивания на сайте журнала.

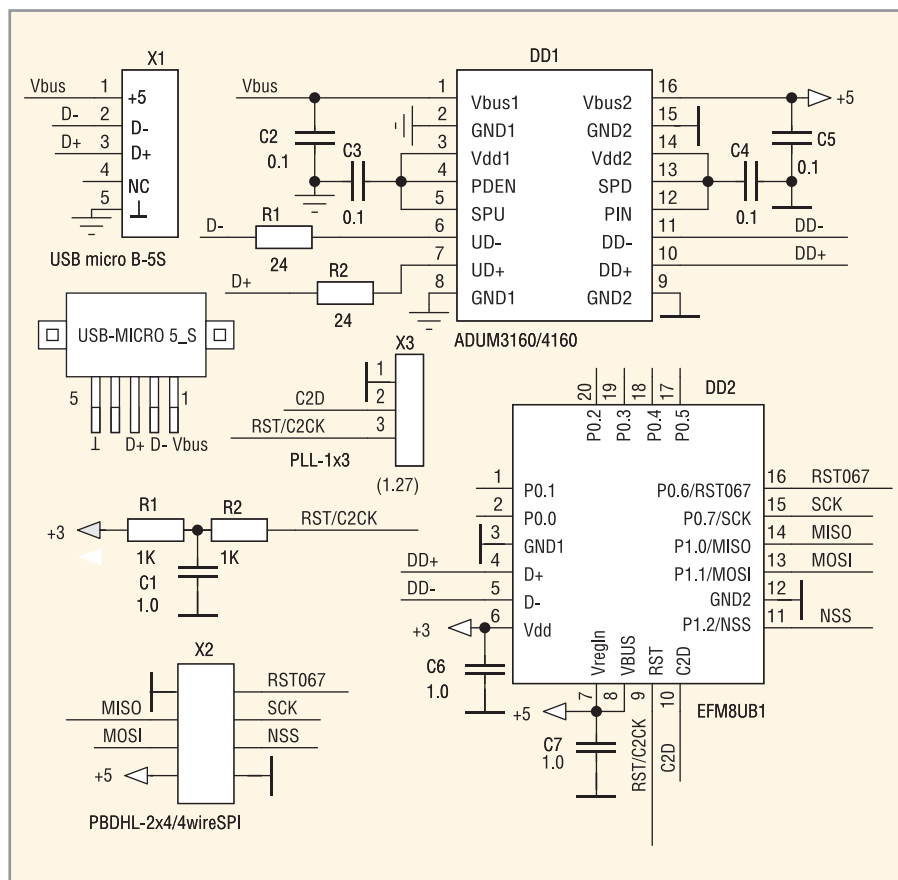


Рис. 7. Схема гальванически изолированного преобразователя интерфейсов USB-SPI на базе цифрового изолятора ADUM3160/4160 (четырёхпроводного)

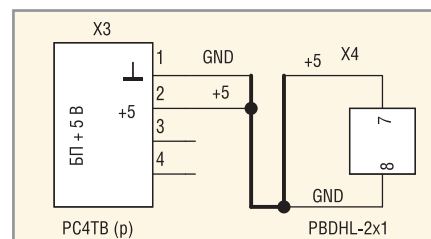


Рис. 8. Схема кабеля питания для программирования МК, включенного по схеме, приведённой на рисунке 7

C8051F067, при работе с EFM8LB12 эта схема показала довольно посредственный результат по скорости. Причины этого – более низкая тактовая частота МК C8051F067 (25 МГц) по сравнению с таковой у EFM8LB12 (50 МГц), а также усечённый трёхпроводный режим работы, в котором сигнал NSS, синхронизирующий приём/передачу каждого байта, отсутствует.

Для увеличения скорости обмена по интерфейсу SPI был изготовлен ещё один изолированный преобразователь USB-SPI, но уже работающий в полном четырёхпроводном режиме (см. рис. 6). В схеме используется высокоскоростной 6-канальный цифровой изолятор SI8662 (DD2), позволяющий добавить четвёртый сигнал интерфейса SPI – NSS. Благодаря этому сигналу схема, представленная на рисунке 6, показала более высокую скорость обмена по интерфейсу SPI, чем схема, изображённая на рисунке 4. Разъём X3 – четыре двухрядных цанговых штыря с шагом 2,54 мм. Для программирования МК EFM8UB1 в схеме на рисунке 6 используются те же кабели (см. рис. 5), что и для программирования МК по схеме, приведённой на рисунке 4.

Как показало тестирование устройств, схемы которых изображены на рисунках 4 и 6, изолированные преобразователи USB-SPI по скорости обмена не могут соперничать с неизолрированным (см. рис. 1).

Гальванически изолированный преобразователь интерфейсов USB-SPI может быть основан не только на принципе гальванической изоляции интерфейса SPI (см. рис. 4 и 6), но и на ином принципе, а именно – на гальванической изоляции самого интерфейса USB с помощью хорошо известных цифровых изоляторов ADUM3160/4160 [1]. Преимущество этих микросхем в том, что они не снижают скорость обмена по интерфейсу USB. А вот цифровые изоляторы интерфейса SPI снижают скорость обмена (особенно

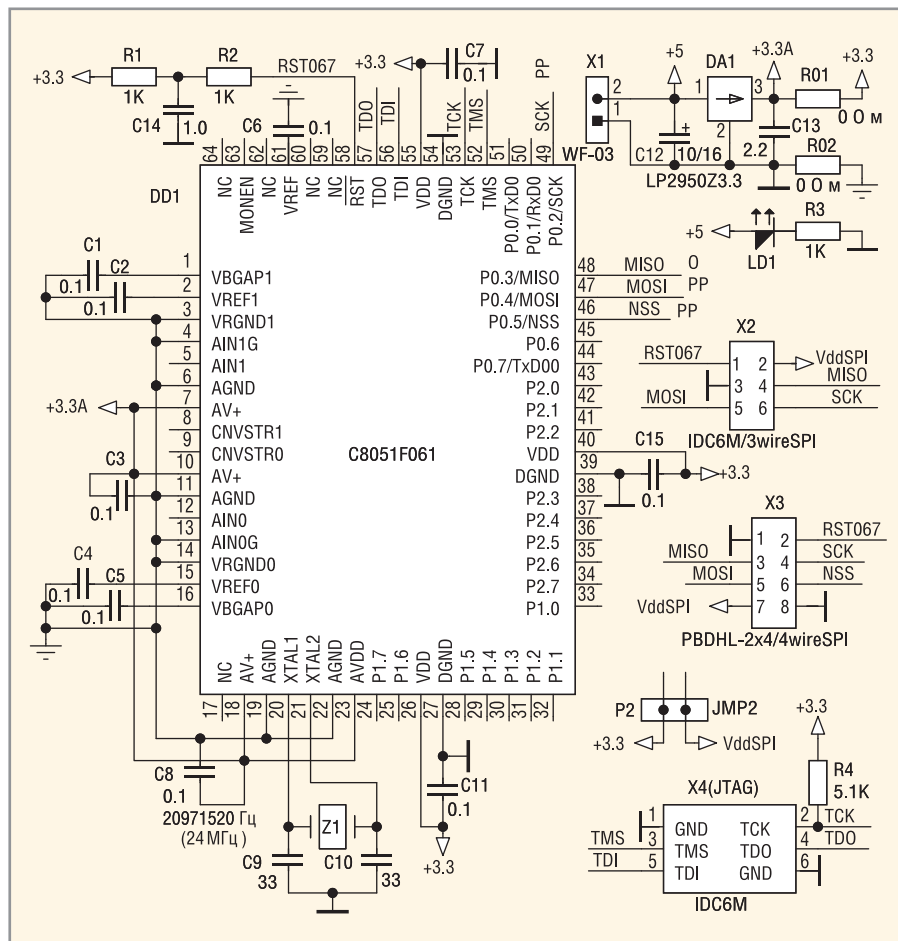


Рис. 9. Схема макетной платы с МК C8051F061/067

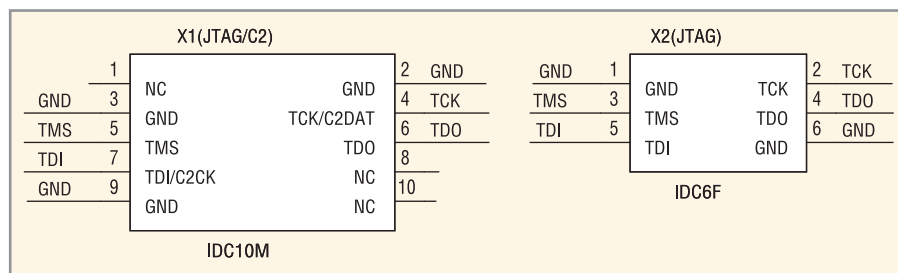


Рис. 10. Схема кабеля для программирования МК C8051F061/67 с помощью USB-Debug-адаптера по интерфейсу JTAG

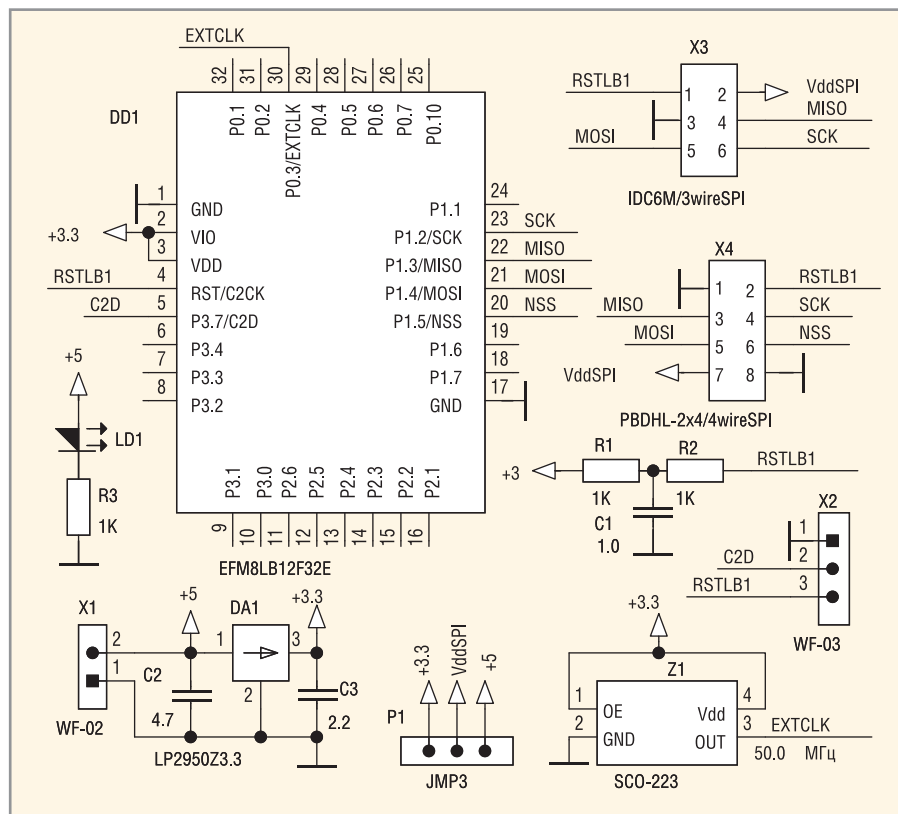


Рис. 11. Схема макетной платы с МК EFM8LB12

в трёхпроводном режиме). Недостатки ADUM3160/4160 – более крупный корпус (SOIC16W размером 10 × 10 мм), чем у цифровых изоляторов интерфейса SPI, а также достаточно высокая цена, которая на момент написания статьи [1] в 2012 г. составляла около 1000 руб. за штуку. Однако к настоящему времени цена на изоляторы (ADUM3160) упала почти в 2,5 раза и сравнялась с ценой 6-канальных цифровых изоляторов SI8662BC (около 400 руб.), используемых в схеме, показанной на рисунке 6. Кроме того, микросхемы ADUM3160 более доступны, чем SI8662BC.

Поэтому было принято решение сконструировать преобразователь интерфейсов USB–SPI на базе цифровых изоляторов ADUM3160/4160 (см. рис. 7). Забегая вперёд, отметим, что скоростные характеристики получившегося преобразователя не уступают

характеристикам неизолированного преобразователя USB–SPI (см. рис. 1), являющегося самым скоростным из всех преобразователей, представленных в настоящей статье. Что касается схемы, приведённой на рисунке 7, то она достаточно проста и в отдельных комментариях не нуждается.

Для программирования МК EFM8UB1 в схеме, изображённой на рисунке 7, требуется два кабеля. Первый – для сопряжения с сигналами C2 USB-Debug-адаптера. Этот кабель аналогичен кабелю с разъёмами X1–X2, показанному в нижней части рисунка 5. Второй кабель подаёт питание на устройство (7 и 8 выводы X2 на рисунке 7) с помощью двух цанговых гнёзд (X4 на рисунке 8).

Схема макетной платы с МК C8051F061 (см. рис. 9) по сравнению со схемой, приведённой в [1], значительно упрощена и содержит мини-

мум необходимого для тестирования устройств преобразователей интерфейсов USB–SPI.

В ней используется стабилизатор +3,3 В LP2950Z3.3 (DA1), к которому с разъёма X1 подаётся питание +5 В от стабилизированного источника с током не менее 100 мА. Устройство изолированного преобразователя USB–SPI, работающего в трёхпроводном режиме, подключается к разъёму X2, представляющему собой 6-контактный штыревой разъём с расстоянием между штырями 2,54 мм. Устройства неизолированного преобразователя USB–SPI и изолированного преобразователя, работающего в четырёхпроводном режиме, подключаются к разъёму X3, представляющему собой четыре двухрядных цанговых гнезда с расстоянием между ними 2,54 мм.

Двухконтактная перемычка P2 предназначена для подачи или снятия (при необходимости) питания (VddSPI) на разъёмы X2 и X3 с помощью джампера. Цепочка R1–R2–C14 предназначена для формирования сигнала сброса МК. Кварцевый резонатор с частотой 20 971 520 Гц подключён к выводам XTAL1 и XTAL2 МК с заземляющими конденсаторами C9 и C10. Остальные конденсаторы служат для штатной работы микроконтроллера. Для индикации присутствия питания на плате используется светодиод LD1 с токоограничительным резистором R3.

Для программирования МК по интерфейсу JTAG с помощью USB-Debug-адаптера используется 6-штырьковый разъём IDC6M, к которому подключается кабель программирования, соединяющий выводы адаптера с выводами разъёма X4. Схема такого кабеля приведена на рисунке 10.

Схема макетной платы с МК EFM8LB12 (см. рис. 11) несколько проще предыдущей. В ней используются такие же разъёмы X3 и X4 для подключения устройств, работающих соответственно с трёхпроводным и четырёхпроводным интерфейсом SPI. Цепочка R1–R2–C1 служит для формирования сигнала сброса МК (RSTLB1). Стабилизатор LP2950Z3.3 (DA1) обеспечивает питание платы напряжением 3,3 В. К этому стабилизатору с разъёма X1 подаётся питание +5 В от стабилизированного источника с током не менее 100 мА.

Трёхконтактная перемычка P1 служит для подачи питания +3,3 В (на устройства с изолированным интерфейсом SPI (см. рис. 4 и 6)) или +5 В (на устройство

с изолированным интерфейсом USB (см. рис. 7)) на разъёмы X3 и X4. Подача питания осуществляется путём установки двухконтактного джампера в соответствующее положение.

В схеме используется внешний кварцевый генератор SCO-223 (Z1) частотой 50 МГц, выходной сигнал которого подключён к выводу EXTCLK (30-й вывод).

Причина, по которой используется именно внешний кварцевый генератор, состоит в следующем. Дело в том, что МК EFM8LB12 оборудован двумя высокочастотными внутренними генераторами частотой 25 и 75 МГц, стабильность которых, как было выяснено в статье [1], не позволяет производить высокоскоростной обмен по интерфейсу SPI с необходимой надёжностью. Надёжный высокоскоростной обмен возможен только при условии, что частота генератора стабилизируется кварцевым резонатором. МК EFM8LB12 оборудован внутренним генератором, предназначенным для подключения внешнего кварцевого резонатора к выводам XTAL1 и XTAL2 (как и C8051F061). Однако максимальная частота такого генератора состав-

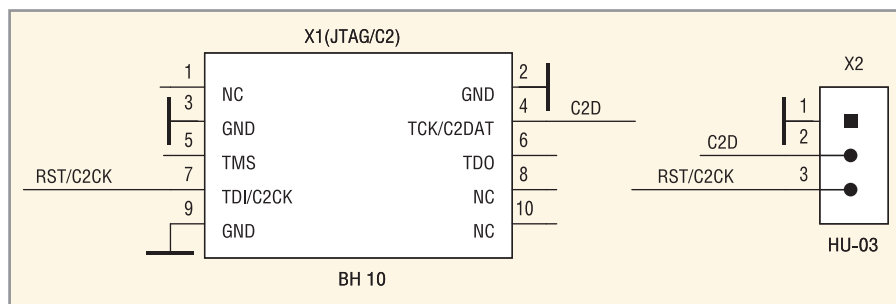


Рис. 12. Схема кабеля для программирования МК EFM8LB12 с помощью USB-Debug-адаптера по интерфейсу C2

ляет только 25 МГц. А вот максимальная частота внешнего кварцевого генератора может достигать 50 МГц, поэтому он и был использован автором. Такой генератор достаточно дешёв, имеет малые размеры (2 × 2,5 мм), и всё, что требуется для его работы, – это подать на него питание +3,3 В (на 4-й вывод Vdd), соединить разрешающий вывод OE (Output Enable – 1-й вывод) с напряжением питания, заземлить вывод GND (2-й вывод) и соединить выходной сигнал OUT (3-й вывод) со входом МК (EXTCLK), предназначенным для подключения внешнего генератора (30-й вывод DD1).

Для программирования МК по интерфейсу C2 с помощью USB-Debug-адаптера используется трёхштырьковый разъём WF-03 (X2). К этому разъёму подключается кабель, соединяющий выходной разъём адаптера с разъёмом X2. Схема такого кабеля приведена на рисунке 12.

Продолжение статьи читайте в следующем номере журнала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьминов А. Преобразователь интерфейсов USB–SPI с гальванической развязкой. Современная электроника. 2012. № 1, 2.



АУО

Широкоформатные дисплеи для широкой колеи

АНВА-матрицы с увеличенным углом обзора

- Диагонали от 2,5 до 75 дюймов
- Разрешения от 320×240 до 4K2K
- Температурный диапазон от –30 до +85°
- Яркость от 250 до 1600 кд/м²

Угол обзора 178°

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ АУО

POWERED BY PROSOFT

Активный компонент вашего бизнеса

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

Реклама

Акустический автомат управления освещением по двум хлопкам в ладоши

Александр Одинец (г. Минск, Беларусь)

В современных системах умного дома нашли широкое применение автоматы, управляющие исполнительными механизмами по определённой звуковой команде. Важным требованием для таких устройств является отсутствие ложных срабатываний на посторонний речевой или шумовой сигнал. В статье на примере одного из таких устройств описывается схемотехническое решение для повышения достоверности при распознавании звукового сигнала.

ВВЕДЕНИЕ

Большинство известных конструкций акустических автоматов, доступных в литературных источниках и сети Интернет, анализируют появление звуковой команды только по амплитудному признаку, реализуя управление одной или несколькими нагрузками. Существенным недостатком таких конструкций являются ложные срабатывания, поскольку наличие звукового сигнала определяется в относительно широком частотном диапазоне. Как результат – срабатывание не только на заданную звуковую команду, к примеру, акцентированный хлопок, свист, но также и на непрерывный речевой или шумовой сигнал.

Чтобы существенно повысить достоверность распознавания управляющего звукового образца и полностью исключить ложные срабатывания, необходимо анализировать входящий сигнал не только по амплитудному, но и по частотному признаку. Для этого необходимо дополнить автомат полосовым фильтром, выделяющим анализируемый управляющий сигнал в определённом диапазоне частот и подавляющий побочные составляющие за его пределами. Применение полосового фильтра и реализация специального алгоритма идентификации звукового образца обеспечивают автомату высокую помехоустойчивость и полностью исключают ложные срабатывания от постороннего речевого или шумового сигнала.

Спектр звукового сигнала хлопков в ладоши располагается примерно в диапазоне частот от 300 Гц до 6 кГц, но максимум спектральных составляющих данного звукового образца приходится всё же на диапазон 3,2–3,6 кГц. Этот максимум может изменяться в

небольших пределах, поэтому полосовой фильтр необходимо дополнить регулятором резонансной частоты, позволяющим производить оперативную настройку под конкретного пользователя. Более подробно с расчётом и реализацией перестраиваемых полосовых фильтров можно ознакомиться в статьях [1] и [2].

Для управления коммутирующим силовым симистором применён опто-симистор типа МОС3062 с идентификацией нуля сетевого напряжения. Это позволило минимизировать уровень помех при включении нагрузки. Применение симистора в качестве коммутирующего элемента, в отличие от тиристорного варианта, позволило сократить число силовых элементов с пяти до одного.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА УСТРОЙСТВА

Электрическая схема автомата приведена на рисунке 1. Автомат содержит:

- параметрический стабилизатор на балластных конденсаторах C1, C2 и элементах VD1, VD2, C3, C4;
- стабилизаторы +5 В – DA1 и +10 В – DA2;
- предварительный микрофонный усилитель на ОУ DA3.1, полосовой фильтр на ОУ DA3.2, DA3.3;
- оконечный усилитель звукового сигнала на ОУ DA3.4, выпрямитель переменного напряжения звуковой частоты – VD5, VD6;
- интегрирующий конденсатор C16;
- одновибратор на элементах DD1.2, DD1.3;
- формирователь временного интервала опознавания, в составе которого – генератор на триггере Шмитта DD1.1 и счётчики DD2.1, DD2.2;

- элемент совпадения 2И-НЕ DD1.4;
- интегрирующую цепь сброса C11–R8
- D-триггер состояний включено–выключено DD3.1.

При включении питания интегрирующая цепь C11–R8 формирует короткий отрицательный импульс, устанавливающий D-триггер DD3.1 в исходное единичное состояние, соответствующее выключенной лампе.

При появлении звукового образца (хлопка в ладоши), переменное напряжение амплитудой в несколько милливольт с выхода микрофона M1, после усиления ОУ DA3.1 в 100...200 раз, поступает на вход полосового фильтра DA3.2, DA3.3. Его задача, как уже было отмечено, – выделить сигнал в узкой полосе частот 3,2...3,6 кГц и подавить побочные спектральные составляющие за пределами этого диапазона. С выхода полосового фильтра переменное напряжение идёт на вход второго усилителя – ОУ DA3.4, с помощью которого усиливается ещё в 50 раз и поступает на диодный выпрямитель VD5–VD6. После сглаживания конденсатором C16 постоянное напряжение через резистор R22 поступает на вход одновибратора DD1.2–DD1.3, который, каждый раз при достижении на конденсаторе C16 порогового напряжения элемента DD1.2, формирует на выходе DD1.3 короткий положительный импульс.

Выходные импульсы одновибратора сбрасывают счётчик DD2.1, который уровнем логического 0 с выхода своего старшего разряда разрешает работу DD2.2, и одновременно эти импульсы являются счётными для DD2.2. Первый же выходной положительный импульс одновибратора сбрасывает счётчик DD2.1 в нулевое состояние. Уровень логического 0 с выхода его старшего разряда (вывод 14) смещает диод VD4 в обратном направлении и, тем самым, разрешает работу генератора на триггере Шмитта DD1.1 с частотой 8...16 Гц, что соответствует интервалу опознавания 0,5...1 с. Режим счёта DD2.1 индицирует мигающий светодиод HL1, по которому удобно контролировать появление звукового сигнала.

При поступлении двух акцентированных хлопков в ладоши счётчик DD2.2 устанавливается во второе состояние и на его выходе второго разряда (вывод 4) появляется логическая 1. Если хлопков больше не последует, то через некоторое время (0,5...1 с – определяется частотой генератора) счётчик DD2.1 перейдёт в восьмое состояние и на выходе его старшего разряда (вывод 14) появится логическая 1. Этот логический уровень запретит работу генератора и одновременно сбросит счётчик DD2.2 в нулевое состояние. Но после этого ещё некоторое время (около 100 нс – определяется задержкой распространения сигнала в DD2.2) на выходе его второго разряда (вывод 4) будет поддерживаться уровень логической 1, который в сочетании с таким же уровнем, приходящим с выхода старшего разряда счётчика DD2.1 (вывод 14) на входы элемента DD1.4, приведёт к появлению на его выходе короткого отрицательного импульса. Состояние триггера DD3.1 изменится на противоположное, что приведёт к открыванию симистора и включению лампы накаливания. Включение лампы индицирует светодиод HL2. В таком состоянии автомат будет оставаться до момента повторного появления двух последовательных хлопков в ладоши.

При поступлении трёх акцентированных хлопков счётчик DD2.2 устанавливается в третье состояние и на выходе его первого разряда (вывод 3) также появляется логическая 1. Транзистор VT1 открывается и шунтирует на общий провод правый по схеме вывод резистора R7, таким образом, на нижнем по схеме входе элемента DD1.4 (вывод 10) оказывается уровень логического 0, поэтому переключения триггера DD3.1 в таком случае не происходит.

Конструкция и детали

Все элементы автомата размещаются на печатной плате (см. рис. 2) размером 120 × 90 мм из двустороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. В устройстве применены резисторы типа МЛТ-0,125, МЛТ-0,5 (R2, R12, R13), подстроечные типа СП3-386 в горизонтальном исполнении, конденсаторы неполярные типа К10-17 и К73-17 (C1, C2), оксидные типа К50-35 или импортные. Транзистор VT1 может быть из серий КТ503 и КТ3102 с любыми

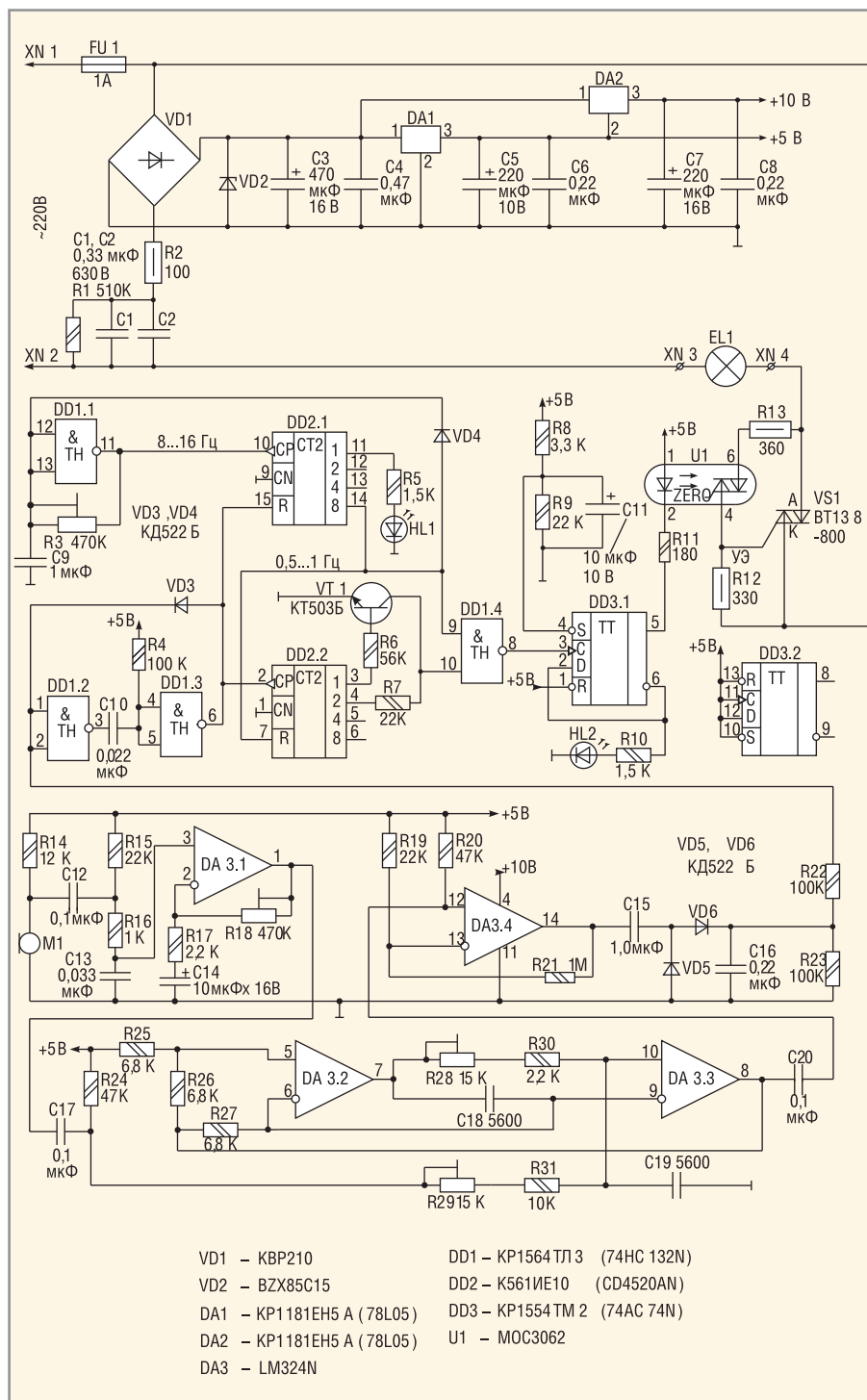


Рис. 1. Электрическая принципиальная схема акустического автомата управления освещением

индексами. Стабилитрон ВЗХ85С15 заменим на ВЗХ85С12, КС515А, Д814Г, Д814Д или другой аналогичный с напряжением стабилизации 12...15 В. Маломощные диоды VD3...VD6 могут быть из серий КД521, КД522, 1N4148. Светодиоды – сверхъяркие красные, диаметром 5 мм. Симистор может быть из серий ВТ137, ВТ138 и ВТ139 в пластмассовом корпусе с минимально допустимым напряжением анод-катод не менее 400 В. При мощности лампы накаливания

более 100 Вт его необходимо установить на теплоотвод.

Оптосимистор МОС3062 заменим на МОС3061 или МОС3063 с учётом коррекции номинала токоограничительного резистора R11. Для МОС3061 ток включения составляет 15 мА, а для МОС3063 – 5 мА при падении напряжения на светодиоде до 3 В. ИМС КР1564ТЛ3 заменяется на КР1554ТЛ3, а К561ИЕ10 (CD4520AN) – на КР1561ИЕ10 (CD4520BN). Однако следует заметить, что в сериях КР1564 и КР1554 суще-

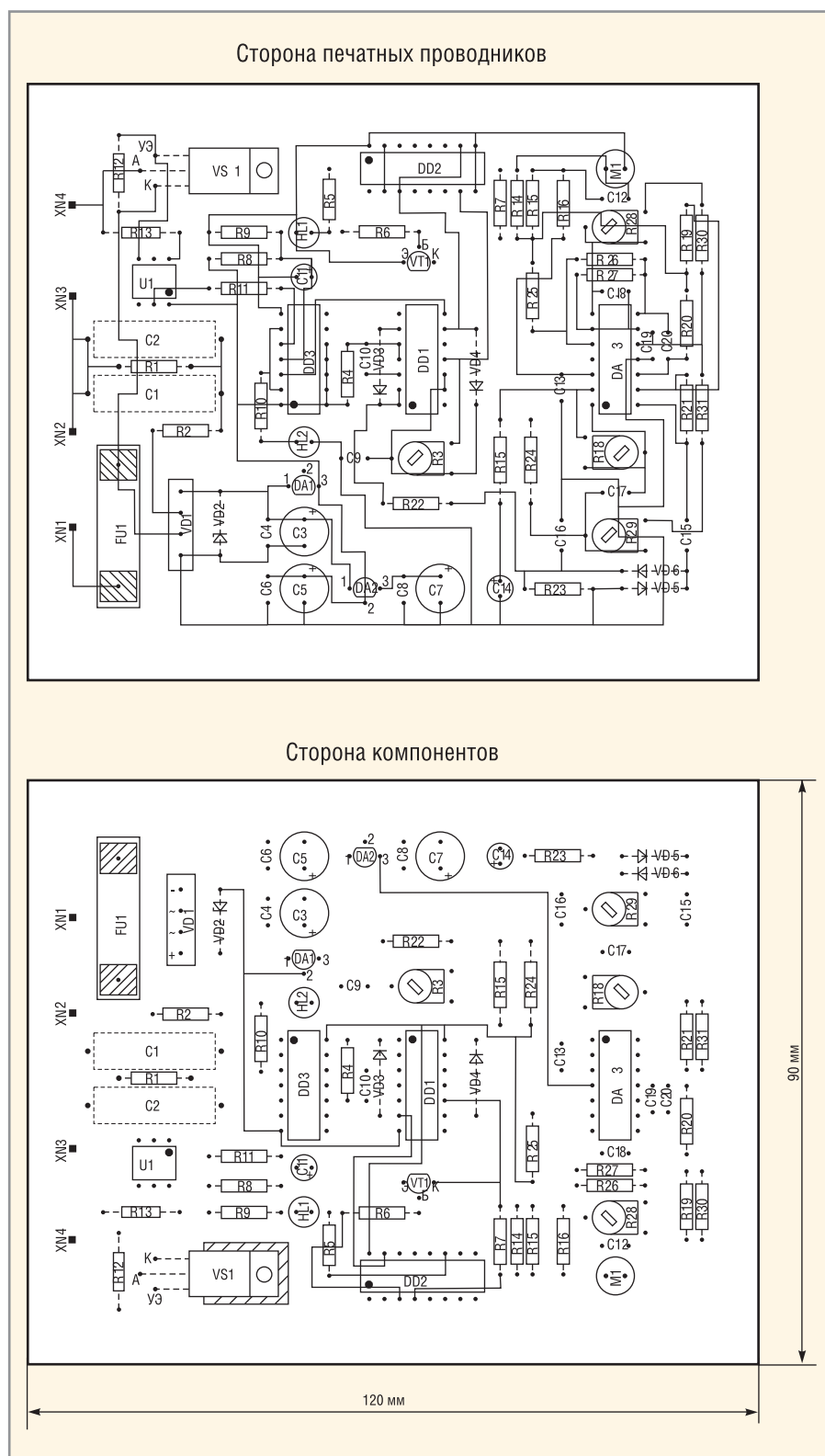


Рис. 2. Печатная плата акустического автомата управления освещением

ствуют полнофункциональные аналоги ИМС К561ИЕ10 – КР1564ИЕ23 (74НС4520N) и КР1554ИЕ23 (74АС4520N), но они не применимы из-за слишком высокого быстродействия. Для обеспечения чёткого срабатывания триггера DD3.1 счётчик DD2.2 должен обеспечивать достаточно большую задержку для формирования на выходе элемента DD1.4 отрицательного импуль-

са необходимой длительности. Поэтому на месте DD2 должен работать обязательно счётчик К561ИЕ10 (CD4520AN) или КР1561ИЕ10 (CD4520BN).

В качестве ОУ полосового фильтра DA3 типа LM324N применим только ОУ с биполярными транзисторами на входах. Применение в схеме полосового фильтра ОУ с полевыми транзисторами на входах приводит к трудноустрои-

мому самовозбуждению на резонансной частоте.

Настройка устройства

Настройка автомата заключается в установке необходимой чувствительности микрофонного усилителя (резистором R18), резонансной частоты (R28), добротности (R29) и длительности интервала опознавания (R3).

При первом включении автомата контролируют наличие питающих напряжений +5 В и +10 В на выходах ИМС интегральных стабилизаторов DA1 и DA2 соответственно. Движки резисторов R18 (усиление), R28 (частота) и R29 (добротность) устанавливают в положение максимального сопротивления. Произнося слова вблизи от микрофона, контролируют мигание светодиода HL1 и устанавливают частоту миганий резистором R3 в пределах 4...8 Гц, что соответствует интервалу опознавания 0,5...1 с. При этом автомат должен срабатывать как на два последовательно произнесённых слова, так и на непрерывный разговор.

Далее, уменьшая сопротивление резистора R28, добиваются прекращения срабатывания на непрерывный разговор и два подряд произнесённых слова. Теперь двухкратными хлопками в ладоши добиваются срабатывания автомата, подстраивая резистор R29. Добротность регулируют, увеличивая сопротивление R29 при более звонких хлопках в ладоши и уменьшая при более глухих. При необходимости подстраивают R3, изменяя длительность интервала опознавания, в зависимости от частоты хлопков. После завершения настройки полосового фильтра, контролируют срабатывание триггера DD3.1 по зажиганию светодиода HL2.

При настройке устройства необходимо помнить о правилах техники безопасности. Конструкция не имеет гальванической развязки от сети переменного тока. Все элементы находятся под напряжением ~220 В. Поэтому при настройке устройства необходимо использовать отвёртку с ручкой из изоляционного материала.

Литература

1. Козлов А. Графический эквалайзер. Радио. 1988. №2.
2. Тишкунов А. Электроакустический датчик разбития стекла. Схемотехника. 2002. №4.





*Производство электроники ответственного применения
для сложных условий эксплуатации*



15 лет в строю!



1100 проектов



72 000 наименований



2 100 000 изделий

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

www.FACTORY.DOLOMANT.RU



(495) 739-07-75



product@dolomant.ru



www.dolomant.ru

Проектирование и моделирование широкополосного усилителя мощности на нитрид-галлиевом транзисторе

Иван Бошнаков, ETL Systems Ltd., Малколм Эдвардс, AWR Group, NI, Ларри Данливи, Изабелла Дельгадо, Modelithics Inc.

Перевод: Павел Тадтаев

В данной статье описывается методика проектирования и моделирования широкополосного усилителя мощности (УМ) с использованием технологий анализа нагрузочной линии, согласования нагрузки (load-pull) и синтеза реальной частоты. В качестве примера рассматривается разработка усилителя класса F на основе нитрид-галлиевого 30-ваттного транзистора с высокой подвижностью электронов (HEMT) модели T2G6003028-FL производства Qorvo.

ВВЕДЕНИЕ

Целью описываемого в статье проекта являлось достижение следующих характеристик: выходная мощность усилителя не менее 25 Вт, полоса частот 1,8...2,2 ГГц и максимально возможный КПД добавленной мощности (PAE). Проектирование усилителя основано на использовании нелинейной модели Modelithics GaN HEMT от Qorvo в среде NI AWR Design Environment™. Также были использованы Microwave Office, библиотеки моделей Modelithics Microwave Global Models и мастер проектирования усилителей AMPSA.

ОБЗОР ПРОЕКТА

На первом этапе проектирования УМ были проведены измерения напря-

жений и токов на внутреннем стоковом источнике тока в Microwave Office. Для требуемого режима работы были определены: близкая к оптимальной нагрузочная линия, импеданс нагрузки на основной частоте и импедансы на гармониках. Затем посредством моделирования методом load-pull были получены области импедансов. Использование мастера проектирования усилителей совместно с Microwave Office позволило мгновенно осуществить синтез цепей согласования для импеданса основной частоты и частот гармоник в широком диапазоне. Синтезированные согласующие цепи были экспортированы в Microwave Office для дальнейшей оптимизации, нелинейного анализа и электромагнитных (ЭМ) симуляций.

ПРОЦЕСС ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Процесс проектирования начинается с создания схемы смещения и стабилизации транзистора. Как только выполнены требования по стабильности и параметрам смещения, можно переходить к начальному анализу нагрузочной линии и подстройке импеданса на гармониках, как показано на рисунке 1.

ПЕРВИЧНЫЙ АНАЛИЗ И ПОДСТРОЙКА

Сначала на вольтамперных характеристиках была проведена линия, приближенная к оптимальной нагрузочной линии по основной частоте (максимальный размах РЧ-напряжения и токов до отсечки). Динамическая линия нагрузки была определена с помощью встроенных в модель измерителей, предназначенных для контроля внутренних стоковых напряжений, и затем наложена на кривые ВАХ, полученные из измерений в динамической линии нагрузки. После этого динамическая линия нагрузки была скорректирована до прямой линии, параллельной нарисованной. Подстройка на выбранной частоте была произведена подбором ампли-

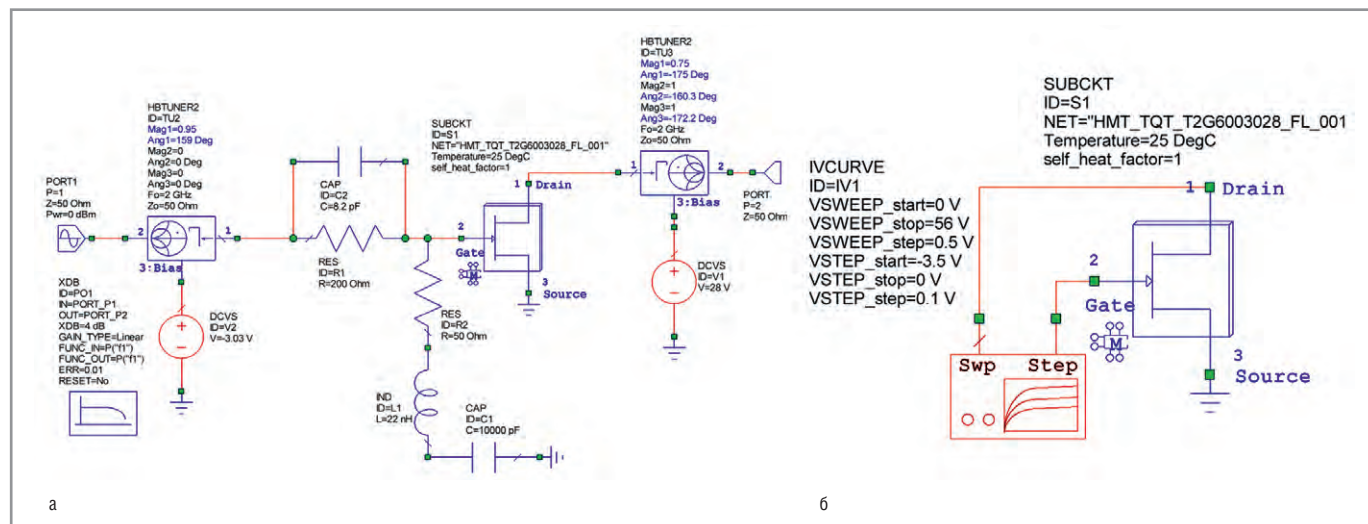


Рис. 1. Начальный анализ нагрузочной линии и подстройка импеданса гармоник: а – схема смещения и стабилизации транзистора; б – схема моделирования BAX

туды и фазы импедансов выходного тюнера. На данном этапе моделирование гармонического баланса (ГБ) было ограничено лишь одной гармоникой – основной частотой. Кроме того, импедансы на гармониках выходного тюнера и все импедансы входного были установлены в 50 Ом. Итоговые результаты подстройки нагрузочной линии представлены на рисунке 2.

После определения импеданса на основной частоте была произведена подстройка стоковых импедансов на второй и третьей гармониках в соответствии с требуемым режимом работы. В данном случае требовался класс F, что означает, что вторая гармоника была настроена на короткое замыкание, а третья – на разомкнутую цепь, как это показано на рисунке 3.

Импеданс основной частоты входного тюнера был настроен на значения коэффициента отражения по входу S11 транзистора и цепи стабилизации/сдвига. Это позволило обеспечить наилучшее согласование и, следовательно, максимальный коэффициент усиления. Импедансы на гармониках входного тюнера были настроены на 50 Ом.

После того как подстройка всех импедансов была закончена, для подтверждения соответствия полученного режима работы УМ необходимым требованиям была проведена итоговая ГБ-симуляция на трёх гармониках. На

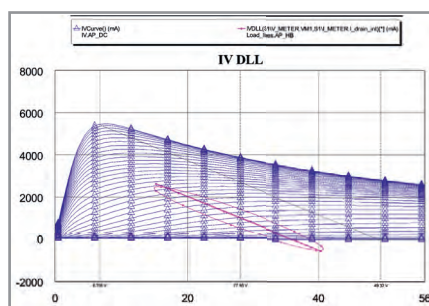


Рис. 2. Итоговый результат подстройки с наложенными кривыми ВАХ (синяя) и динамической линией нагрузки (фиолетовая)

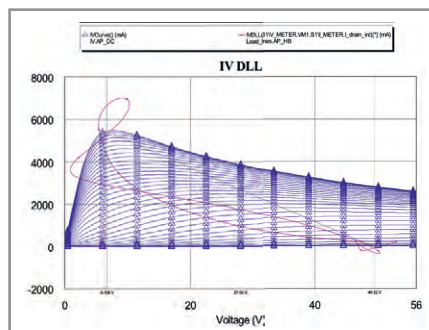


Рис. 4. Итоговая динамическая линия нагрузки после подстройки импеданса гармоник

рисунках 4 и 5 показаны стандартные кривые для усилителя класса F.

ВЫДЕЛЕНИЕ ИМПЕДАНСА МЕТОДОМ LOAD-PULL

На основе полученных значений входных и выходных импедансов было про-

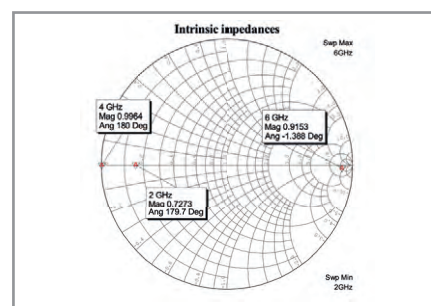


Рис. 3. Диаграмма Смита выходного тюнера с импедансами на основной частоте и на гармониках

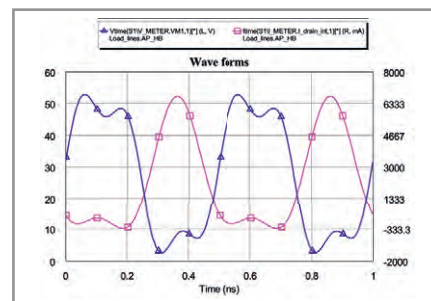


Рис. 5. Внутренние кривые напряжения (синяя) и тока (фиолетовая) после подстройки импеданса на гармониках

ведено load-pull-моделирование с целью определения контуров максимальной мощности (P_{max}) и максимального КПД на стоке (DCRF). Для этого была использована та же схема, что и для начальной подстройки, но с добавленным элементом управления XDB (см. рис. 6). Кроме

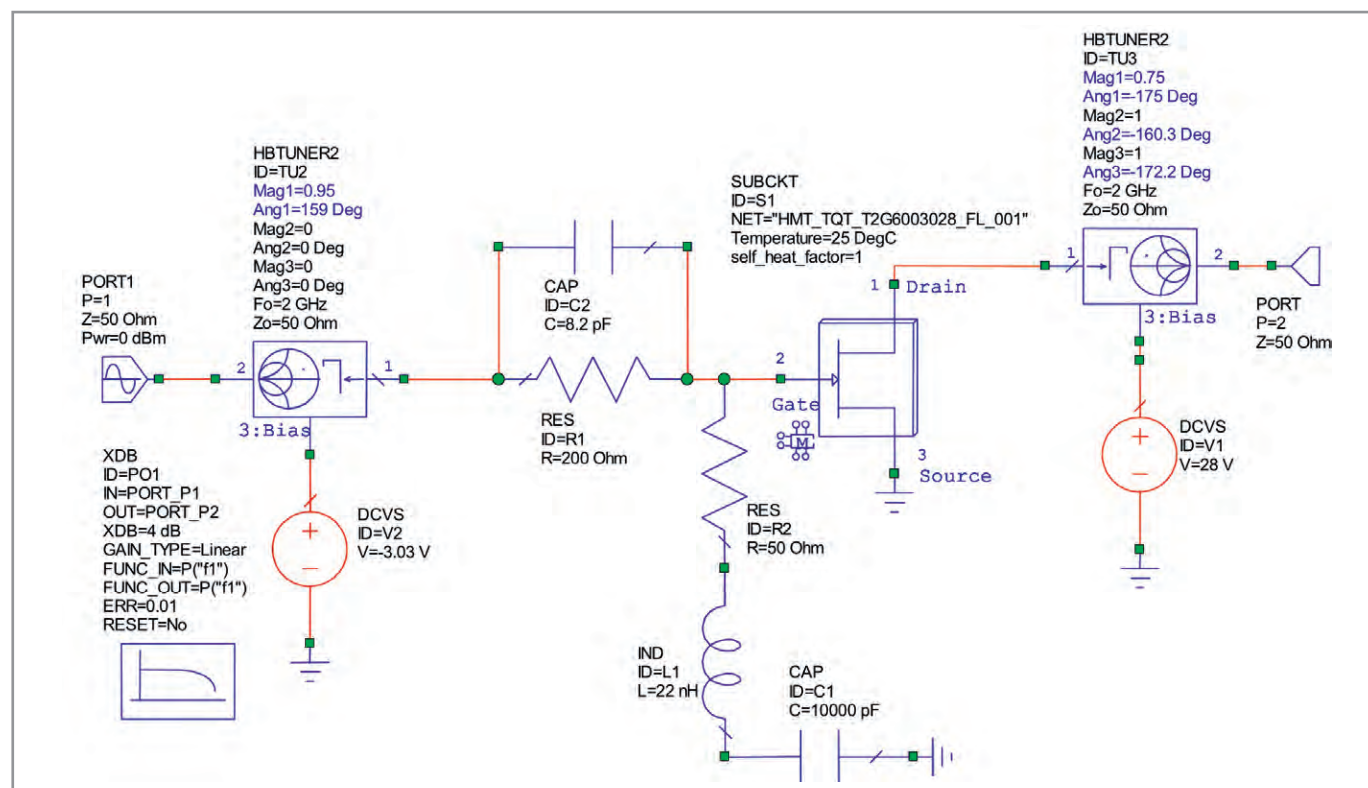


Рис. 6. Схема load-pull-моделирования усилителя

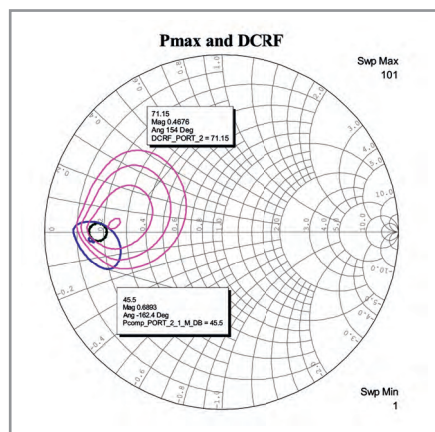


Рис. 7. Load-pull-контуры для основной частоты для максимальной мощности (синий) и КПД на стоке (голубой) на диаграмме Смита

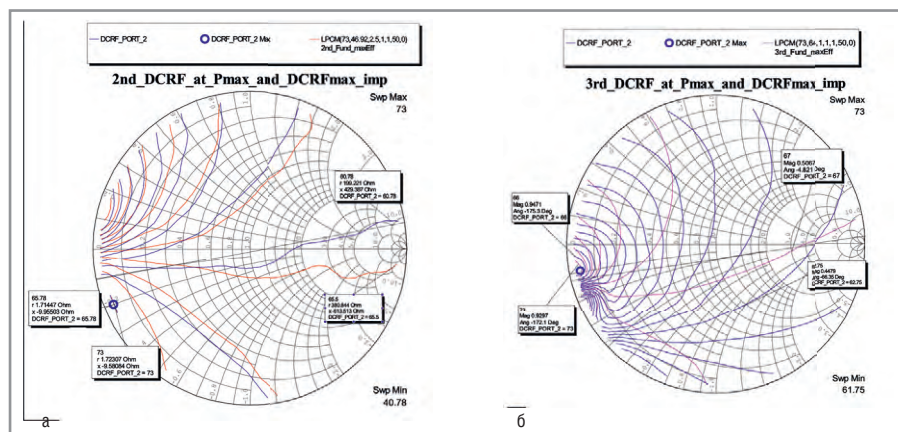


Рис. 8. Load-pull-контуры: а – для второй гармоники на импедансе основной частоты для максимальной мощности и КПД на стоке; б – для третьей гармоники на импедансе основной частоты для максимальной мощности и КПД на стоке

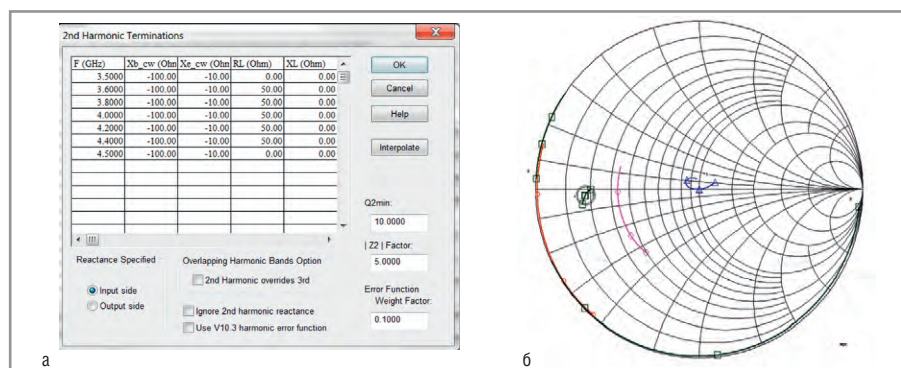


Рис. 9. Области импеданса на основной частоте и гармониках в заданной полосе частот: а – примеры формы определения нагрузки в ADW; б – диаграмма Смита для требуемых импедансов нагрузки (красная, серая, розовая и синяя линии) и для полученных значений (зелёная)

того, в схеме были обновлены значения входных и выходных импедансов. Такое моделирование позволило получить контуры не только с постоянной мощностью и КПД, но и с постоянной компрессией усиления.

На рисунке 7 контуры максимальной мощности и КПД наложены друг на друга для определения оптимальной области, в которой оба параметра обладают приемлемыми значениями. В данном случае была выбрана выходная мощность на 1 дБ ниже максимальной, а КПД – на 5% ниже максимального. Для того чтобы описать приемлемую область импеданса на основной частоте для синтеза широкополосной выходной цепи, была рассчитана окружность, показанная на рисунке 7 (зелёная окружность определяет область взаимно допустимых значений мощности и КПД).

На следующем этапе были проведены load-pull-симуляции на второй и третьей гармониках для двух значений импеданса, обеспечивших максимальные мощность и усиление при моделировании на основной частоте. Резуль-

таты симуляций для обеих гармоник представлены на рисунке 8. Для симуляции на второй гармонике максимальный КПД в обоих случаях был одним и тем же, а контуры, в общем, совпали. Для обозначения области с допустимой производительностью была добавлена соответствующая кривая, и, в данном случае, эта область оказалась расположена несколько ниже неё. В случае симуляции на третьей гармонике оптимальный КПД также совпал в обоих случаях, однако контуры несколько различались. Влияние изменения импеданса на третьей гармонике оказалось малым, что позволило расположить область приемлемой производительности выше нарисованной линии.

Описанный процесс определения импеданса был проведён для нескольких частот заданного диапазона – 1,8, 2 и 2,2 ГГц. Важно отметить, что в данной работе описан ускоренный процесс определения импеданса на основной частоте и на гармониках, подразумевающий наличие доступа к данным о напряжении и токе внутреннего источника модели транзистора. Доступ

к внутренним узлам устройства позволяет на начальном этапе работы над проектом выполнять близкую к оптимальной подстройку основной нагрузочной линии, а также устанавливать значения импедансов на гармониках для определённых режимов/классов работы усилителя. Эта возможность, а также доступность модели, значительно ускоряет процесс проектирования за счёт сокращения итераций подстройки между импедансом основной частоты и импедансом гармоник.

Если же модель транзистора является «чёрным ящиком» или отсутствует доступ к внутренним узлам модели, выделение импеданса методом load-pull потребует намного большего числа итераций. Во-первых, load-pull на основной частоте должен быть произведён при гармониках, настроенных на 50 Ом. Затем необходимо произвести load-pull-подстройку нагрузок на гармониках, после чего повторить процедуру с определёнными на этом этапе значениями импеданса. Для наилучшей производительности следует ещё раз произвести load-pull-анализ и оптимизацию на основной частоте. Для всех гармоник потребуется большее число итераций, что уже на этой стадии может остановить проектировщика. Ещё одной проблемой такого подхода является отсутствие уверенности в достижении оптимального значения нагрузки и отсутствие информации о полученном классе работы устройства.

СИНТЕЗ ЦЕПЕЙ СОГЛАСОВАНИЯ

После определения всех значений импедансов можно использовать мастер проектирования усилителей для синтеза широкополосной согласующей цепи. Требуемые области импедан-

са на основной частоте и гармониках в заданной полосе частот были введены в соответствующих полях мастера, как это показано на рисунке 9. Области импеданса основной гармоники для каждой частоты указаны окружностями на диаграмме Смита. Области импеданса на других гармониках – секторами диаграммы Смита.

На основе входных данных мастер проектирования усилителей сгенерировал начальную гибридную выходную согласующую цепь на микрополосковых и сосредоточенных элементах (см. рис. 10, слева). Затем полученная схема была экспортирована во встроенный инструмент анализа для добавления элементов развязки, оптимизации и моделирования топологии платы. Итоговая цепь согласования показана на рисунке 10 справа. Аналогичный процесс был произведен для входной цепи согласования, после чего обе схемы были экспортированы в Microwave Office для завершения работы над проектом.

ЗАВЕРШЕНИЕ ПРОЕКТА

После экспорта в Microwave Office модели Modelithics были заменены на используемые мастером проектирования усилителей модели для поверхностного монтажа. Для точной под-

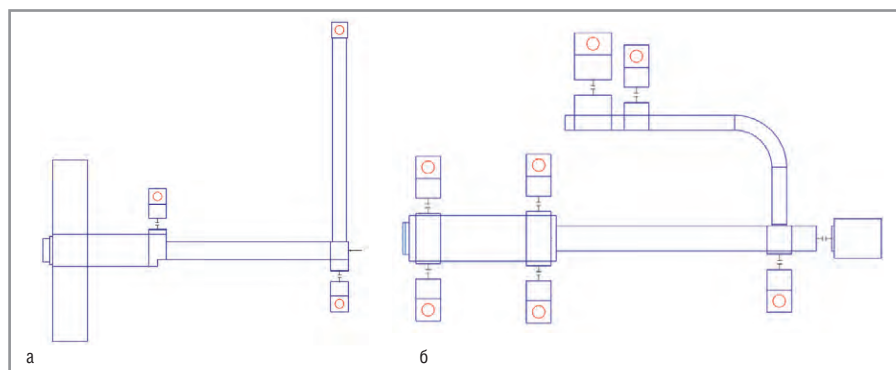


Рис. 10. Генерация в мастере проектирования усилителей: а – начальной гибридной выходной согласующей цепи на микрополосковых и сосредоточенных элементах; б – итоговой выходной цепи согласования после развязки элементов, оптимизации и разводки печатной платы

стройки проекта были проведены итоговые симуляции: линейная, ГБ, ЭМ и на постоянном токе. Описанный процесс проектирования обычно устраняет необходимость в оптимизации.

Итоговая разводка платы и параметры устройства представлены на рисунках 11 и 12 соответственно. На рисунке 13 показаны смоделированные кривые тока и напряжения на внутреннем канале на частотах 1,8, 2 и 2,2 ГГц. Можно видеть, что режим работы полученного устройства в заданном диапазоне частот очень близок к классу F. Можно также утверждать, что описанный метод позволяет добиться непре-

рывного режима работы усилителя класса F [1].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Усилитель мощности класса F, процесс проектирования которого мы описали, был изготовлен и протестирован. Изображение собранного усилителя можно увидеть на рисунке 14. Результаты измерений, представленные на рисунках 15–18, получены без какой-либо дополнительной настройки. Данные графики свидетельствуют о практически идеальном согласовании результатов измерений и моделирования. Небольшую разницу в результатах моделирова-

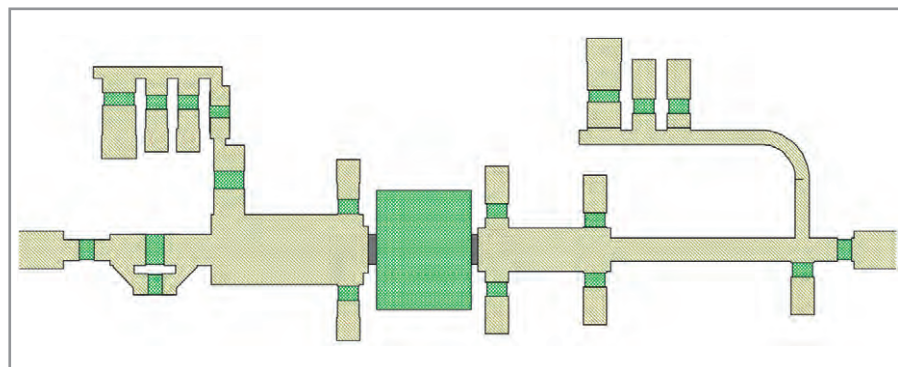


Рис. 11. Итоговая топология усилителя класса F

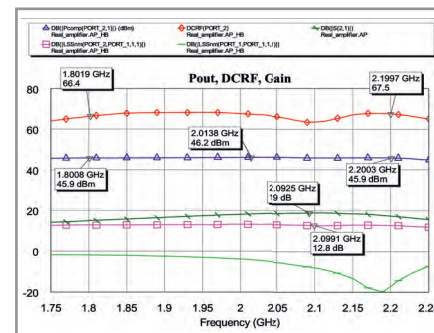


Рис. 12. Итоговые результаты моделирования производительности усилителя класса F

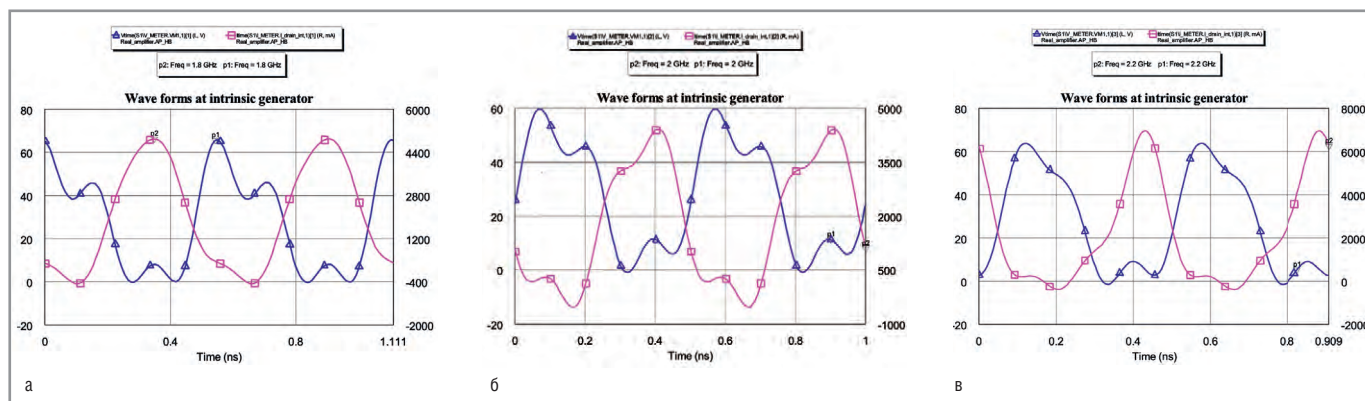


Рис. 13. Кривые тока (фиолетовая) и напряжения (синяя) внутреннего канала на частотах: а – 1,8 ГГц; б – 2 ГГц; в – 2,2 ГГц

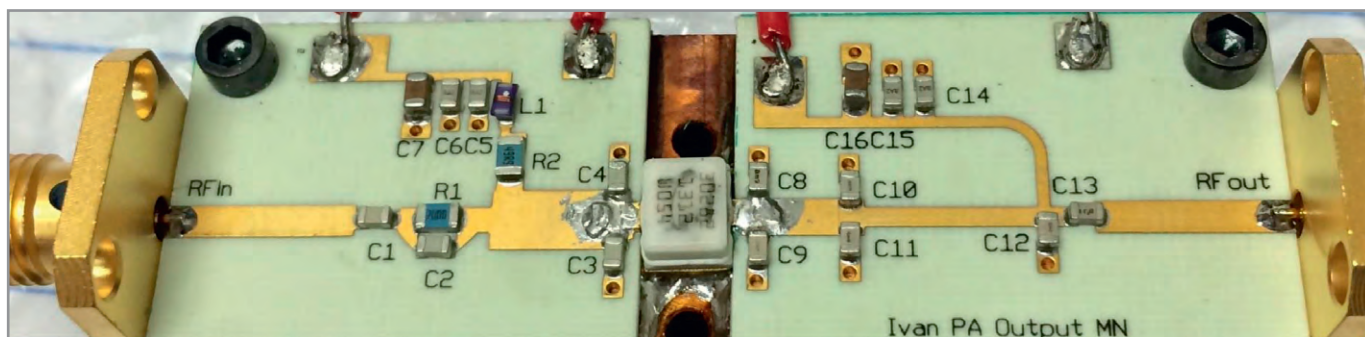


Рис. 14. Изготовленный образец усилителя класса F

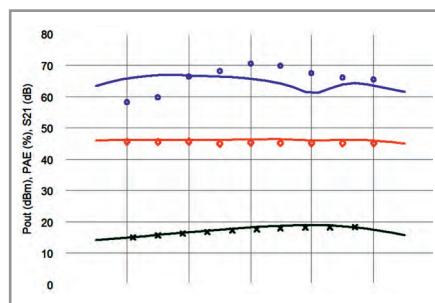


Рис. 15. Результаты моделирования (линии) и измерений (маркеры): выходной мощности (красным цветом), КПД добавленной мощности (синим) и S21 (зелёным)

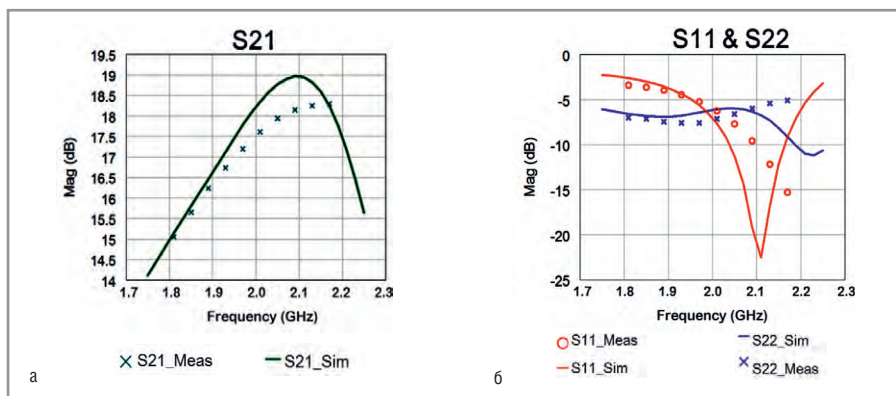


Рис. 16. Сравнение результатов моделирования и измерений малосигнальных S-параметров

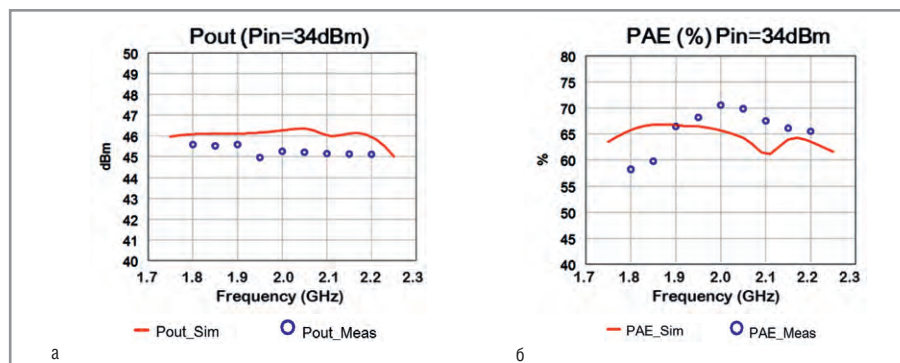


Рис. 17. Сравнение результатов моделирования и измерений: а – выходной мощности; б – КПД добавленной мощности

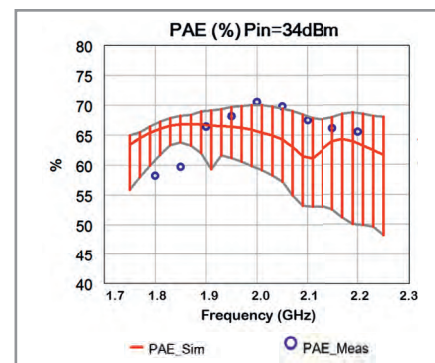


Рис. 18. Результаты предварительного анализа выхода

ния и измерений выходной мощности вполне можно объяснить тем, что в реальности каждый элемент вносит чуть больше потерь, транзистор подвержен нагреву, а модели транзистора и других компонентов не могут быть идеальными.

Тем не менее, различие в КПД добавленной мощности оказалось более значительным. Для устранения этого расхождения был проведён предварительный анализ выхода по значению ёмкости конденсаторов выходной цепи согласования (см. рис. 18). Номиналам всех конденсаторов был назначен 5-процентный допуск. Результат анализа позволил сделать вывод о том, что первичная подстройка помогла уменьшить и даже устранить получен-

ное расхождение в КПД добавленной мощности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье был представлен усовершенствованный метод практического проектирования широкополосного радиочастотного усилителя мощности с высоким КПД. Использование программного обеспечения Microwave Office и моделей транзисторов Modelithics, предоставляющих доступ к внутренним источникам модели, обеспечило новый подход к проектированию УМ, который заключается в предварительном load-pull-моделировании подстройки импеданса внутреннего источника тока на основной частоте и на частотах гармоник. Это позволило упростить и ускорить про-

цесс определения импеданса для получения требуемых характеристик.

Эффективность процесса разработки была значительно повышена благодаря применению мастера проектирования усилителей ADW, доступного в Microwave Office, который обеспечил многоуровневую автоматизацию для сокращения времени создания и редактирования схем и разводки печатной платы.

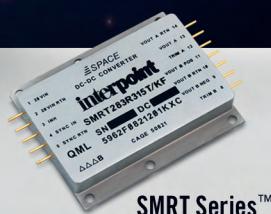
ЛИТЕРАТУРА

1. Carrubba Vincenzo, Clarke Alan. L., Akmal Mubammad, Lees Jonatban, Benedikt Jobannes, Tasker Paul J., Cripps Steve C. On the Extension of the Continuous Class-F Mode Power Amplifier. IEEE Trans. Microw. Theory Tech. May 2011. Vol. 59. No. 5. Pp. 1294–1303.



Надёжные источники – успех миссии в космосе

БЕЗЛИЦЕНЗИОННАЯ ПОСТАВКА*



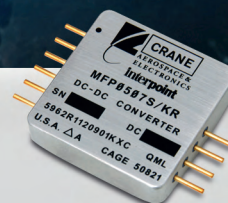
SMRT Series™



SLH Series™



SMTR Series™



MFP Series™

Продукция Interpoint® уровня качества Space

- Высоконадёжные DC/DC-преобразователи и помехоподавляющие фильтры
- Восемь серий DC/DC-преобразователей с диапазоном мощностей от 1,5 до 100 Вт
- Диапазоны входных напряжений: 16–40 В (SMTR-серия, SLH-серия), 19–56 В (SMRT-серия) и 3–6 В (MFP-серия)
- Одно-, двух- и трёхканальные модели с различными комбинациями напряжений: 3,3; 5; 5,2; 12; 15 В
- Обширный набор сервисных функций и защит
- Высокая удельная мощность
- Уровень дозовой стойкости 30, 50 и 100 крад
- Стойкость к воздействию заряженных частиц с ЛПЭ до 86 МэВ·см²/мг
- Технические и эксплуатационные параметры соответствуют Standard Microcircuit Drawings (SMD), утверждённым Агентством материально-технического снабжения МО США (Defense Logistics Agency – DLA)



Interpoint®

* Модели DC/DC-преобразователей с суммарной накопленной дозой 30 и 50 крад поставляются без оформления лицензии на поставку

ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ CRANE AEROSPACE & ELECTRONICS В РОССИИ

ProSoft®

МОСКВА
С.-ПЕТЕРБУРГ
ЕКАТЕРИНБУРГ

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: (343) 376-2820 • Факс: (343) 310-0106 • info@prosoftsystems.ru • www.prosoftsystems.ru



Реклама

Интеграция устройств на основе нескольких технологий в многокристальные модули на многослойных подложках

Киф Боханнан, Keysight Technologies, Inc.

В статье приведён обзор полностью интегрированного процесса проектирования, демонстрирующий эффективность решения для разработки и оптимизации нескольких многокристальных ВЧ-модулей.

Устойчивые тенденции в создании коммуникационных систем текущего и следующего поколения порождают большой спрос на многорежимные, многодиапазонные и многофункциональные модули. Инженеры сталкиваются с необходимостью решения проблем перекрытия спектров, а также проблем ограниченности пространства на печатных платах абонентских устройств. Старые методы проектирования многокристальных модулей объединяют множество технологических процессов для различных материалов (например, соединения элементов III–V группы, кремний, керамика, органические вещества) и функций (например, усилители, акустические устройства, встраиваемые пассивные элементы, SMD-компоненты и др.). И хотя такой подход позволяет получить работоспособную конструкцию, важную роль

в улучшении характеристик, повышении эффективности проектирования и, в конечном итоге, в ускорении продвижения на рынок играет интегрированное решение для проектирования. Кроме того, интегрированная методика проектирования даёт более предсказуемые результаты, снижая риски, связанные с часто применяемыми раздробленными, независимыми технологиями проектирования.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ВЧ-МОДУЛЕЙ

Чтобы лучше понять, как правильно использовать интегрированную систему автоматизированного проектирования (САПР) электронных устройств, давайте рассмотрим процесс проектирования высокоэффективных ВЧ-модулей. Наметив конечный результат, мы рассмотрим

пример уже выпускаемых многокристальных модулей. Эти модули были разработаны с применением интегрированного процесса проектирования, который будет представлен далее. Результаты для модуля усилителя мощности (УМ) Skyworks [1] и интерфейсного модуля TDK-Epcos [2] приведены на рисунках 1 и 2 соответственно. В обоих случаях для этих сложных структур наблюдается хорошее согласование результатов моделирования и измерения.

Основные проблемы проектирования этих модулей:

- интеграция различных технологий, таких как КМОП (контроллер), ИС на основе соединений элементов III–V группы (усилитель), многослойная подложка для модуля УМ, а также акустический фильтр и коммутатор для модуля;
- потенциально разные процессы проектирования для указанных технологий;
- наличие встраиваемых пассивных компонентов и соединений в совокупности с пассивными SMD-компонентами, которые тоже нужно включить в полностью собранный модуль.

Дополнительно ситуация осложняется тем, что каждый компонент нужно моделировать совместно с другими элементами конструкции. Все эти проблемы вызывают потребность в учёте множества факторов. Как реализовать такую функциональность в ограниченном объёме и на малой площади? Как удовлетворить высокие требования, предъявляемые к эффективности при таких физических ограничениях? Как точно предсказать влияние одной части модуля на другую? Какие ключевые параметры, габариты и т.п. можно изменять для оптимизации характеристик на уровне отдельных узлов и модуля в целом? И хватит ли времени у разработчика на все эти сложные операции?

Учитывая перечисленные проблемы и компромиссы проектирования,

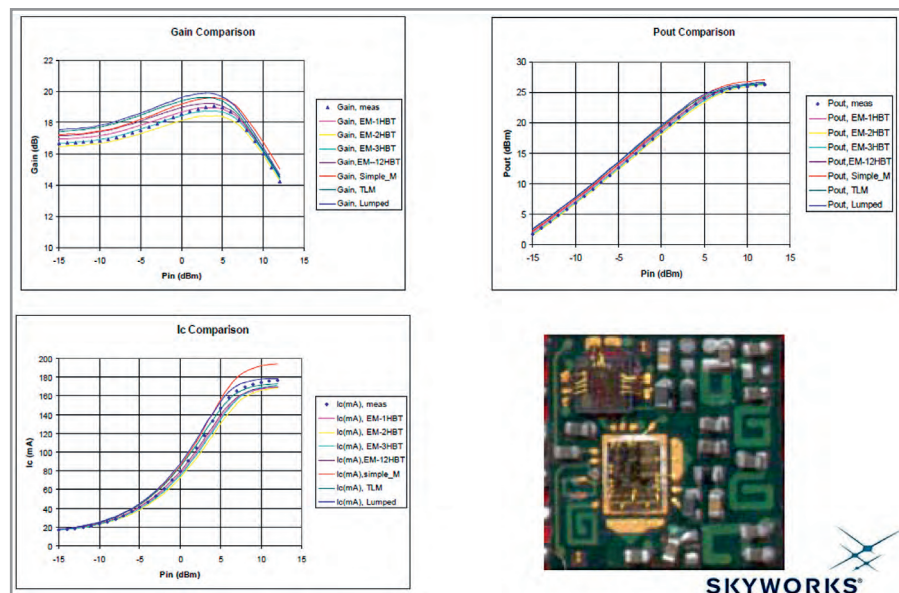


Рис. 1. Сравнение измерений в режиме свипирования входной мощности с результатами моделирования в САПР ADS (с использованием разных уровней детализации ЭМ-моделирования) для модуля УМ Skyworks

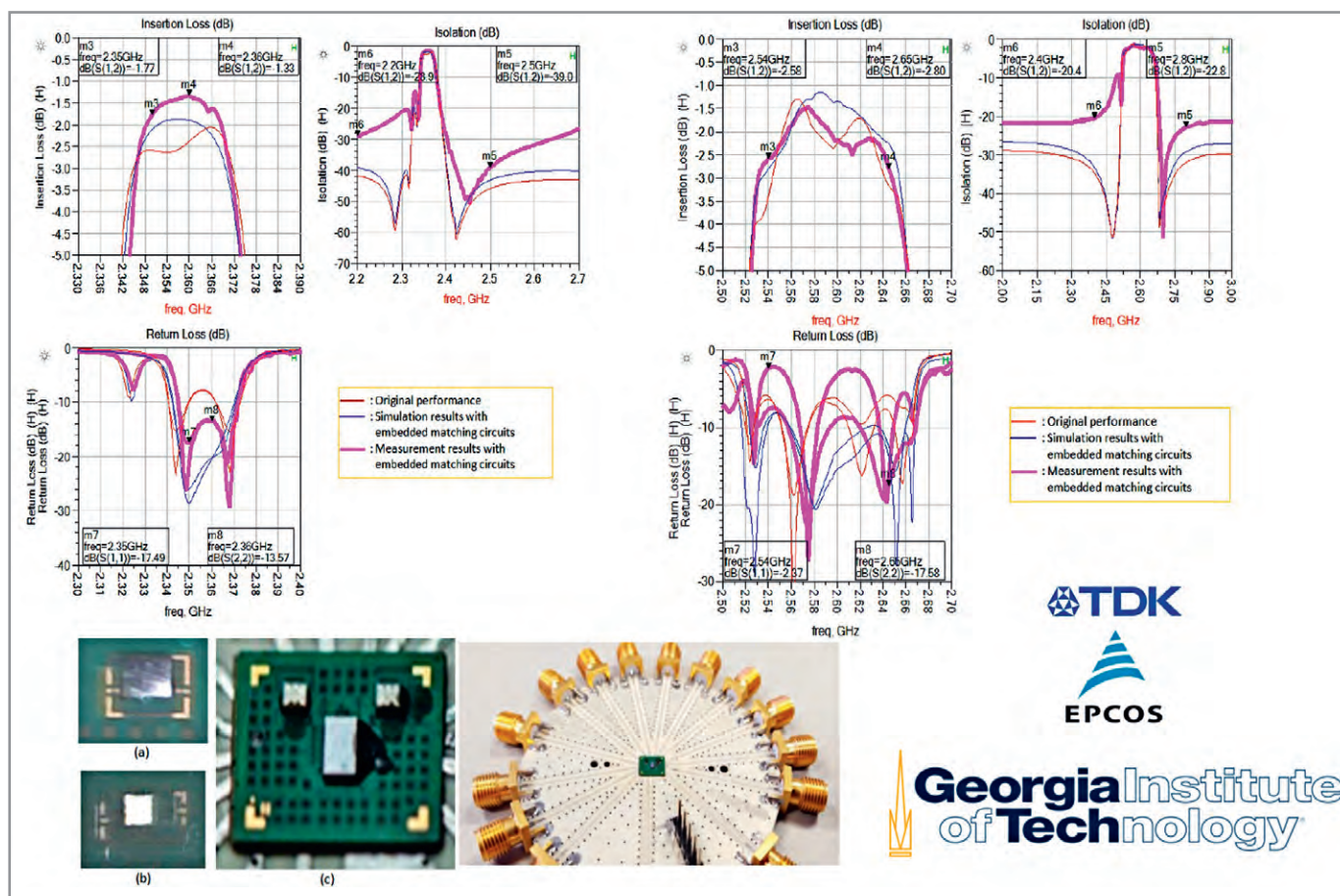


Рис. 2. Сравнение результатов измерения и результатов совместного моделирования в САПР ADS для низкочастотных и высокочастотных акустических фильтров интегрального ВЧ-модуля TDK-Epcos

у инженеров-разработчиков есть два возможных пути. Первый заключается в применении полностью интегрированного решения для проектирования, которое изначально поддерживает все технологии, хотя такой подход не всегда применим, если используются специальные инструменты для конкретного приложения. Другой путь заключается в том, чтобы создать более интегрированную методологию, использующую инструменты импорта, непосредственную интеграцию платформ и собственные возможности для максимально эффективного применения имеющегося инструментария. Для проектирования представленных здесь модулей на основе нескольких технологий использовались интегрированные платформы Keysight EEsof EDA Advanced Design System (ADS) [3] и EMPro [4]. Обе платформы предлагают возможность импорта и оптимизации модулей этого класса.

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ПРОЦЕСС ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ

Для интеграции различных технологических разработкам монокристалльных

модулей нужно выбрать подходящую платформу, даже если для некоторых компонентов применяются в корне отличающиеся процессы проектирования. Что в данном случае понимается под словом «подходящая»? Решение, которое можно рассматривать в качестве «подходящего», должно поддерживать:

- полную конструкцию модуля, независимо от функционала и метода проектирования (т.е. содержимое отдельных узлов может проектироваться в собственных средствах разработки или в средствах разработки сторонних фирм);
- учёт физических эффектов (наводок, потерь, излучений, влияния подложки) для всех физических аспектов конструкции, включая конфигурацию компонентов, встроенные пассивные элементы, соединительные проводники, столбиковые контакты и т.п.;
- стандартные и специальные аналитические модели активных устройств, SMD-компонентов и т.п.;
- средства проектирования с учётом требований производства, такие как инструменты для оптимизации

ции выхода годной продукции, учёта вариаций технологических процессов и др.;

- сравнение результатов моделирования модуля с результатами измерений опытных или серийных образцов по ограниченной опытной партии.

Подобное этому подходящее решение не только позволяет проектировать монокристалльные ВЧ-модули, но и обеспечивает простое включение контента из других специальных средств проектирования. Для множества рассмотренных монокристалльных модулей в роли такой объединяющей платформы выступала система ADS.

Какое бы решение ни использовалось для этой цели, оно должно иметь функции проектирования схемы, топологии, средства проверки соблюдения проектных норм и контроля топологии для проектирования ВЧ-компонентов и модуля в целом. В случае САПР ADS это позволяет проектировать монокристалльные модули и оценивать их характеристики с помощью инструментов для проверки соединений (на плоскости и в объёме), 3D FEM-симуляторов и универсальных средств

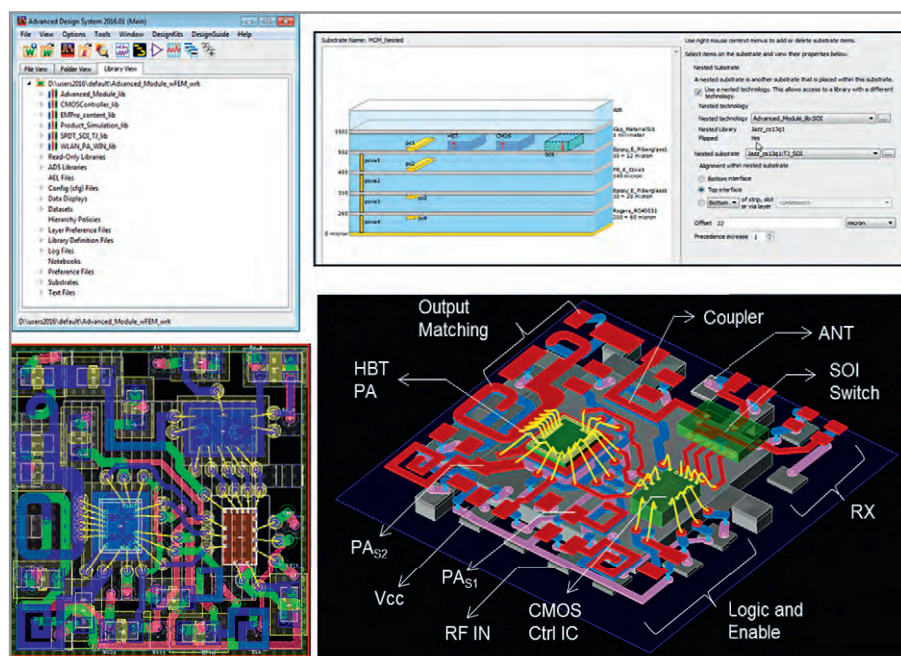


Рис. 3. Проект мультитехнологичного РЧ-модуля в САПР Advanced Design System: главное окно проекта с библиотеками, редактор подложки и топология модуля в 2D и 3D

электромагнитного и схемотехнического моделирования линейных и нелинейных цепей.

Далее приведена сводка возможностей проектирования различных УМ и интерфейсных модулей.

- Интегральные компоненты и акустические фильтры могут проектироваться в САПР ADS или с помощью сторонних инструментов. Если они проектируются специальными средствами, то аналитические модели или 2D-конструкции могут непосредственно импортироваться в САПР ADS, тогда как 3D-конструкции можно легко импортировать в САПР EMPro, обладающую полным набором 3D-функций.
- Любые компоненты, импортированные в САПР EMPro, можно сохранить в виде библиотеки с открытым доступом (Open Access, OA).
- Любую OA-библиотеку из САПР EMPro можно добавить в среду САПР ADS и включить в конструкцию многокристального модуля в виде flip-chip или посредством проволочных перемычек. Собственные функции САПР ADS обычно включают проектирование многокристальных модулей на многослойных подложках (встраиваемых пассивных компонентов, соединительных линий и SMD-компонентов), а также проволочных соединительных проводников или медных столбиковых выводов, которые используются для подключения к кристаллу уси-

лителя, спроектированного с помощью полного сквозного процесса в САПР ADS.

- Затем в САПР ADS применяются функции полного ЭМ-моделирования, моделирования цепей, совместного ЭМ/схемотехнического моделирования и оптимизации, которые позволяют оптимизировать характеристики и процент выхода годной продукции.

Этот интегрированный процесс проектирования можно продемонстрировать с помощью нескольких общедоступных примеров. Однако в данном случае мы будем использовать пример многокристального модуля УМ.

На рисунках 3 и 4 показаны наиболее важные компоненты интегрированной рабочей среды для данного многокристального модуля УМ.

На рисунке 3 показаны (по часовой стрелке, начиная с левого верхнего угла): главное окно управления рабочей средой ADS (прямой доступ к множеству библиотек, включая PDK, библиотеки EMPro и собственные библиотеки), редактор физических структур с Nested Technology, трёхмерное представление топологии (с подписями) и двумерное представление многокристального модуля УМ, созданного с помощью интегрированного процесса проектирования в САПР ADS.

На рисунке 4 показаны (по часовой стрелке, начиная с левого верхнего угла): главное окно управления рабо-

чей средой, схема совместного ЭМ/схемотехнического моделирования верхнего уровня и некоторые результаты моделирования для многокристального модуля УМ, созданного с помощью интегрированного процесса проектирования в САПР ADS.

В процессе проектирования можно использовать множество различных библиотек, что обеспечивает беспрепятственный доступ к содержимому собственных библиотек проектирования, библиотекам для технологических процессов (PDK) изготовителей полупроводниковых приборов, библиотеке проектирования EMPro и библиотекам изготовителей SMD-компонентов. Редактор физических структур позволяет легко объединять несколько технологий с помощью опций Nested Technology (вложенной подложки). Система позволяет выводить двумерное и трёхмерное представление конструкции, а также позволяет использовать разные средства ввода-вывода и проверки. Затем на верхнем уровне совместного ЭМ/схемотехнического моделирования подключалась ЭМ-модель всей физической структуры многокристального модуля, созданная с помощью ADS FEM.

В данном конкретном случае выполнялось линейное моделирование на основе S-параметров и нелинейный анализ гармонического баланса. Некоторые результаты анализа показаны на рисунках 3 и 4.

Затем можно выполнить более глубокий анализ и оптимизацию конструкции так, как это было сделано для модуля маломощного усилителя (МШУ). Для данного МШУ выполнялось статистическое моделирование, позволяющее оптимизировать конструкцию для повышения процента выхода годной продукции (соединение кристалла проволочными перемычками в корпусе QFN). Сравнение результатов моделирования с результатами измерения для этого компонента, а также фотография модуля и его 3D-представление в САПР ADS, показаны на рисунке 5. Данное сравнение, демонстрирующее высокие характеристики, точно предсказанные решением САПР, красноречиво подтверждает достоинства этого метода проектирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты измерения подтвердили точность прогнозов по результа-

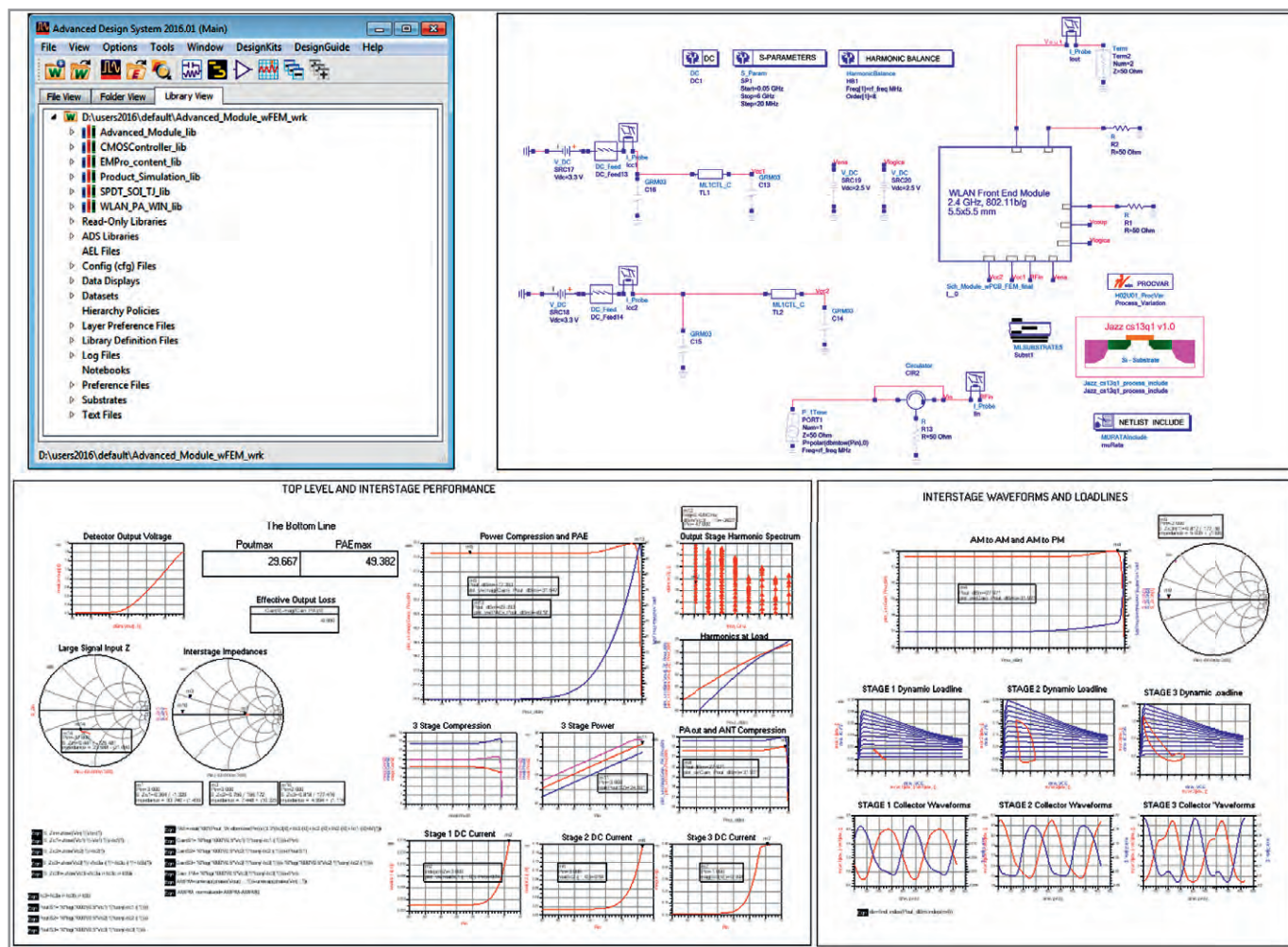


Рис. 4. Проект мультитехнологичного РЧ-модуля в САПР Advanced Design System: главное окно проекта с библиотеками, схематехнический редактор, окно постобработки данных с расчётами

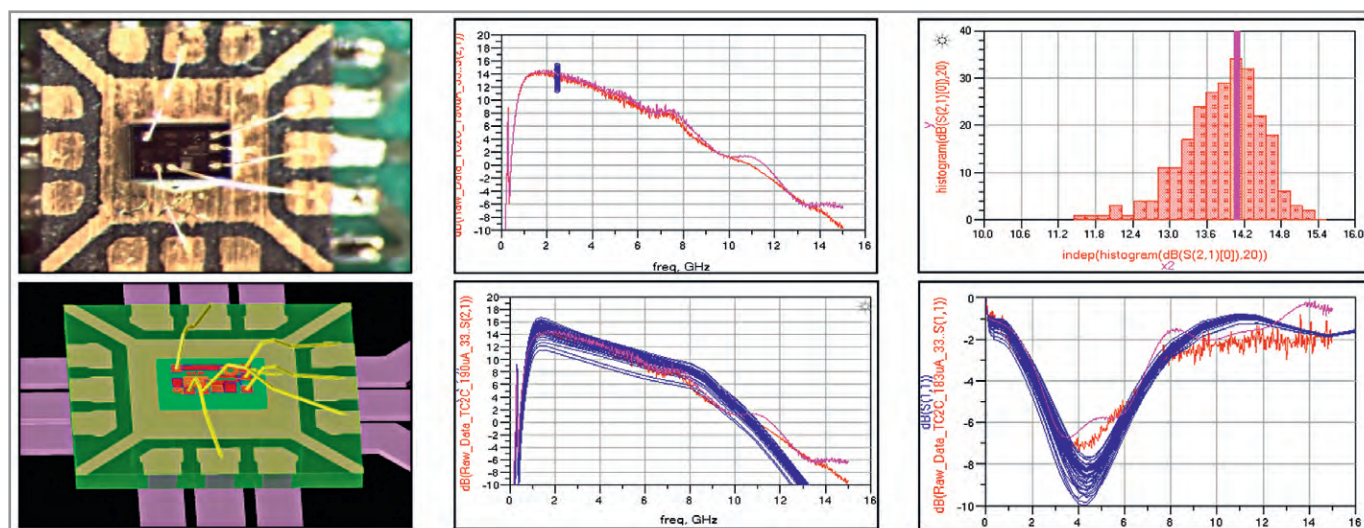


Рис. 5. Сравнение результатов моделирования с результатами измерения МШУ

там моделирования и также использовались для проверки процесса проектирования. Успех данного примера демонстрирует явные преимущества решения проблем проектирования многокристалльных модулей с помощью интегрированного процесса проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зампарди П., Шао Х. Сквозное проектирование и моделирование модулей УМ для сотовых телефонов. Презентации инновационных решений Agilent Technologies в серии веб-семинаров по САПР. 2012. Март.
2. Мин Дж., Ву З., Пулугурта М.Р., Смет В., Сундарам В., Равиндран А., Хоффман К.,

Туммала Р. Разработка и демонстрация модели ВЧ-модуля на сверхтонкой стеклянной подложке для приложений LTE. Материалы 66-й конференции по электронным компонентам и технологиям (ECTC). 2016. С. 1297–1302.

3. www.keysight.com/find/eesof-ads.
4. www.keysight.com/find/eesof-empro.

Тысяча и одна «мелочь» редактора электрических принципиальных схем в САПР Delta Design

Часть 1

Сергей Пилкин, Георгий Шаманов (Москва)

Статья является частью цикла, описывающего первую отечественную САПР электроники. САПР Delta Design обеспечивает полный цикл проектирования радиоэлектронных устройств. В этой статье цикла мы подробнее рассмотрим, почему редактор схем состоит из «мелочей», как они помогают разработчику и ускоряют его работу.

ВВЕДЕНИЕ

Электрическая принципиальная схема является одновременно основной для создания платы и составляющей конструкторской документации на изделие. Поэтому процесс её создания для сложных изделий не только длительный, но и достаточно кропотливый.

Весь процесс создания схемы состоит из множества небольших операций: расположить секцию компонента на схеме, подключить цепь, подвинуть надпись и т.д.

Каждая из операций может требовать от разработчика различного объёма усилий и внимания. Например, расположение компонента на схеме поверх электрического проводника

может сразу предлагать вставить компонент в разрыв электрической цепи. Если система этого не сделает, то объём работы существенно возрастает: требуется расположить компонент, подвести к его выводам проводники цепи, а затем ещё и удалить ставшие ненужными отрезки проводников.

Выполняя многие операции, разработчик должен не опасаться повредить электрические соединения, описанные ранее, или внешний вид схемы. При повороте или перемещении подключённого ранее компонента, его проводники на схеме также перемещаются и могут совпасть с уже проложенными другими проводниками. Система должна не только сохранить состояние всех электрических соединений на схеме, но

и визуально разделить наложившиеся друг на друга проводники, чтобы они были видны разработчику.

Как следует из приведённых примеров, усилия, затрачиваемые на создание схемы, зависят от «мелких» особенностей работы программы. Эти «мелочи» на самом деле являются принципиально важными деталями работы системы. Все вместе они обеспечивают удобство работы инженера-схемотехника и помогают сосредоточиться на важном – собственно проектировании.

Конечно, важные детали не могут заменить собой возможности самого редактора. Поэтому рассмотрим редактор схем системы Delta Design с двух точек зрения:

- функционал, необходимый для создания схем;
- важные «мелочи» в работе системы.

ОПИСАНИЕ ФУНКЦИОНАЛА

Разработка электрических принципиальных схем имеет многолетнюю историю, и за последнее десятилетие в её ведение не внесено никаких принципиальных изменений и дополнений. Поэтому функционал системы, который необходим для создания схемы, во многом совпадает с уже существующими системами на рынке.

Delta Design обеспечивает ведение многолистовых и иерархических схем любого уровня сложности. Иерархия обеспечивается возможностью ведения блоков (устройств или функциональных групп по ГОСТ). При этом блоки в системе могут включать другие блоки, что обеспечивает возможность создания достаточно сложной иерархии.

Поскольку основной идеей Delta Design является сокращение времени работы над проектом, то схема в системе одновременно является и выходным документом (составной частью конструкторской документации на изделие), и, собственно, самой схемой (источником информации/нетлиста для последующего проектиро-

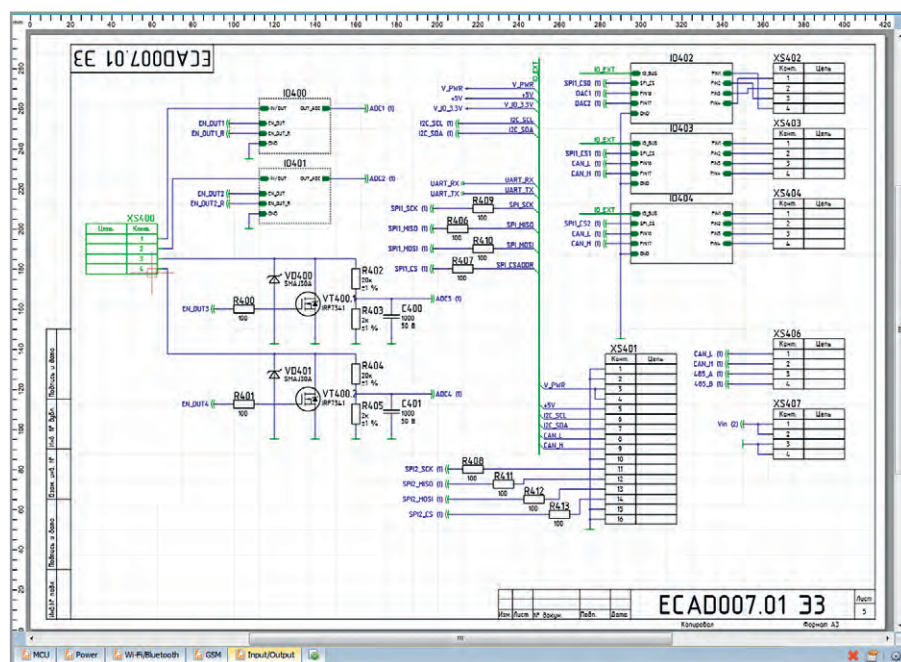


Рис. 1. Пример схемы электрической принципиальной в Delta Design

вания печатной платы). Каждый из листов схемы создаётся сразу со штампом. В состав поставки системы входит набор готовых штампов, созданных согласно ГОСТ. Таким образом, схемотехник, располагая компоненты и проводники на схеме, сразу понимает, каким образом будет выглядеть схема в «бумажном» виде (см. рис. 1).

Для отражения на схеме цепей питания, земли или межлистовых переходов система позволяет использовать порты. В случае необходимости, набор портов может быть изменён и дополнен любыми произвольными пользовательскими портами. Примеры портов из стандартной поставки можно увидеть на рисунке 2.

Система поддерживает на схеме ведение шин. При подсоединении цепи к шине автоматически создаётся «вход в шину» – специальный графический элемент, что существенно сокращает время разработки схемы. Также Delta Design предлагает несколько вариантов описания цепей, входящих в шину: от формирования вручную через подключение непосредственно на схеме до автоматического формирования по шаблону с дальнейшим использованием определённого набора.

В качестве источников компонентов для схемы может быть использована как библиотека Delta Design, так и библиотека P-Cad. Т.е. в систему может быть подключён файл с диска, содержащий библиотеку P-Cad. При этом для конструктора размещение компонентов на схему ничем не отличается от работы с библиотекой Delta Design.

Созданная схема может быть напечатана на принтере или сохранена в виде файла формата pdf. В дальнейшем схема может быть использована для построения платы в Delta Design,

а список цепей со схемы может быть также выгружен в форматах Tango, KeyIn или P-Cad и использован для разработки плат в других системах.

Система обеспечивает формирование отчётов по схеме, например, «Перечень элементов». Поскольку на схеме в Delta Design размещаются непосредственно радиодетали, то отчёты в системе корректные и содержат все атрибуты. Поскольку атрибуты радиодеталей типизированные (например, система поддерживает тип данных ТКС), то и их

представление в отчёте тоже будет корректным.

Достаточно часто возникает необходимость дополнить отчёты деталями, входящими в состав платы, но не упоминаемыми на схеме. В рамках подготовки отчёта конструктор может добавить такие детали или исключить какие-то из размещённых на схеме. Также специалист может ввести комментарии для деталей в отчёте. В дальнейшем при перестройке отчёта (например, в связи с изменением схемы) все

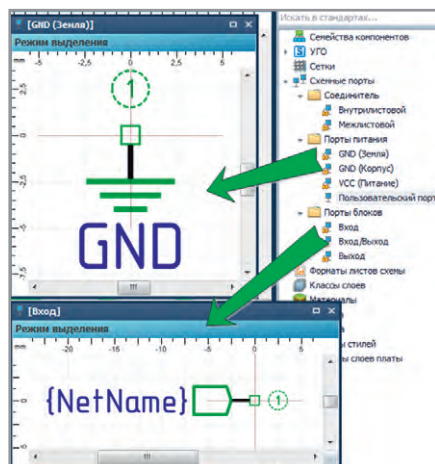


Рис. 2. Порты в Delta Design



Иновационный подход к проектированию электроники

САПР электроники

СДЕЛАНО
В РОССИИ



DeltaDesign — система сквозного проектирования электронных устройств на базе печатных плат

- Менеджер библиотек LIBerty
- Схемотехнический редактор FlexyS
- Схемотехническое моделирование SimOne
- HDL-симулятор Simtera
- Ведение правил DRM
- Редактор печатных плат RightPCB
- Топологический трассировщик TopoR
- Коллективная работа "Workgroups"
- Для предприятий "Enterprise server"

WWW.DD.RU



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПОСТАВЩИК ПРОДУКЦИИ EREMEX

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





Перечень элементов (плоский) *			Лист 1 из 6		
№	Обозначение	Количество	Наименование	Количество	Примечание
C107	C_0603 X7R 10 нФ 50 В	2	Конденсаторы		
C108	C_0603 X7R 10 нФ 50 В	1			
C109	C_0603 X7R 1 мкФ 10 В	1			
C113	C_0603 X7R 100 нФ 25 В	1			
C114	C_0603 X7R 10 нФ 50 В	2			
C115, C116	C_0603 NPO 330 нФ 50 В	2			
C117	C_0603 X7R 4,7 нФ 50 В	1			
C118	C_0603 X7R 100 нФ 25 В	1			
C119	C_0603 NPO 560 нФ 50 В	1			
C120	C_0603 NPO 22 нФ 50 В	2			
C200	C_0603 NPO 22 нФ 50 В	1			
C201	C_0805 X7R 1 мкФ 50 В	1			

ЕСАD007.01		Лист	Масса	Масштаб
ddBox-C1		1		6
Схема электрическая принципиальная				
Eremex				
Копировал		Формат А4		

Рис. 3. Отчёт «Перечень элементов (плоский)» в различных представлениях

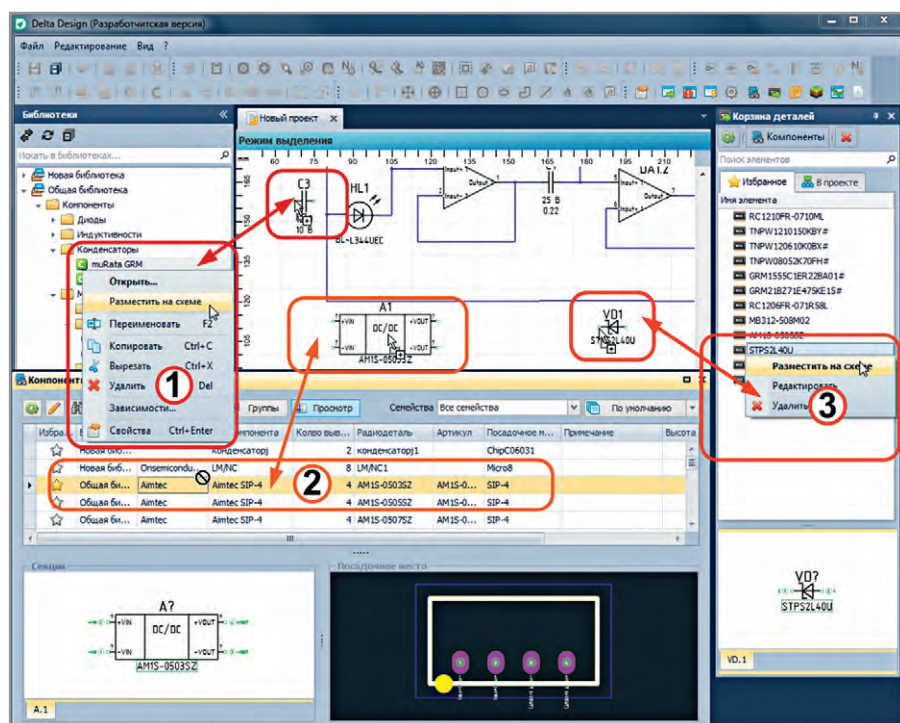


Рис. 4. Способы размещения компонентов на схеме в системе Delta Design

введённые в него ранее данные сохраняются.

Каждый из отчётов формируется как в виде таблицы, так и в виде документа со штампом. Штампы для формирования отчётов, созданные по ГОСТ, входят в комплект поставки и при необходимости могут быть отредактированы пользователем. Отчёты могут быть напечатаны на принтере или сохранены на диск. Пример отчёта приведён на рисунке 3.

Описанный функционал системы позволяет разработать схему любой сложности и на её основании выпустить конструкторскую документацию.

Однако такой же (или похожий) функционал имеют и другие продукты на рынке, и не стоило бы выпускать ещё один продукт как «повторение пройденного». Как уже говорилось, основной идеей системы является сокращение времени работы над проектом: в случае схемотехнического редактора это достигается путём концентрации на мелочах.

ТАКИЕ ВАЖНЫЕ «МЕЛОЧИ»

Рассмотрим расположение компонентов на схеме поподробнее. За одной строкой в описании функцио-

нала скрывается целый мир. Поскольку каждый схемотехник имеет свой устоявшийся стиль работы и подход к формированию схемы, то невозможно создать один устраивающий всех подход к размещению.

Например, некоторые специалисты предпочитают набрать «мешок» компонентов и затем размещать их на схеме, а кто-то предпочитает размещать компоненты непосредственно из библиотеки и так далее. Чтобы помочь схемотехнику, система предлагает несколько способов размещения компонента на схеме (см. рис. 4).

Каждый из указанных и пронумерованных на рисунке 4 способов предназначен для того или иного подхода. Рассмотрим их подробнее.

Если схемотехник – приверженец «планового» подхода, то он может определить номенклатуру необходимых комплектующих до (или в процессе) разработки схемы. В этом случае специалист наполняет Корзину компонентами и в дальнейшем использует их для работы на схеме. Корзина наполняется как из дерева библиотек, так и из панели быстрого поиска компонентов. Это самый быстрый способ размещения на схеме, т.к. можно клавишей Tab выбрать размещаемый на схеме компонент, не покидая окна редактора схемы.

Если специалист определяется с номенклатурой комплектующих уже в ходе разработки, то он может подбирать компоненты двумя путями: через дерево в библиотеке или через панель компонентов. Первый подход удобен, если библиотека имеет достаточно глубокую иерархию папок, чтобы внутри одной из них (папок) можно было быстро выбрать компонент. Если же в базе РЭК компонентов много, то удобнее всего использовать панель Компоненты, в которой можно настроить фильтры для быстрого отбора компонентов (например, искать по номиналу, мощности, производителю, корпусу и т.п.). Интерфейс панели спроектирован таким образом, чтобы максимально облегчить процесс поиска нужных компонентов в общей массе. Это достигается за счёт возможности отбора или поиска по любому из атрибутов компонента, а также группировки и произвольной сортировки отобранных данных.

Таким образом, Delta Design предлагает специалисту использовать наиболее привычный и удобный для него способ. В этом случае не только сокра-

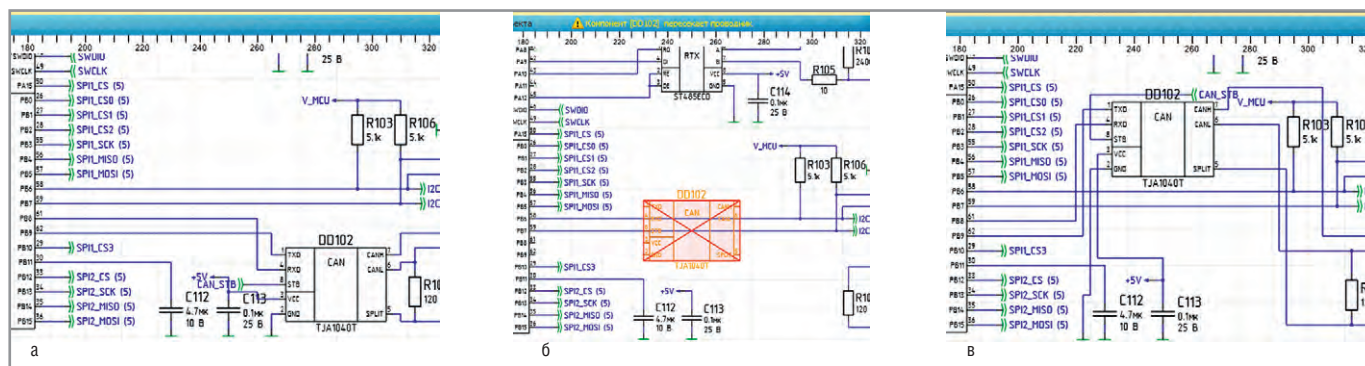


Рис. 5. Положение компонента: а – начальное; б – промежуточное с диагностикой; в – конечное

щается время работы над проектом в целом, но и быстрее происходит освоение системы при начале работы с ней.

От выбора компонентов перейдём к их размещению на схеме. Для удобства чтения схемы, а также с точки зрения подготовки схемы как части конструкторской документации, наложение компонентов друг на друга недопустимо.

Рассмотрим типичный пример из жизни схемотехника: нам необходимо передвинуть компонент, который уже находится на схеме, на другое место (см. рис. 5а).

В ходе перетаскивания компонента мышкой, Delta Design подсказывает специалисту о доступности текущего положения для размещения (см. рис. 5б). При этом система не просто показывает невозможность размещения, но и пишет его причину – обратите внимание на информационную надпись в верхней части рисунка.

Ну и, наконец, мы передвигаем компонент на нужное нам место (см. рис. 5в).

Обратите внимание, что кроме компонента были перемещены и все его электрические соединения. Причём они были не просто перемещены, но и аккуратно проложены.

Система прокладывает линии соединения на схеме таким же образом, каким прокладывает дорожки на плате, обеспечивая при любом действии с компонентом (перемещение, поворот

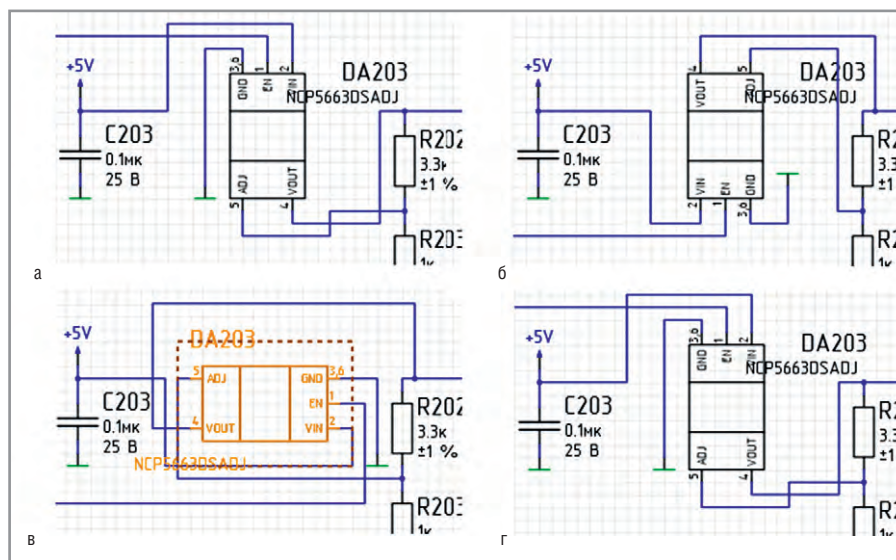


Рис. 6. Автоматический расчёт расположения проводников при повороте компонента

и т.п.) или линией соединения (прокладывание, изменение геометрии и т.п.) два принципа:

- в ходе выполнения операции не будет испорчен лист электрических соединений проекта, поскольку никогда не будет образовано ни одного лишнего соединения и ни одно не будет разорвано;
- все линии соединения будут проведены в соответствии с требованиями ГОСТ и по кратчайшему пути (см. рис. 6а–г).

Таким образом, система, благодаря своей продуманности в мелочах, существенно экономит время специа-

листа при размещении компонента, его передвижении и прокладывании линии электрического соединения на схеме. Все рутинные операции по аккуратному расположению участков линий соединения за человека делает Delta Design, и она же не допускает некорректного состояния схемы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во второй части статьи будет продолжено рассмотрение «мелочей» в работе редактора схем электрических принципиальных в системе Delta Design: работа с шинами, редактирование схемы и др.



Новости мира News of the World Новости мира

Метро Москвы получит электронные билеты от «Микрона»

ПАО «Микрон» стало победителем открытого тендера ГУП «Московский метрополитен».

По итогам тендера «Микрон» заключил с «Московским метрополитеном» контракт на поставку в 2016–2017 гг. 198,5 млн

бесконтактных транспортных карт для проезда пассажиров в метро и наземном транспорте. Стоимость контракта составила 1,318 млрд рублей.

Согласно условиям контракта, «Микрон» обеспечит москвичей идентификационными транспортными билетами тарифного меню

«90 минут», «Единый», «Проездной билет на провоз 1 места багажа», «Временный билет», «Временный билет к транспортной карте», «Билет для льготного проезда организованных групп граждан в Московском метрополитене» и «Аэро+».

www.mikron.ru

Проектирование и моделирование печатных плат в САПР Allegro

Часть 2

Александр Панов (Москва)

Во второй части статьи описано, как использовать OrCAD PSpice для моделирования схемы усилителя звука.

Перед тем как приступить к работе, описанной в данной статье, необходимо закончить изучение предыдущей части, где было разобрано, как создавать рассматриваемую схему.

Последовательность для запуска моделирования начинается с настройки профиля симуляции (Simulation Profile) для требуемого типа моделирования. Профиль моделирования можно либо повторно использовать для разных проектов, либо создавать каждый раз новый. Лучше иметь несколько заготовок профилей, между которыми можно легко переключаться с наименьшей затратой времени.

Есть четыре основных типа моделирования в PSpice: Bias Point, DC Sweep, AC Sweep и Transient. Моделирование точки смещения (Bias Point) проводится с любыми постоянными источни-

ками и позволяет рассмотреть устоявшиеся состояния ваших схем. Любые другие виды моделирования начинаются с этапа Bias Point, и только найдя устоявшееся состояние, переходят к рассмотрению переходных процессов. В моделировании диапазонов питания (DC Sweep) используются разные сочетания источников напряжения и тока, учитываются параметры компонентов, глобальные параметры или температура. При моделировании диапазонов переменных источников (AC Sweep) используются источники переменных токов и напряжений, как правило, для оценки быстродействия схем. Анализ переходных процессов позволяет оценивать схему в реальном времени, получая осциллограммы сигналов, как если бы вы работали с готовым макетом.

его часть останется пустой. Значения в ней появятся при других видах моделирования, когда мы начнём снимать значения со схемы. Сейчас же в схеме на цепях появятся «флажки» со значениями напряжений, токов и мощностей (см. рис. 3). Их отображение можно переключать с помощью круглых кнопок (V, I, W) на панели инструментов.

Убедитесь в том, что ваши значения сходятся со значениями на изображении. Если нет, то стоит поискать ошибку в подключении компонентов или в их номиналах. Может быть незначительная разница, либо «флажки» могут накладываться друг на друга, создавая впечатление других значений. При необходимости растащите их так, чтобы они легко читались.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИАПАЗОНОВ ПОСТОЯННОГО НАПЯЖЕНИЯ (DC SWEEP SIMULATION)

Начиная с этого момента, нужно быть уверенными, что ваша схема выполнена правильно, поэтому проверьте все подключения элементов и номиналы.

Первое, что мы сделаем, это скорректируем выходное напряжение. С текущими параметрами схемы напряжение в цепи MID не равняется точно половине напряжения источника в 20 В. Это почти не сказывается на качестве работы, но, например, используя моделирование, мы можем подправить подобные моменты и сделать схему более соответствующей нашим требованиям. Настройка будет производиться с помощью подстроечного резистора R1 (элемент POT). Сейчас он выставлен на середину своего номинала (SET = 0,5). Используем команду Place > Part, для того чтобы добавить на схему элемент PARAM из библиотеки Special. Установим его рядом с резистором, как это показано на рисунке 4.

После того как элемент PARAM добавлен, зайдём в его свойства двойным нажатием ЛКМ на нём и добавим новый параметр. При необходимости можно нажать кнопку Pivot, чтобы свойства располагались в столбик (см. рис. 5а).

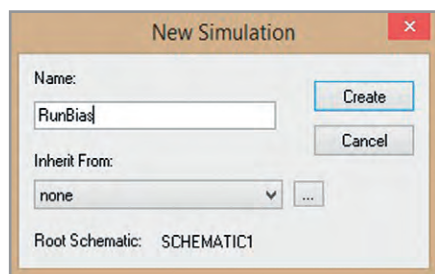


Рис. 1. Команда PSpice > New Simulation Profile – создание профиля моделирования

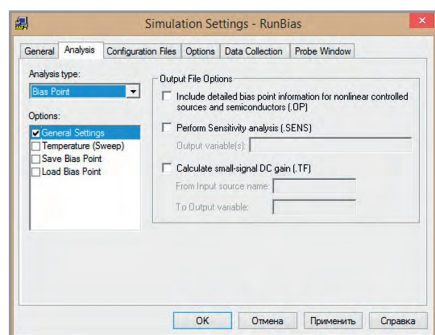


Рис. 2. Настройки профиля моделирования – выбор режима Bias Point

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОЧКИ СМЕЩЕНИЯ (BIAS POINT SIMULATION)

Зададим все необходимые параметры и выполним моделирование. Для этого зайдём в меню PSpice > Edit Simulation Profile для редактирования существующего профиля с настройками либо PSpice > New Simulation Profile для создания новой симуляции. В последнем случае нам потребуется задать название, например RunBias (см. рис. 1).

Выбираем в закладке Analysis тип Bias Point (см. рис. 2). Остальные настройки можно оставить без изменений. Нажимаем ОК, подтверждая настройки, и закрываем окно. После этого запускаем моделирование через PSpice > Run либо нажатием на клавишу F11. После запуска произойдёт проверка схемы, программа сообщит, если какие-то ошибки будут найдены. Чтобы идти дальше, нужно их исправить. После этого откроется окно вывода результатов моделирования, но центральная

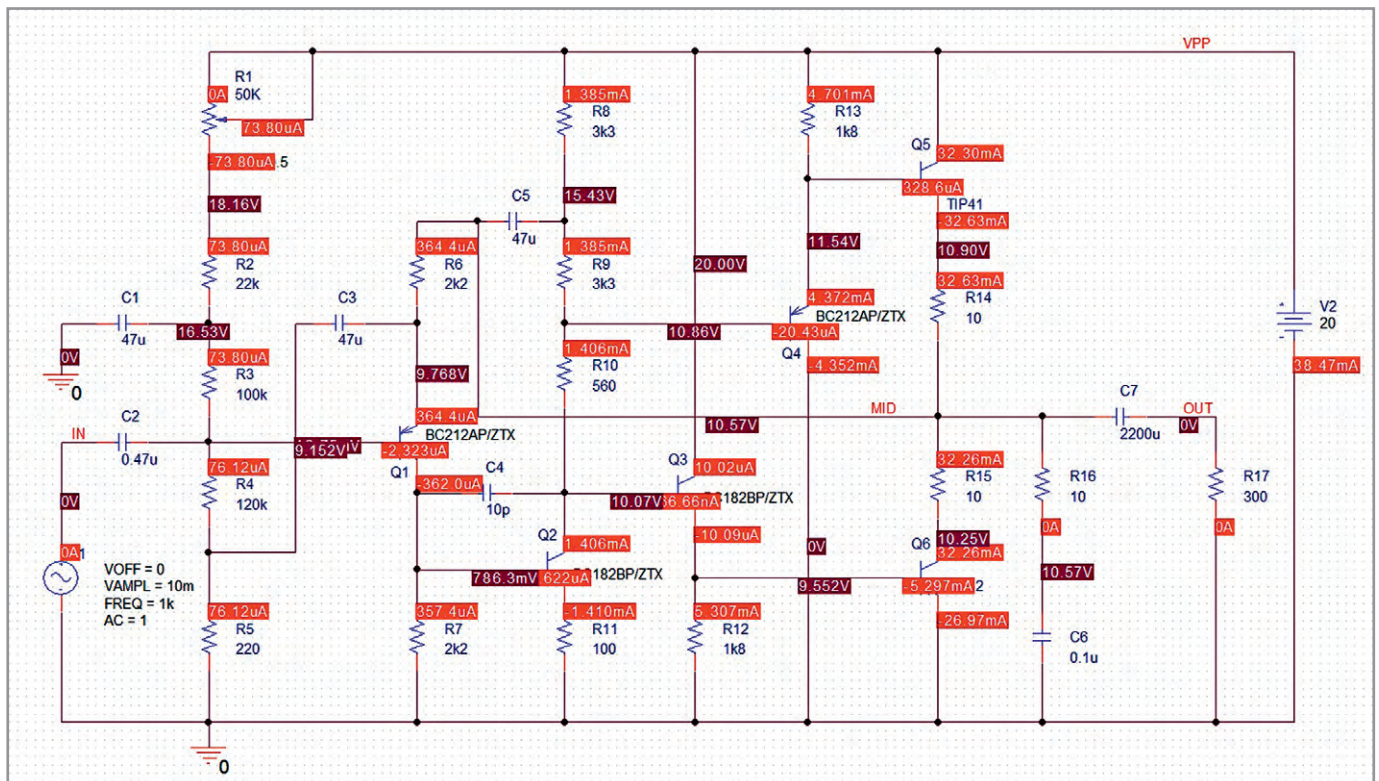


Рис. 3. Схема с результатами измерений токов и напряжений

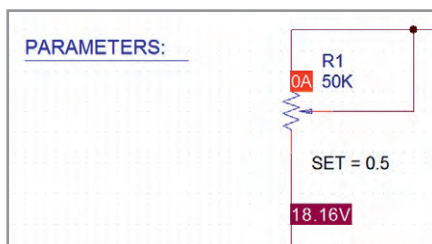
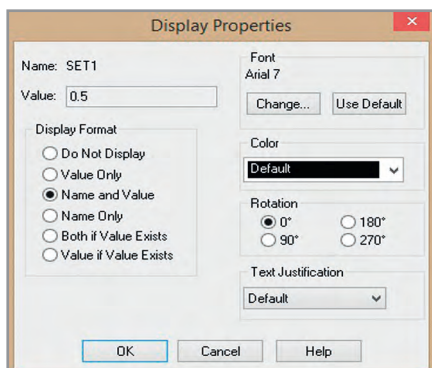
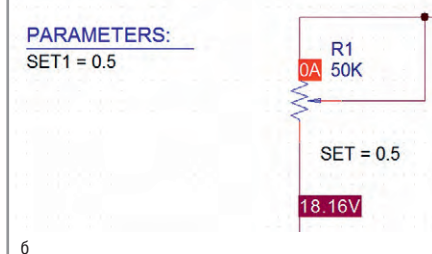


Рис. 4. Подстроечный резистор на схеме



a

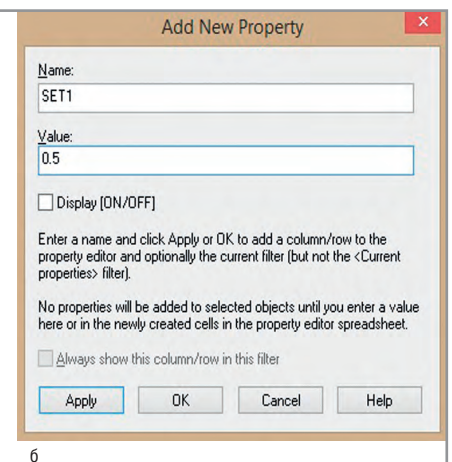


б

Рис. 6. Включение отображения нового свойства: а – свойства отображения параметра SET1; б – отображение параметра SET1 на схеме

HEADPHONE*	Start Page	PAGE1*	SCHEMATL.*
New Property...	Apply	Display...	Delete Property
Pivot			
A			
SCHEMATIC1: PAGE1			
Color	Default		
Designator			
Graphic	PARAM.Normal		
ID			
Implementation			
Implementation Path			
Implementation Type	PSpice Model		
Location X-Coordinate	75		
Location Y-Coordinate	120		
Name	INS3360		
Part Reference	1		
PCB Footprint			
Power Pins Visible			
Primitive	DEFAULT		
PSpiceOnly	TRUE		
Reference	1		
Source Library	C:\CADCEN\SPB_17.2\		

a



б

Рис. 5. Создание параметра SET1 для управления подстроечным резистором:

а – таблица свойств компонента PARAM; б – добавление нового свойства компоненту

Нажмём кнопку создания нового свойства New property, введём имя SET1 и значение 0,5 (см. рис. 5б). Добавим его нажатием на OK.

0,5 будет значением по умолчанию, а чтобы в дальнейшем его было легче редактировать, сделаем его видимым на схеме. Для этого выделим новый параметр в столбце и нажмём кнопку Display... в верхней строке окна свойств либо в меню, вызываемом щелчком ПКМ. Откроется окно Display Properties (см. рис. 6а), в котором выберем Display Format в виде Name and Value. Согласимся с изменениями нажатием кнопки OK. Теперь параметр появился на схеме (см. рис. 6б).

Мы получили глобальный параметр для всей схемы. Теперь добавим зависимость от него свойства подстроечного резистора. Выполним двойное нажатие ЛКМ на свойстве резистора «SET = 0.5» и заменим 0,5 на {SET1} (см. рис. 7).

Теперь, когда есть параметр, который можно изменять, мы можем построить зависимость напряжения цепи MID от значения этого параметра. Для этого нужно будет использовать режим DC Sweep Simulation. Давайте либо начнём новое моделирование Pspice > New Simulation Profile, либо поменяем настройки текущего Pspice > Edit Simulation Profile и изменим тип Analysis Type с Bias Point на DC Sweep,

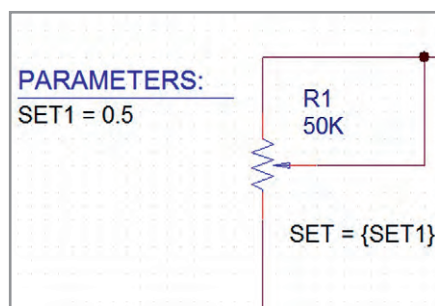


Рис. 7. Подключение глобального параметра SET1 к подстроечному резистору

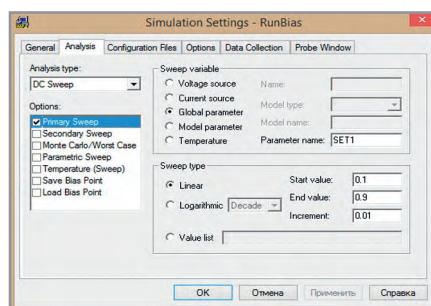


Рис. 8. Настройка профиля моделирования DC Sweep – зависимость от изменения SET1

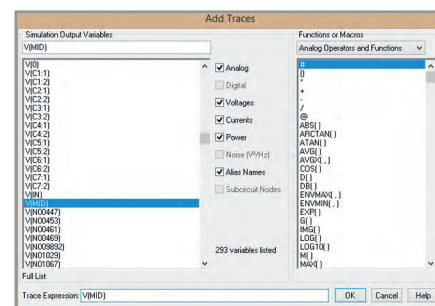


Рис. 9. Добавление графика для напряжения цепи MID через Trace > Add Trace

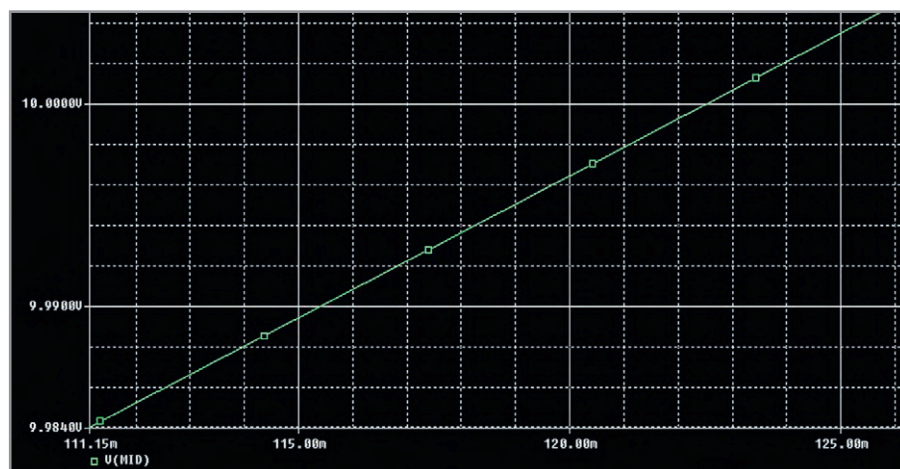


Рис. 10. График напряжения на маркере цепи MID

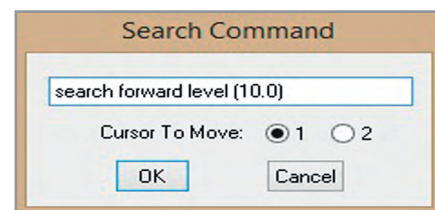


Рис. 11. Команда поиска значения 10 В на графике

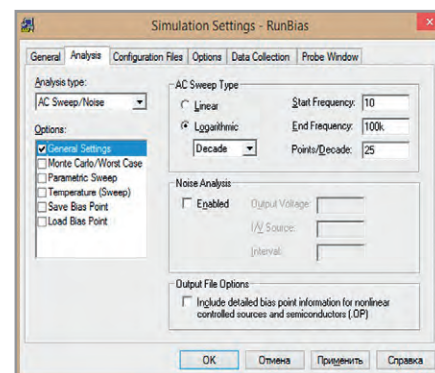


Рис. 13. Профиль моделирования диапазонов переменного напряжения

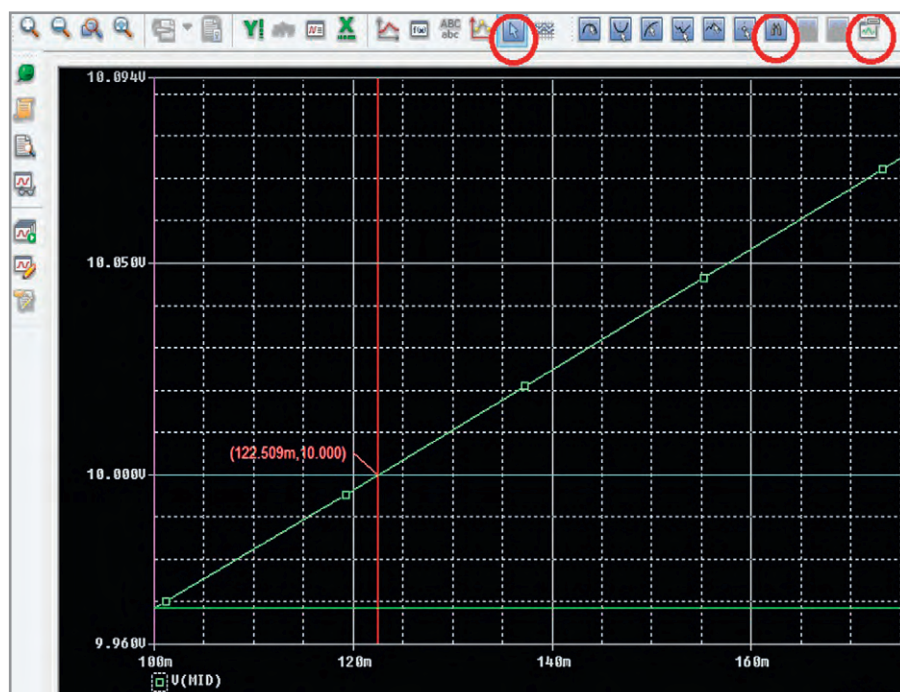


Рис. 12. Маркер найденной точки на графике

а затем добавим следующие параметры и нажмём ОК (см. рис. 8).

Мы указали, какой параметр будет меняться при моделировании, в каком диапазоне и с каким шагом: SET1 от 0,1 до 0,9 с шагом 0,01. Выполним симуляцию Pspice > Run и перейдём в окно вывода значений, в котором добавим

на график нужную нам величину через Trace > Add Trace (см. рис. 9). Это будет напряжение цепи MID – V(MID).

Или же можно в окне редактора схемы поставить виртуальный щуп на эту цепь через Pspice > Markers > Voltage Level, тогда на графике это даст ту же линию (см. рис. 10).

При желании можно приблизить график и найти значение параметра SET1, при котором напряжение MID будет равняться 10 В. В нашем случае это будет в районе 0,122. Можно не полагаться на визуальный контроль и воспользоваться командой Cursor Search (кнопка с изображением бинокля), которая становится активной после нажатия на кнопку Toggle Cursor (кнопка с изображением классического курсора), ввести в открывшемся окне search forward level (10.0) и нажать ОК (см. рис. 11).

Таким образом, мы разместим на графике один из курсоров так, чтобы он указал место, где напряжение становится равным 10 В, а потом поставим там координаты, нажав на Mark Label (кнопка с изображением графика), как это показано на рисунке 12.

В результате мы увидим значение «122.509m», но нам будет достаточно приблизительного значения 0,123.

Вернёмся в схему и двойным щелчком ЛКМ на SET1 изменим его значение на найденное.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИАПАЗОНОВ ПЕРЕМЕННОГО НАПЯЖЕНИЯ (AC SWEEP SIMULATION)

Теперь, когда схема настроена, можно посмотреть её поведение при переменной частоте входного воздействия с помощью моделирования AC Sweep Simulation. Так как схема предназначена для работы с аудиосигналом, нам будет достаточно взять диапазон от 10 Гц до 100 кГц. Если вы будете рассматривать большие частоты, то можно использовать суффикс MEG, чтобы указать частоту в мегагерцах.

И опять начнём новую симуляцию или изменим свойства старой, заменив тип DC Sweep на AC Sweep/Noise и внеся другие параметры (см. рис. 13).

Этим мы зададим ранее упомянутый диапазон измерений и их точность в 25 точек на декаду. Затем разместим DB Voltage Marker на цепи OUT с помощью команды PSpice > Markers > Advanced > dB Magnitude of Voltage (см. рис. 14).

Если у вас остался виртуальный щуп на цепи MID, удалите его и запустите симуляцию PSpice > Run. Перейдём в окно вывода результатов. Фактически мы видим АЧХ нашей схемы в заданном диапазоне частот (см. рис. 15).

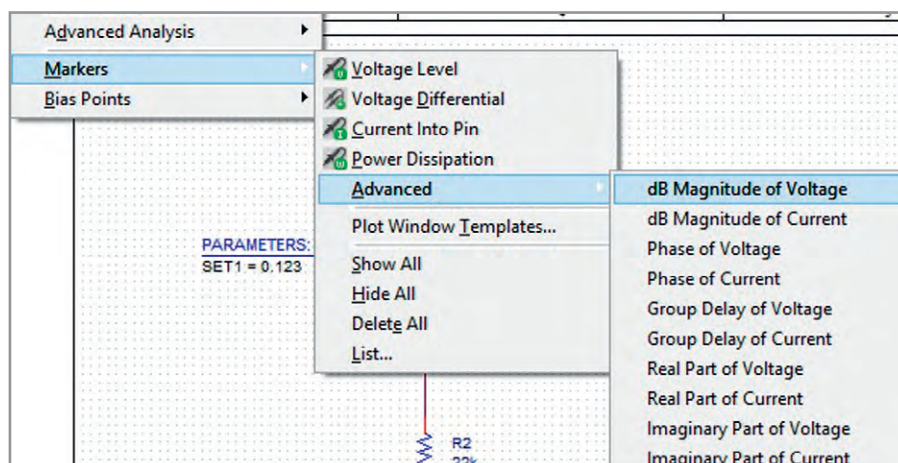


Рис. 14. Размещение маркера амплитуды в логарифмических единицах

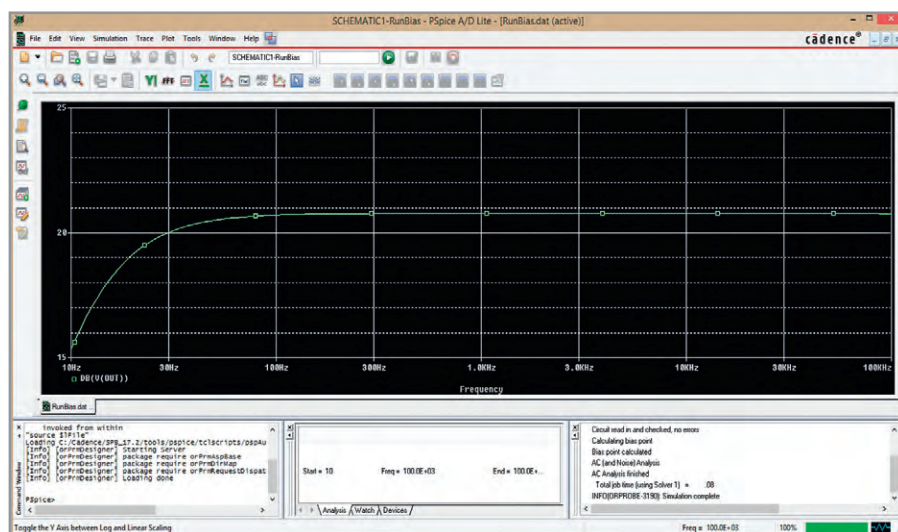


Рис. 15. Полученный график АЧХ схемы

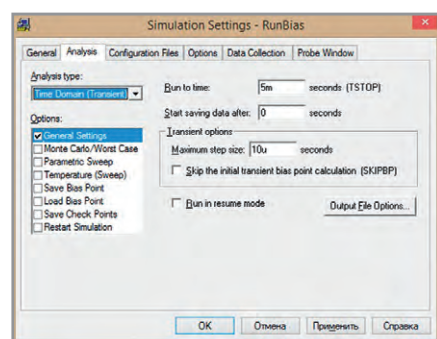


Рис. 16. Профиль для моделирования работы схемы

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ (TRANSIENT SIMULATION)

Чтобы закончить с видами анализа, рассмотрим переходные процессы в нашей схеме при подаче на вход реального сигнала. Выберем в выпадающем списке Analysis Type тип Time Domain (Transient) и настроим параметры, как это показано на рисунке 16.

Таким образом, у нас будет запущено моделирование работы схемы

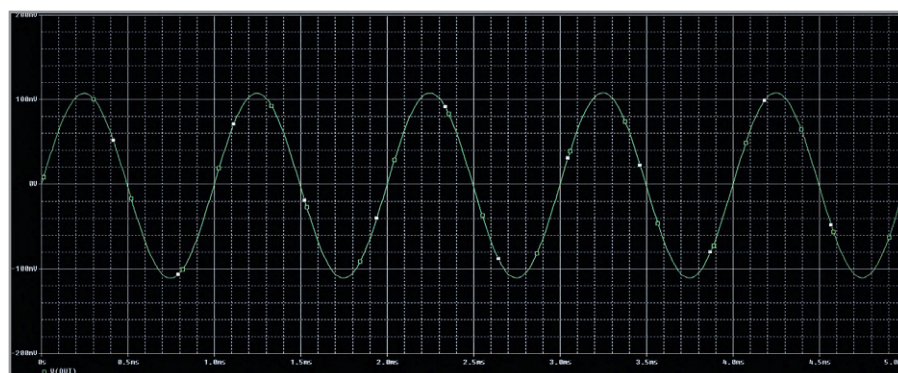


Рис. 17. График напряжения на выходе схемы при подаче на вход синусоидального сигнала

в течение 5 мс, что составит 5 циклов сигнала с частотой 1 кГц, подаваемого на вход схемы. Точность вычислений настраивается параметром Maximum Step Size. Расположите виртуальный щуп для измерения напряжения PSpice > Markers > Voltage Level (не забудьте удалить предыдущие щупы) на цепь OUT и запустите моделирование PSpice > Run. Перейдя в окно вывода результатов, мы увидим поведение напряжения на выходе

схемы в указанный промежуток времени (см. рис. 17).

Теперь, когда схема промоделирована, и мы убедились, что всё работает так, как нам требуется, мы можем перейти к последней главе нашего небольшого курса.

В следующей части статьи мы рассмотрим создание топологии печатной платы и вывод производственных файлов.



Поисковое проектирование активных антиалиасинговых фильтров

Юлия Макарова, Владимир Бугров (г. Нижний Новгород)

В статье рассматриваются вопросы проектирования активных фильтров поисковыми методами нелинейного математического программирования. Приводится постановка задачи синтеза активного фильтра в дискретном пространстве параметров. Рассмотрены примеры решения задачи дискретного синтеза антиалиасинговых активных фильтров эллиптической и полиномиальной топологии построения для использования в цифровых гидроакустических трактах. Проведён анализ характеристик синтезированных фильтров.

ВВЕДЕНИЕ

Цифровая обработка сигналов включает в себя преобразование аналогового сигнала в цифровой с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП). При этом, как известно, для предотвращения появления ложных сигналов из-за явления алиасинга (в пер. с англ. Aliasing – наложение, сглаживание), т.е. наложения спектров дискретных сигналов [1, 2], совершенно необходимо ограничивать спектр сигнала перед оцифровкой аналоговым фильтром нижних частот, который пропускает без изменения все частоты ниже частоты среза и подавляет в сигнале частоты выше частоты среза. Частота среза такого антиалиасингового фильтра (ААФ) устанавливается равной частоте Найквиста, т.е. половине частоты дискретизации ($f_s/2$).

Таким образом, основными требованиями к проектированию такого селективного фильтра нижних частот являются:

- обеспечение минимальных амплитудных и фазовых искажений в полосе пропускания фильтра;
- высокий уровень подавления (не менее 40 дБ) сигналов выше частоты Найквиста;
- высокий коэффициент прямоугольности АЧХ фильтра, т.е. минимальная ширина переходной зоны;
- максимальный динамический диапазон фильтра;
- дискретизация параметрического пространства (резисторов и ёмкостей);
- минимальные габариты и вес.

Очевидно, что для обработки гидроакустических сигналов в области низких и ультранизких частот выполнить дан-

ные требования возможно только активным RC-фильтром (ARC-фильтром) достаточно высокого порядка.

Как известно, основными достоинствами активных фильтров являются их малые габариты, экономичность, лёгкость регулировки, достаточная стабильность при не слишком жёстких требованиях к селективности, а также возможность реализации фильтров с низкой частотой среза, что практически невозможно в пассивных RLC-фильтрах.

Являясь устройствами частотной селекции входного сигнала, ARC-фильтры обычно разрабатываются на основе требований к их частотным характеристикам, таким как амплитудно-частотная (АЧХ), фазочастотная (ФЧХ), групповое время запаздывания (ГВЗ), а также частотная дисперсия сигнала. При этом актуальной является задача разработки методов синтеза активных фильтров с учётом совокупности требуемых характеристик. Такой синтез принято называть многофункциональным в отличие от многокритериального синтеза – синтеза только по одной требуемой характеристике, когда частная частотная характеристика, задаваемая на k дискретных точках частотного диапазона, при постановке задачи синтеза уже приводит к многокритериальной задаче.

В настоящее время среди технологий проектирования ARC-фильтров преобладает классический расчёт, состоящий из следующих этапов:

- этап аппроксимации, на базе которого конструируется передаточная функция, обеспечивающая требуемые частотные характеристики фильтра;

- этап реализации, когда по значениям полюсов и нулей передаточной функции фильтра выбирается реализующая схема фильтра и производится расчёт её элементов.

Именно такая идеология реализована, например, в широко известных интерактивных online-калькуляторах Analog Filter Wizard от компании Analog Devices [3] и в online-программе FilterPro версии 3.1 от компании Texas Instruments [4].

Очевидными недостатками аналитического расчёта при проектировании активных фильтров являются:

- принципиальная невозможность многофункционального синтеза активного фильтра, т.к. никакие требования, кроме требований к АЧХ, не могут быть выполнены;
- практическая невозможность синтеза активного фильтра с произвольной формой частотной характеристики, т.к. проблема аппроксимации произвольной АЧХ является самостоятельной и весьма непростой задачей;
- ограниченный выбор топологии построения проектируемого ARC-фильтра. Так в калькуляторе FilterPro последней версии возможна реализация фильтра каскадной структуры только на звеньях Рауха с многопетлевой обратной связью (Multiple-Feedback) либо на звеньях Саллена-Ки с источником напряжения, управляемым напряжением (ИНУН). Причём выбор топологии является общим для всех звеньев проектируемого фильтра;
- отсутствие возможности получения проектного решения в дискретном пространстве проектирования, когда искомые параметры фильтра могут принимать лишь значения, определяемые стандартными рядами от Е6 (с погрешностью от номинала 20%) до Е192 (0,5%), по которым промышленностью выпускаются дискретные электронные компоненты;
- большинство коммерческих программ при аналитическом расчёте активных фильтров используют лишь идеальные модели операционных усилителей;

- никакие дополнительные внешние условия, функциональные ограничения (например, условия масштабирования сигнала в каскадных фильтрах) при аналитическом расчёте активных фильтров не могут быть учтены непосредственно.

Альтернативным направлением, во многом не имеющим перечисленных недостатков, является методология поискового проектирования активных фильтров в дискретном пространстве параметров (резисторов и ёмкостей). Синтез технического решения при этом сводится к задаче нелинейного математического программирования [5–7], общая идея которой, как известно, состоит в привязке проектного решения к чёткому инвариантному математическому признаку – экстремуму функции совокупного качества ARC-фильтра (целевой функции) $F(X)$, где X – вектор искомых параметров фильтра. Для любой проектной задачи такую функцию всегда можно сформировать, исходя из заданных требований к характеристикам фильтра (в компьютерных пакетах это обычно делает функциональный редактор). Имея такую функцию, решение задачи синтеза сводят к процедуре минимизации $F(X)$, т.е. отысканию координат глобального экстремума (оптимальных параметров ARC-фильтра X^0) в непрерывном или дискретном пространстве проектирования. Минимизация обычно осуществляется поисковыми методами [7].

Наиболее часто в проектных задачах целевая функция $F(X)$ формируется в виде взвешенной суммы (1) частных целевых функций $f_i(X)$, которые определяют выполнение функциональных требований по той или иной частотной характеристике активного фильтра либо её фрагменту:

$$F(X) = \sum_i \beta_i f_i(X), \quad (1)$$

где коэффициент β_i задаёт значимость (вес) характеристики (i -го частотного окна). Сами частные целевые функции $f_i(X)$ формируются по критерию минимума среднеквадратичной (2) или максимальной (3) ошибки:

$$f_i(X) = \sqrt{\frac{1}{P} \sum_{n=1}^P [Y_n(X) - Y_n^T]^2}, \quad (2)$$

$$f_i(X) = \max_n \{|Y_n(X) - Y_n^T|^2\}, \quad (3)$$

где $Y_n(X)$ – текущее значение характеристики фильтра на n -й дискретной

частоте диапазона определения, а Y_n^T – требуемое значение частотной характеристики.

В данной статье авторы знакомят читателей с особенностями поискового проектирования на примере решения конкретной задачи дискретного синтеза активного антиалиасингового фильтра нижних частот гидроакустического приёмного тракта по следующим функциональным требованиям:

- полоса пропускания фильтра 0–5 кГц;
- коэффициент передачи $K_u = 1,0$ (0 дБ);
- неравномерность K_u в полосе $\pm 0,75$ дБ;
- переходная полоса 5–6,5 Гц с допуском 2%;
- полоса подавления 6,5–15 кГц;
- коэффициент подавления не хуже –40 дБ;
- дискретизация параметров по ряду E48 (2%).

Решение данной задачи осуществлялось с помощью эксплозивной российской программы BARC версии 2.1, предназначенной для многофункционального поискового синтеза ARC-устройств различной топологии построения в непрерывном или дискретном пространстве параметров.

МАКРОМОДЕЛИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИОННОГО УСИЛИТЕЛЯ

На первом этапе проектирования ААФ выберем операционный усилитель (ОУ), на базе которого будет реализована схема активного фильтра, и сформируем его линейную макромодель замещения. Методология построения макромодели реальных интегральных схем и операционных усилителей хорошо разработана [8–10]. Для реализации приведённого технического задания вполне подходит операционный усилитель MAX4254 от фирмы MAXIM, частотный диапазон которого с большим запасом удовлетворяет требованиям, а зависимость коэффициента передачи от частоты довольно простая и имеет только одну ярко выраженную точку перегиба. Такая зависимость с высокой точностью может быть смоделирована постановкой только одного полюса передаточной функции макромодели (см. рис. 1). Однополюсная модель требует минимальных ресурсов оперативной памяти ЭВМ при моделировании ОУ, т.к. имеет простую топологию и всего один внутренний узел.

Таким образом, данная линейная макромодель замещения имеет такой

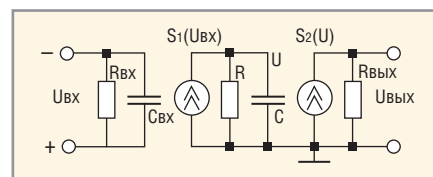


Рис. 1. Однополюсная макромодель ОУ MAX4254

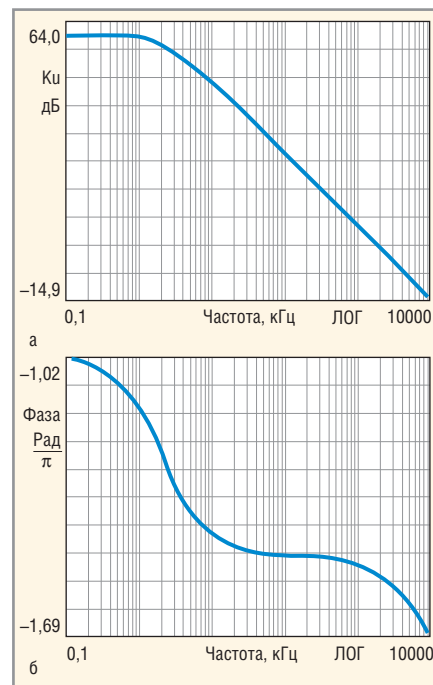


Рис. 2. Коэффициент передачи макромодели ОУ MAX4254: а – модуль; б – фаза

же входной и выходной импедансы и такую же зависимость передаточной функции от частоты (см. рис. 2), как и реальный ОУ. Точка перегиба на частоте 1 кГц соответствует отрицательному действительному полюсу и смоделирована источником тока S_1 , управляемого напряжением $U_{вх}$ с крутизной преобразования 1 а/в, резистором $R = 630$ кОм и ёмкостью $C = 500$ пФ. Остальные параметры макромодели имеют следующие значения: $R_{вх} = 1$ ГОм, $C_{вх} = 11$ пФ, $R_{вых} = 3,3$ Ом, крутизна преобразования равна 0,0017 а/в для источника тока S_2 , управляемого напряжением U . Как видно, часть параметров данной макромодели была взята из паспортных данных ОУ ($R_{вх}$, $C_{вх}$, $R_{вых}$), а остальные параметры оптимизированы тем же пакетом BARC 2.1 по требуемой паспортной АЧХ ОУ MAX4254.

ТОПОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ФИЛЬТРА

На втором этапе необходимо выбрать топологию построения проектируемого активного фильтра. В первую очередь это необходимо делать с учётом

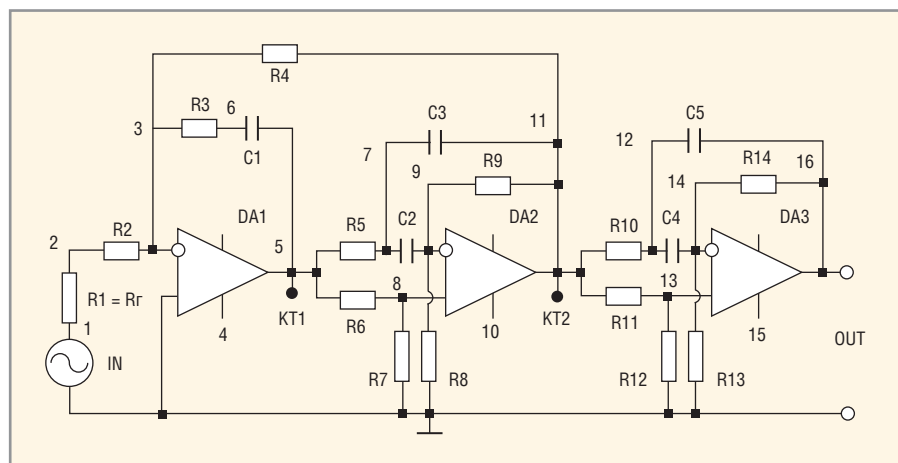


Рис. 3. Топология эллиптического антиалиасингового фильтра

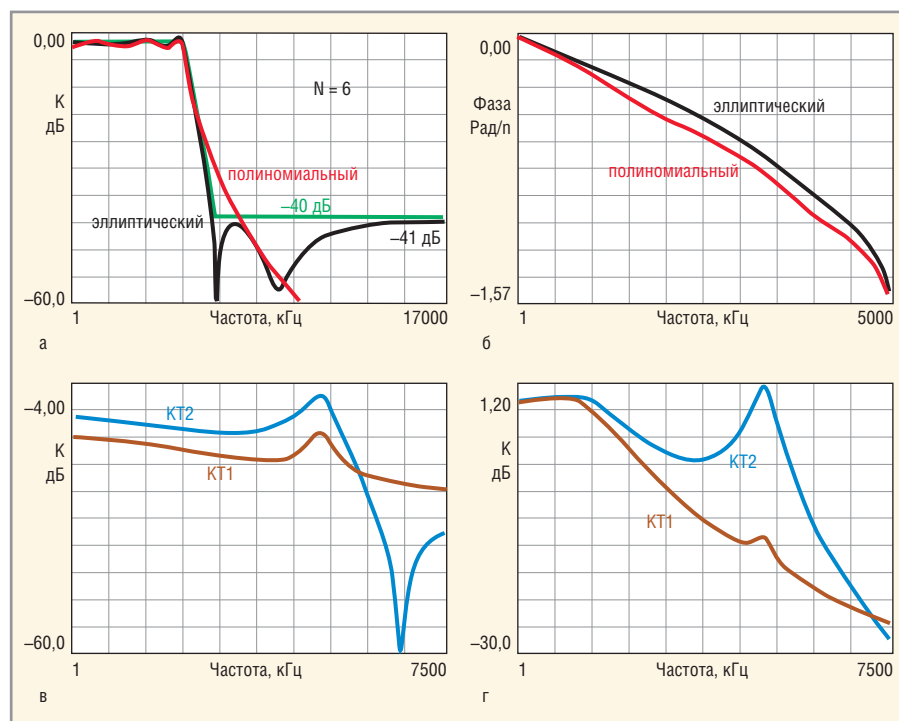


Рис. 4. Характеристики ААФ эллиптической и полиномиальной структуры: а – АЧХ фильтров; б – ФЧХ фильтров; в – распределение усиления по каскадам эллиптического фильтра; г – распределение усиления по каскадам полиномиального фильтра

сложности приведённых функциональных требований. Из опыта практической разработки известно, что область применения в активных фильтрах простой каскадной реализации на звеньях одинаковой структуры не позволяет проектировать активные фильтры со сложными функциональными требованиями. Многие недостатки такого построения фильтра могут, как известно, быть устранены применением связно-каскадной реализации, состоящей из каскадного соединения, охваченного попарно цепью отрицательной обратной связи звеньев первого или второго порядков разной структуры. Чувствительность к изменениям параметров в таких фильтрах намно-

го меньше, а возможность реализации совокупности требуемых характеристик существенно возрастает. Кроме того, за счёт каскадирования связанных блоков в таких фильтрах удаётся уменьшить паразитное прохождение сигналов высокой частоты на выход фильтра, имеющих место в большинстве ARC-фильтров с многопетлевой обратной связью.

Рассмотрим вариант биквадратного эллиптического фильтра нижних частот с конечными нулями коэффициента передачи. Он реализован в виде связно-каскадного соединения трёх звеньев, охваченных цепью отрицательной обратной связи. На рисунке 3 приведена топология такого фильтра

для переменной составляющей тока. При анализе в частотной области данная схема построения фильтра трактуется программой BARC 2.1 как линейная стационарная цепь с замещением реальных операционных усилителей их линейными макромоделями и численным расчётом комплексного коэффициента передачи в заданном частотном диапазоне методом узловых потенциалов (цифрами на схеме обозначены номера независимых узлов). Это позволяет моделировать и синтезировать данным пакетом активные фильтры самой разнообразной топологии построения. Для ввода выбранной структуры в программу используем встроенный топологический редактор, позволяющий сформировать файл исходных данных к решению конкретной задачи синтеза с указанием числа варьируемых параметров, их начальных значений и границ изменения, а также возможной дискретизации дублирования параметров в случае необходимости.

После ввода в программу выбранной структуры и исходных данных к синтезу осуществляем графический ввод в программу требуемой АЧХ проектируемого ААФ (график требуемой АЧХ фильтра представлен на рисунке 4а – выделен зелёным цветом). Используем для этого многооконный редактор функциональных характеристик пакета BARC 2.1. Функциональный редактор осуществляет ввод в графическом режиме требуемых функциональных характеристик фильтра и формирует общий целевой функционал задачи синтеза в аддитивной форме (1). Используем при вводе четыре окна функционального редактора, широко применяя частотную фрагментацию требуемой характеристики фильтра.

Задача дискретного синтеза эллиптического ААФ при этом выглядит следующим образом:

$$F^0(X^0) = \min F(X) \quad X \in DX, \quad (4)$$

$$DX: \begin{cases} R_i, C_i \in E48 \\ 100 \text{ Ом} \leq R_i \leq 1 \text{ МОм} \\ 100 \text{ пФ} \leq C_i \leq 4,42 \text{ нФ} \end{cases} \quad (5)$$

$$0,5 \leq |K_i(j\omega)| \leq 2,0 \quad i = \overline{1,3}. \quad (6)$$

Экстремальная задача дискретного программирования (4) записана относительно многомерного пространства проектирования DX, дискретиза-

ция которого осуществлялась по ряду E48 с допустимым отклонением параметров от номинала в 2%. Т.е. дискретизация, как необходимая практическая процедура округления идеальных параметров активного фильтра после их нахождения, например, калькулятором FilterPro 3.1, в поисковой программе BARC 2.1, заменена дискретизацией многомерного пространства проектирования по заданному ряду перед синтезом фильтра с получением дискретного решения (оптимального вектора дискретных параметров X^0) с нулевой ошибкой его практической реализации. При этом ограничения (5) определяли границы изменения этих дискретных варьируемых параметров. В данной задаче под оптимизацию были поставлены все 18 внешних параметров – резисторов и ёмкостей схемы, кроме, естественно, параметров макромоделей ОУ и сопротивления генератора входного гидроакустического сигнала $R_g = R_1 = 600$ Ом. Функциональные ограничения (6) масштабировали коэффициенты усиления каскадов (по контрольным точкам КТ1 и КТ2) в заданный интервал, обеспечивая устойчивость работы проектируемого фильтра в широком динамическом диапазоне входных сигналов. Практическую реализацию масштабирования сигнала (6) осуществляем использованием свободных окон функционального редактора, где для каждого каскада фильтра указываем верхние и нижние границы изменения его коэффициента усиления на заданном участке частотного диапазона.

Для численного решения экстремальной задачи (4) в программе BARC 2.1 используется эффективный алгоритм поиска глобального экстремума на сетке кода Грея [7]. Данный алгоритм адаптирован к поиску решений в режиме дискретного представления многомерной области проектирования стандартными рядами, причём для каждого параметра фильтра в принципе может быть задан свой ряд дискретизации от E6 до E192. Алгоритмический комплекс программы реализует прямой поиск глобального минимума многомерной функции цели из заданной начальной точки (начальное приближение), осуществляя последовательные итеративные шаги к точке глобального минимума $F^0(X^0)$, обеспечивающей совпадение текущих характеристик активного фильтра с требуемыми его характе-

№ п/п	Ветвь	Тип	Ряд	Дубли	Нижняя гран	Значение	Верхняя гран
1	2	R	E48	нет	1.000e+04	4.1200e+05	4.990e+05
2	10	R	E48	нет	2.000e+01	1.5800e+02	2.000e+05
3	11	C	E48	нет	1.000e-10	1.0500e-09	8.060e-09
4	12	R	E48	нет	2.000e+01	2.3200e+02	1.000e+04
5	13	R	E48	нет	4.990e+03	2.2100e+04	8.060e+05
6	14	R	E48	нет	4.990e+04	2.4300e+05	4.990e+05
7	15	C	E48	нет	1.000e-09	6.9800e-09	4.320e-08
8	16	R	E48	нет	2.940e+02	3.4000e+04	1.000e+05
9	24	R	E48	нет	4.990e+03	2.1000e+04	2.000e+05
10	25	C	E48	нет	3.920e-09	2.8000e-08	4.320e-08
11	26	R	E48	нет	2.940e+04	1.1100e+05	4.990e+05
12	27	R	E48	нет	4.990e+02	3.5700e+03	8.060e+04
13	28	R	E48	нет	4.990e+03	1.5000e+05	8.870e+05
14	29	R	E48	нет	4.990e+04	2.5500e+05	8.060e+05
15	30	C	E48	нет	1.000e-09	5.4900e-09	4.320e-08

Рис. 5. Оптимальные дискретные параметры эллиптического фильтра

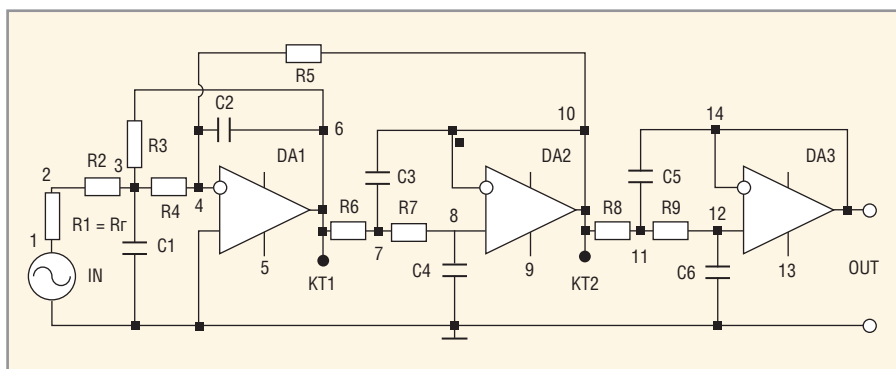


Рис. 6. Полиномиальный активный фильтр

ристиками. Графики характеристик фильтра на каждом итеративном шаге синтеза отображаются на экране. Вектор X^0 , минимизирующий скалярную целевую функцию $F(X)$ на множестве допустимых решений (5) и (6), является эффективным решением задачи параметрического синтеза эллиптического ААФ.

Графики функциональных характеристик фильтра в точке оптимума представлены на рисунке 4. Как видно, эллиптический ААФ шестого порядка полностью выполнил все требования, предъявленные к АЧХ. При этом неравномерность коэффициента передачи в полосе пропускания фильтра не превышала 0,7 дБ. Условие равномерного распределения усиления по каскадам эллиптического фильтра (см. рис. 4в) было полностью выполнено. На рисунке 5 показан внешний вид панели варьируемых параметров с отображением найденных оптимальных параметров эллиптического ААФ.

В заключение формируем стандартный протокол решения задачи. Протокол формируется программой автоматически в виде текстового файла, где указаны все сведения о задаче, дате и времени её решения, приводится распечатка параметров всех нагрузочных ветвей схемы фильтра с указанием значений тока, напряжения и мощности по каждой нагрузочной ветви схемы.

Синтез полиномиального фильтра

Рассмотрим в качестве альтернативы вариант полиномиального ААФ нижних частот шестого порядка, также реализованного в виде связно-каскадного соединения трёх звеньев разной структуры, охваченных цепью отрицательной обратной связи. Принципиальная схема фильтра приведена на рисунке 6.

Как известно, передаточная функция полиномиальных фильтров определяется выражением:

$$K(p) = \frac{K_0}{v(p)}, \quad (7)$$

№ п/п	Ветвь	Тип	Ряд	Дубли	Нижняя гран	Значение	Верхняя гран
1	2	R	E48	нет	1.000e+02	8.0600e+03	1.000e+04
2	3	R	E48	нет	4.990e+02	9.3100e+03	1.000e+04
3	5	R	E48	нет	4.990e+02	8.8700e+03	1.000e+05
4	14	R	E48	нет	4.990e+03	3.0900e+04	1.000e+05
5	15	R	E48	нет	4.990e+02	1.1700e+04	4.990e+04
6	25	R	E48	нет	4.990e+03	2.3200e+05	4.990e+05
7	26	R	E48	нет	4.990e+02	3.2400e+04	1.000e+05
8	27	R	E48	нет	4.990e+02	2.3200e+04	2.000e+05
9	4	C	E48	нет	1.000e-10	2.9400e-08	4.320e-08
10	6	C	E48	нет	1.000e-10	4.3200e-09	4.320e-08
11	16	C	E48	нет	2.000e-11	8.8700e-11	4.320e-09
12	17	C	E48	нет	1.000e-09	2.9400e-08	4.320e-08
13	28	C	E48	нет	1.000e-11	2.9400e-10	4.320e-09
14	29	C	E48	нет	1.000e-09	8.4500e-09	4.320e-08

Рис. 7. Оптимальные дискретные параметры полиномиального фильтра

где $v(p)$ – полином Гурвица порядка n , все корни которого лежат в левой полуплоскости комплексной частоты $p = s + j\omega$, а постоянный множитель K_0 определяет коэффициент передачи фильтра на нулевой частоте. Таким образом, полиномиальный фильтр не имеет нулей коэффициента передачи, а все полюса его конечны. Это обеспечивает более высокую фазовую линейность и устойчивость полиномиальной системы, а также более простую её реализацию по сравнению с линейными цепями с конечными нулями коэффициента передачи.

Синтез осуществляем, естественно, по тем же требуемым характеристикам и при той же дискретизации параметрического пространства по ряду E48. Экстремальная задача дискретного программирования в целом соответствует соотношениям (4) – (6) за исключением того, что в данном случае под оптимизацию были поставлены 14 параметров – резисторов и ёмкостей схемы. Практическую реализацию масштабирования сигнала также осуществляем при помощи свободных окон функционального редактора.

Графики функциональных характеристик фильтра в точке дискретного оптимума представлены на рисунке 4. Как видно, в полиномиальном ААФ шестого порядка, в отличие от эллиптического, не выполнено требование обеспечения заданной прямоугольности АЧХ, т.е. требуемой ширины переходной зоны, хотя линейность ФЧХ в полосе пропускания существенно выше. Неравномерность коэффици-

ента передачи в полосе пропускания полиномиального ААФ не превышала 0,7 дБ при равномерном распределении усиления по каскадам фильтра (см. рис. 4г). На рисунке 7 показан внешний вид панели варьируемых параметров с отображением оптимальных параметров полиномиального ААФ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Требования к функционированию ААФ, используемых в цифровых гидроакустических трактах, непрерывно растут. Это вызывает необходимость совершенствования методологий их моделирования и синтеза. Поисковые методы дискретного программирования в приложении к задачам проектирования ARC-фильтров являются современной альтернативой традиционным аналитическим методам расчёта ААФ. Принципиальное отличие заключается в том, что в данном случае для достижения требуемого функционирования фильтра на стадии его проектирования осуществляется прямой поиск дискретных параметров фильтра в многомерном пространстве проектирования. Современные алгоритмические комплексы дискретной минимизации позволяют решать такую задачу весьма надёжно и эффективно при выполнении внешних требований к работе фильтра. Это даёт возможность существенно повысить качество проектируемых антиалиасиговых фильтров и сократить время их разработки.

Из материалов, приведённых в данной статье, видно, что проектирование

ААФ методами дискретного программирования позволяет:

1. Осуществлять синтез фильтров любой топологии построения с численным расчётом комплексного коэффициента передачи и требуемых его частотных характеристик методом узловых потенциалов.
2. Осуществлять синтез фильтра по совокупности требуемых его характеристик, причём можно легко управлять приоритетом функциональных характеристик в процессе синтеза фильтра.
3. Осуществлять поисковый синтез проектного решения с учётом особенностей реальных операционных усилителей путём их адекватного макро моделирования в частотной области.
4. Обеспечивать необходимое масштабирование сигнала в каскадных структурах ААФ непосредственно в процессе их синтеза. Здесь нет необходимости применения косвенных приёмов масштабирования усиления.
5. Получать проектные решения, реализация которых не вызывает никаких практических затруднений, дискретизацией пространства параметров стандартными рядами E6–E192, по которым дискретные радиоэлектронные компоненты выпускаются промышленностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов: практический подход. М. Издательский дом «Вильямс». 2004.
2. Антоню А. Цифровые фильтры: анализ и проектирование. М. Радио и связь. 1983.
3. Рентюк В. Проектирование активных фильтров в Analog Filter Wizard 2.0. М. Компоненты и технологии. №6. 2013.
4. FilterPro v3.1. www.ti.com/tool/filterpro.
5. Мину М. Математическое программирование. Теория и алгоритмы. М. Наука. 1990.
6. Корбут А.А., Финкельштейн Ю.Ю. Дискретное программирование. М. Наука. 1959.
7. Воинов Б.С., Бугров В.Н., Воинов Б.Б. Информационные технологии и системы: поиск оптимальных, оригинальных и рациональных решений. М. Наука. 2007.
8. Алексенко А.Г., Зуев Б.И. Макромоделирование аналоговых интегральных микросхем. М. Радио и связь. 1983.
9. Справочник по расчёту и проектированию ARC-схем. Под редакцией Ланнэ А.А. М. Радио и связь. 1984.
10. Фолкнберри Л. Применение операционных усилителей и линейных интегральных схем. М. Мир. 1985.



**ВЫСТАВКА СРЕДСТВ
И ТЕХНОЛОГИЙ НК**

**ОТРАСЛЕВЫЕ
КРУГЛЫЕ СТОЛЫ
«НК В ПРОМЫШЛЕННОСТИ»**



1 - 3 МАРТА 2017, МОСКВА

ЕЖЕГОДНЫЙ ВСЕРОССИЙСКИЙ ФОРУМ

ВЫСТАВКА СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ НК

Более 100 экспонентов

- Разработчики и поставщики оборудования
- Сервисные компании
- Учебные и сертификационные центры
- Специализированные издания
- Национальные общества НК

- Руководители и ведущие специалисты-эксперты компаний авиационной, атомной, химической, нефтехимической, нефтяной, газовой, металлургической отраслей

Более 3200 посетителей

ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА

Круглые столы по вопросам применения НК в отраслях:

- Авиация и космос
- Строительство
- Промышленная безопасность
- Атомная промышленность
- Металлургия и машиностроение
- Электроэнергетика
- Железнодорожный транспорт
- Нефтегазовый комплекс
- НК в сварке

Межотраслевые направления и специальные темы:

- Антитеррористическая безопасность
- Обучение
- Медицинская диагностика
- Стандартизация
- Метрология и техническое регулирование
- Контроль покрытий



МОСКВА, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

www.expo.ronktd.ru

ОРГАНИЗАТОР



Новые результаты анализа эффективности устройств корреляционного типа

Владимир Бартенев (Москва)

В статье рассматривается задача обнаружения флуктуирующих коррелированных сигналов на фоне некоррелированного шума с использованием вероятностного анализа четырёх типов корреляторов для малых выборок наблюдения. Впервые расчёт порогов для малых вероятностей ложных тревог на выходе четырёх обнаружителей корреляционного типа произведён аналитически, а вероятности правильного обнаружения рассчитаны моделированием в системе MATLAB.

ВВЕДЕНИЕ

Рассмотрим четыре устройства корреляционного типа, в которых используются умножители-накопители. Прежде всего, это устройство с алгоритмом оценки максимального правдоподобия (ОМП) модуля коэффициента корреляции, затем – с упрощённым алгоритмом оценки с умножителем и когерентным накопителем, далее – на основе умножителя и бинарного накопителя и, наконец, наиболее простой в реализации коррелятор, на который подаются жёстко ограниченные сигналы, с последующим когерентным накоплением. В некотором смысле это типовые устройства, входящие в состав различных радиотехнических систем [1, 2]. Как правило, их эффективность ана-

лизируется при помощи статистического моделирования, так как нелинейная операция умножения приводит к изменению вида распределений на выходе устройств и существенно усложнению их анализа. Если точность расчёта вероятности правильного обнаружения характеристик допускает моделирование, то для малых вероятностей ложных тревог точность расчёта с помощью статистического моделирования становится недопустимо низкой. По этой причине и была предпринята попытка впервые найти аналитические выражения для расчёта низких вероятностей ложных тревог для нелинейных устройств корреляционного типа при использовании малых выборок наблюдений.

КОРРЕЛЯТОР С КОГЕРЕНТНЫМ НАКОПЛЕНИЕМ И НОРМИРОВКОЙ

В качестве первого алгоритма с умножителем на входе рассмотрим способ сравнения с порогом оценки максимального правдоподобия (ОМП) модуля коэффициента корреляции в соответствии с приведённой далее формулой. В числителе (1) производится умножение с когерентным накоплением, а в знаменателе – нормировка к мощности входных сигналов:

$$\hat{R} = \frac{\left| \sum_{j=1}^N Z_1 Z_2^* \right|}{\left(\sum_{j=1}^N Z_1 Z_1^* \right) \left(\sum_{j=1}^N Z_2 Z_2^* \right)} = \frac{\sqrt{\left(\sum_{j=1}^N x_1 x_2 + y_1 y_2 \right)^2 + \left(\sum_{j=1}^N x_2 y_1 - x_1 y_2 \right)^2}}{\sqrt{\left(\sum_{j=1}^N x_1 x_1 + y_1 y_1 \right) \left(\sum_{j=1}^N x_2 x_2 + y_2 y_2 \right)}}, \quad (1)$$

где $\hat{R}$ – оценка модуля коэффициента корреляции, N – число накоплений по независимым выборкам. $Z_1 = x_1 + iy_1$, $Z_2 = x_2 + iy_2$ – комплексные выборки сигналов на входе умножителя, несущихся по времени или частоте в виде аддитивной смеси шума и коррелированного сигнала. Квадратурные компоненты шума имеют нормальное распределение с дисперсией равной 1 и средним значением равным 0.

Для нахождения вероятности ложной тревоги на выходе данного устройства с помощью распределения оценки модуля коэффициента корреляции $\hat{R}$ нужно воспользоваться распределением Уишарта. Такое распределение получено в работе [1]:

$$W(\hat{R}) = \frac{2(1-\hat{R}^2)\hat{R}(1-\hat{R}^2)^N}{\pi \Gamma(N)\Gamma(N-1)} \times \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(\hat{R}R)^{2k} \Gamma^2(N+k)}{\Gamma^2(k+1)}. \quad (2)$$

Пороги для заданной вероятности ложной тревоги при воздействии шума найдём аналитически для $R = 0$. Очевидно, что для $R = 0$ распределение (2) можно представить в более простом виде:

$$W(\hat{R}) = 2(\hat{R})(1-\hat{R}^2)^{N-2} (N-1). \quad (3)$$

Используя (3), можно получить формулу для вероятности ложной тревоги F как вероятности превышения $\hat{R}$ порога L :

$$F(L) = (1 - L^2)^{N-1}. \quad (4)$$

Для верификации данной формулы было проведено моделирование этого устройства с расчётом F для разных значений порога L и $N = 8$ (см. рис. 1). Результаты моделирования совпадают с аналитическими расчётами для невысоких порогов. В таблице 1 указаны пороги L для оптимального обнаружителя при разных N .

Благодаря нормировке пороги для данного устройства не зависят от мощности шума на входе, т.е. данный алгоритм обладает свойством стабилизации вероятности ложной тревоги.

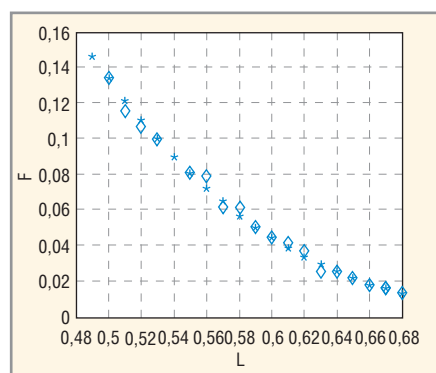


Рис. 1. Зависимость вероятности ложной тревоги F от порога L для $N = 8$ в устройстве с ОМП (* – аналитика, $\diamond$ – моделирование)

Таблица 1. Пороги L для оптимального обнаружителя при разных N

$F \setminus N$	8	16	32
10^{-1}	0,534	0,377	0,267
10^{-6}	0,927	0,775	0,599

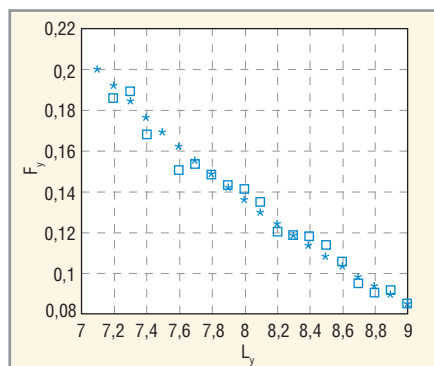


Рис. 2. Зависимость вероятности ложной тревоги F_y от порога L_y для $N = 8$ в упрощённом обнаружителе (* – аналитика, □ – моделирование)

Таблица 2. Пороги L_y для упрощённого обнаружителя при разных N

$F \setminus N$	8	16	32
10^{-1}	8,67	12,25	17,21
10^{-6}	26,37	34,11	45,51

КОРРЕЛЯТОР ТОЛЬКО С КОГЕРЕНТНЫМ НАКОПЛЕНИЕМ

Упростим алгоритм (1), применив только умножитель с когерентным накоплением, т.е. исключив из знаменателя алгоритма ОМП достаточно трудоёмкую операцию нормировки, как это следует из формулы (5):

$$\hat{R}_y = \left(\sum_{j=1}^N Z_{1j} Z_{2j}^* \right) = \sqrt{\left(\sum_{j=1}^N x_{1j} x_{2j} + y_{1j} y_{2j} \right)^2 + \left(\sum_{j=1}^N x_{2j} y_{1j} - x_{1j} y_{2j} \right)^2} \quad (5)$$

Данный алгоритм был рассмотрен в [2], где было получено выражение для распределения оценки $\hat{R}_y$ для шумовой выборки:

$$W(\hat{R}_y) = \frac{\hat{R}_y^{N-1} K_{N-1}(\hat{R}_y)}{2^{N-1} \Gamma(N)} \quad (6)$$

В данное распределение входит гамма-функция $\Gamma(N)$ и модифицированная функция Бесселя $K_{N-1}(\hat{R}_y)$ порядка $N - 1$.

Из (6) можно получить выражение для вероятности ложной тревоги:

$$F_y(L_y) = \frac{L_y^N K_N(L_y)}{2^N \Gamma(N)} \quad (7)$$

Для верификации данной формулы было проведено моделирование корреляционного обнаружителя с расчётом F_y для разных значений порога L_y и $N = 8$ (см. рис. 2). Результаты моделирования достаточно хорошо

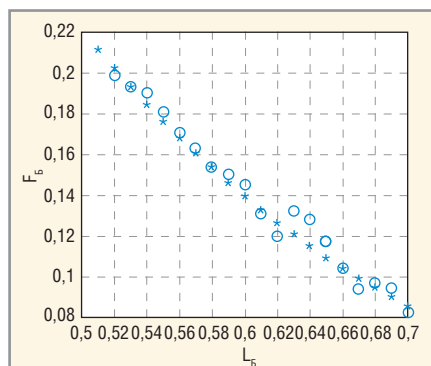


Рис. 3. Зависимость вероятности ложной тревоги F_b от порога L_b для $N = 8$ в обнаружителе с бинарным накоплением (* – аналитика, ○ – моделирование)

Таблица 3. Пороги L_b для бинарного корреляционного обнаружителя при разных N

$F \setminus N$	8	16	32
10^{-1}	0,67	0,427	0,26
10^{-6}	2,55	1,48	0,89

совпадают с аналитическими расчётами. В таблице 2 показаны пороги L_y для упрощённого алгоритма при разных N .

КОРРЕЛЯТОР С БИНАРНЫМ НАКОПЛЕНИЕМ

Ещё большего упрощения алгоритма (1) можно достигнуть, используя умножитель с бинарным накоплением, вообще исключив из оптимального алгоритма операцию полноразрядного когерентного суммирования и заменив её критерийной обработкой. В данном случае порог на выходе такого устройства рассчитывается только для критерия N превышений порога из N выборок. Таким образом, вначале использовалась формула (7) для $N = 1$ для расчёта вероятности превышения порога после умножителя без накопления:

$$F_y(L_1) = L K_1(L_1), \quad (8)$$

а затем вероятность на выходе бинарного накопителя для критерия N из N по формуле:

$$F_b(L_b) = \{L_1 K_1(L_1)\}^N \quad (9)$$

Для верификации данной формулы было проведено моделирование бинарного обнаружителя с расчётом F_b для разных значений порога L_b и $N = 8$ (см. рис. 3). Результаты моделирования хорошо совпадают с аналитическими расчётами.

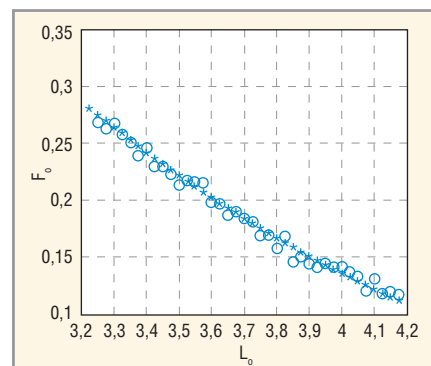


Рис. 4. Зависимость вероятности ложной тревоги F_o от порога L_o для $N = 8$ в устройстве с жёстким ограничением сигналов на входе (* – аналитика, ○ – моделирование)

Таблица 4. Пороги L_o для умножителя с ограничением при разных N

$F \setminus N$	8	16	32
10^{-1}	4,24	5,99	8,57
10^{-6}	7,82	13,28	19,99

В таблице 3 приведены пороги L_b для бинарного корреляционного обнаружителя при разных N .

КОРРЕЛЯТОР С ЖЁСТКИМ ОГРАНИЧЕНИЕМ НА ВХОДЕ

Чтобы избежать оценки мощности шума и нормировки к нему в алгоритме (1) для стабилизации вероятности ложной тревоги, можно воспользоваться жёстким ограничением сигналов на входе умножителя. В данном случае вероятность превышения порога на выходе шумом у такого устройства описывается следующей формулой, полученной в [5]:

$$F_o(L_o) = 1 - L_o \int_0^\infty J_1(L_o x) J_0^N(x) dx, \quad (10)$$

где J_0, J_1 – функции Бесселя нулевого и первого порядка соответственно.

Интегрирование в формуле (10) осуществлялось в системе MATLAB с помощью функции `quadgk`. Дополнительно было применено приближённое выражение (11), которое представляет разложение (10) в ряд Эдворта:

$$F_o(L_o) = e^{-L^2/2N} \{1 + L^2(1 - L^2/2N)/2N^2 - L^2(2 - 11L^2/N + 19L^4/6N - L^6/N^6)\}. \quad (11)$$

К сожалению, с помощью приближённого выражения (11) результат вычислений совпадает с формулой (10) только для вероятности ложной тревоги 10^{-1} . Для верификации полученной

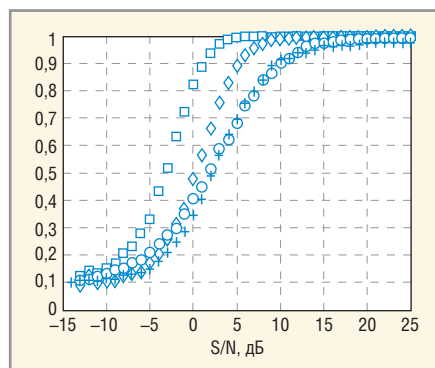


Рис. 5. Зависимость вероятности правильного обнаружения коррелированного сигнала ($R = 0,9$) для $N = 8$ и вероятности ложной тревоги 10^{-1} в устройствах типа МОП ($\diamond$), упрощённый МОП ($\square$), с бинарным накоплением ($\circ$) и с жёстким ограничением сигналов на входе ($+$)

формулы было проведено моделирование данного устройства с расчётом F_0 для разных значений порога I_0 и $N = 8$ (см. рис. 4). Результаты моделирования подтверждают аналитические расчёты.

В таблице 4 приведены пороги I_0 для умножителя с ограничением при разных N .

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБНАРУЖЕНИЯ СРАВНИВАЕМЫХ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ

Получив впервые столь ценные корректные расчётные данные для малых вероятностей ложной тревоги, было бы правильно рассчитать для сравниваемых корреляционных устройств и характеристики обнаружения флуктуирующего коррелированного сигнала. Это и было сделано с помощью моделирования в системе MATLAB. На рисунках 5 и 6 показаны вероятности правильного обнаружения флуктуирующего сигнала с коэффициентом

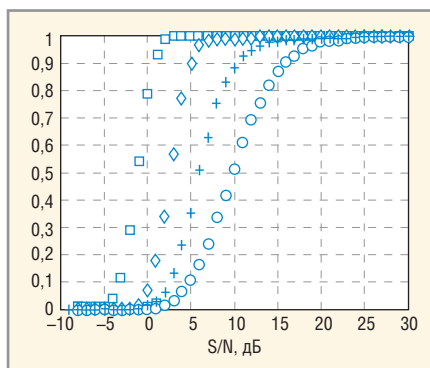


Рис. 6. Зависимость вероятности правильного обнаружения коррелированного сигнала ($R = 0,9$) для $N = 32$ и вероятности ложной тревоги 10^{-6} в устройствах типа МОП ($\diamond$), упрощённый МОП ($\square$), с бинарным накоплением ($\circ$) и с жёстким ограничением сигналов на входе ($+$)

корреляции 0,9 для четырёх рассматриваемых устройств соответственно, для $N = 8$ и вероятности ложной тревоги 10^{-1} , и $N = 32$ и вероятности ложной тревоги 10^{-6} .

Выводы

Используя аналитические выражения для распределений на выходе для четырёх типов нелинейных устройств, впервые удалось рассчитать точные значения порогов для малых вероятностей ложной тревоги при небольшом числе накоплений после умножения (8...32), при котором выходное распределение рассматриваемых устройств корреляционного типа существенно отличается от нормального. Рассчитаны характеристики обнаружения сравниваемых устройств. Данные расчёты могут быть использованы при анализе эффективности нелинейных устройств корреляционного типа. Показано, что наибольшей эффективностью в пороговом

сигнале для вероятности правильного обнаружения 0,5 и вероятности ложной тревоги 10^{-1} и 10^{-6} обладает обнаружитель с умножителем и когерентным накоплением. По сравнению с обнаружителем ОМП, этот выигрыш может достигать 3...6 дБ. Такое ухудшение эффективности обнаружителя ОМП можно объяснить необходимостью оценивания дополнительных случайных параметров в знаменателе формулы (1). Это, своего рода, плата за инвариантные свойства данного алгоритма к изменениям мощности шума на входе, что обеспечивает стабилизацию вероятности ложной тревоги на выходе обнаружителя ОМП. Использование же умножителя с бинарным накопителем и жёстким ограничением приводит к большим потерям в пороговом сигнале.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бартенев В.Г. О выборе числа градаций весовых коэффициентов адаптивного цифрового фильтра. Современная электроника. 2007. №3. С. 62–64.
2. Бартенев В.Г. Квазиоптимальные адаптивные алгоритмы обнаружения сигналов. Современная электроника. 2011. №2. С. 70–73.
3. Бартенев В.Г. Применение распределения Уишарта для анализа эффективности адаптивных систем СДЦ. Радиотехника и электроника. 1981. Т. XXVI. №2. С. 356–361.
4. Бартенев В.Г., Бартенев М.В. Способ нахождения вероятностных характеристик на выходе нелинейных систем. Цифровая обработка сигналов. 2013. №4. С. 42–44.
5. Бартенев В.Г. О распределении огибающей на выходе коррелятора с ограничением. Радиотехника. 1977. Т. 33. №3. С. 56–59.



Новости мира News of the World Новости мира

Решение Keysight для детального анализа энергопотребления

Компания Keysight Technologies объявила о выпуске решения для анализа энергопотребления от батарей, которое ориентировано на ответственные приложения в энергетике, автомобильной промышленности и медицинском приборостроении. Keysight является единственной компанией, предлагающей такое интегрированное решение для точного анализа энергии, потребляемой от батарей, и предоставляющей возможность контроля потребляе-

мого тока в широком динамическом диапазоне.

В энергетике, автомобильной промышленности и медицинском приборостроении широко применяются автономные устройства с питанием от батарей.

Производители медицинского оборудования стремятся максимально продлить время работы от батарей устройств мониторинга и датчиков, которые непосредственно взаимодействуют с телом человека и его физиологическими функциями. Коммунальные службы часто устанавливают устройства с автономным питанием в удалённых точ-

ках для сбора показаний счётчиков воды, газа и электроэнергии. Разработчики автомобильной электроники должны быть уверены, что бортовое оборудование для мониторинга работает безотказно и способно обеспечить безопасность в течение многих лет.

Интегрированное решение компании Keysight для анализа энергопотребления от батареи включает системный блок модульного анализатора питания постоянного тока, 2-квадрантный источник-измеритель и программное обеспечение для управления и анализа.

www.keysight.com



ЭКСПО КОНТРОЛЬ

Премиум выставка приборов и средств
контроля, измерений, испытаний

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

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

Разделы выставки:



Контроль
и измерения



Датчики
и сенсоры



Испытания
и тестирование



Неразрушающий
контроль



Бесконтактные
измерения



Линейно-
угловые
измерения



Аналитика



Микроскоп



3D –
измерения



Обработка
изображений
и машинное
зрение

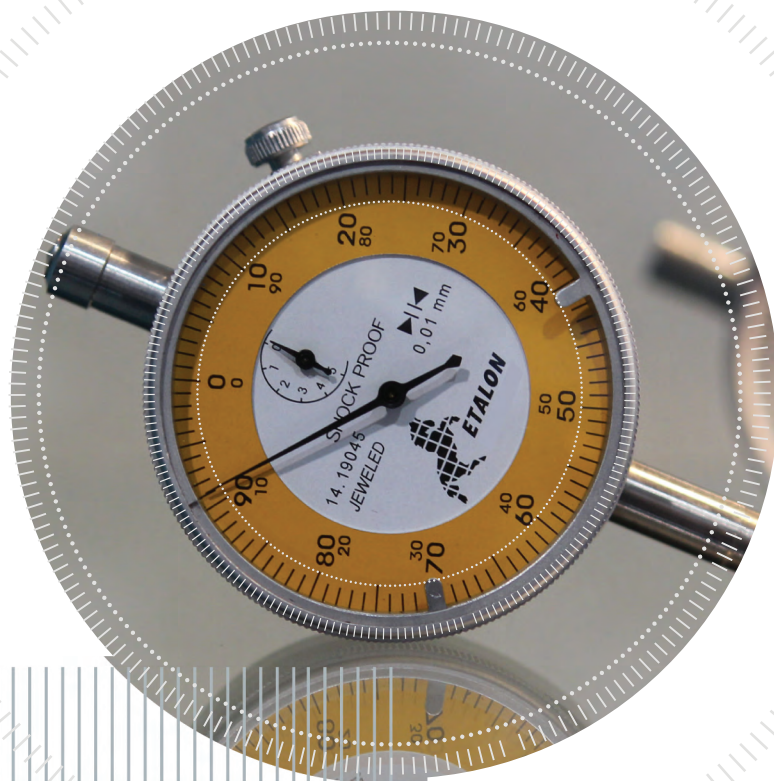
В рамках выставки:

Салон «Space & Defense Testing»

Дни испытательной техники
и тестового оборудования
для аэрокосмического
и оборонного комплексов

Салон «Геометрический & 3D контроль»

Дни высокоточных
промышленно-измерительных систем
и метрологического оборудования



12+

Тел. : + 7 495 726 20 91
expo-control.com

www.экспо-контроль.рф
www.rual-expo.ru

Реклама

Ах, эти немцы!

Пётр Новыш (Санкт-Петербург)

**Поучительная история из советской командировочной жизни.
Дело было в 80-х гг. прошлого века.**

Ганс одновременно со мной в течение нескольких недель занимался пусконаладкой металлорезки в одном и том же громадном цехе на Урале. Правда, он настраивал лазерную машину для прецизионной резки металла толщиной до 8 мм производства ФРГ, а я – поглубже, разработанную нами [1, 2] – отечественную воздушно-плазменную, но для толщин уже до 100 мм.

Мы с ним подружились. Я, не скрывая, любовался безукоризненным порядком его работы, подробнейшей настроечной инструкцией, необычайно удобным комплектом специализированного ремонтного инструмента установки и восхитительно удобной фирменной рабочей одеждой.

Помимо высокой производительности труда и добросовестности, его от всех нас отличала высокая профессиональная солидарность. Чуть что в цехе завоняет, он мгновенно бросает работу и, захватив меня, бежит будить начальника цеха и помогать спасать подгоревшее электрооборудование коллег.

В отличие от него, я на своей куда более мощной установке мог довольствоваться лишь отвёрткой и плоскогубцами, привезёнными из родного Ленинградского ВНИИ электросварочного оборудования и втихую пронесёнными через проходную завода.

Вот я частенько и пользовался незаконно международными связями: «Ганс! Гив ми, – говорю, – плиз накидной ключик на твенти сэвен». Он с улыбкой и на не менее изысканном английском отвечает: «Ес оф кос! Ноу проблем!». И запуская руку в свой фирменный рабочий чемоданчик, без лишних движений (вслепую!) достаёт ключ на 27 невиданного для нашей советской действительности качества, к которому страшно даже притронуться моими грязными руками.

Оно, конечно, можно было за два километра сходить в инструментальную кладовую и, постояв в очереди, в конце концов получить под пропуск и советский ключ, но когда там обе-

денный перерыв – никто не знал. Так я, не без смущения, частенько пользовался добротой и бесконечным терпением Ганса.

Его это не раздражало, хотя и очень удивлял и травмировал разнообразный окружающий беспорядок. И под стать ему, его машина, в отличие от моей, не желала работать от безобразно засорённой гармониками и сторонними сигналами питающей электросети. Ей пошли навстречу и подвезли невиданный в тех краях преобразовательный немецкий мотор-генератор, худо-бедно обеспечивающий стандартную электромагнитную совместимость с местным питанием. И Ганс быстренько, работая сверхурочно, всё же настроил своё детище в плановый срок. Но тут в цехе появился ещё какой-то новый отечественный электротехнический монстр, который при включении опять стал (теперь уже вроде бы по эфиру) систематически сбивать работу его машины.

И вот, разобравшись в причинах, Ганс пришёл ко мне поплакаться. Я был рад ему хоть чем-то услужить: подумал и предложил поставить в определённом месте его машины фильтр. Стали считать и разбираться, какой именно. Как принялись за формулы, перешли вообще на общий язык, улыбкам не было конца. Вот, думаю: хоть и немец, а ведь молодец, понимает что к чему. Наконец, делаю резюме: надо взять конденсаторы, которых здесь всюду навалом, а дроссель я перемотаю вон из того, что стоит бесхозным там за дверью, а он всё это поставит в свою установку, соответственно подкорректировав документацию. Обычное, мол, тривиальное решение.

И тут я посмотрел на его лицо. Оно неожиданным для меня образом было искажено предельной злобой. Он отошёл от меня и дальше старался всячески брезгливо избегать. Эту перемену настроения мне никак невозможно было понять! Лишь со временем осознал, что, в переводе на цивилизованный язык, я, по невыясненной им при-



чине, злостно втягиваю его в двойное преступление: введение несанкционированных отклонений не только в железо машины, но ещё и в сертифицированную фирменную документацию. Не знаю, что у них на Западе полагалось за это – увольнение или уголовное преследование. Во всяком случае, с тех пор наше общение навсегда полностью прекратилось...

Вообще, жизненный опыт показывает, что мы не дурнее немцев «и разных прочих шведов». Но цивилизованности всюду постоянно недостаёт [3].

А вот много позже, уже в нашем веке, мудрый и опытный Гарольд Петрович пояснил мне мотивы поведения Ганса: «Любое «рационализаторство» на работающем оборудовании – это угроза для штатной работы, с которой кормятся сотни или тысячи людей. Дай Бог изучить, как это работает в штатном режиме, а многие учить оборудование не хотят, надеются на авось. С кондачка изменения не делаются... Когда был начальником, недолго, за такие дела увольнял без разговоров, если человек не понимал слов и продолжал чудить. Самое опасное для сложного производства – это «народный умелец», «мастер на все руки», «радиолобитель». От них все неприятности».

Так что и у нас теперь всё хорошо... Или нет?

ЛИТЕРАТУРА

1. Пётр Новыш. В отделе Быховского. Современная электроника. 2015. №8.
2. Пётр Новыш. Исповедь советского изобретателя в области силовой электроники. Современная электроника. 2016. №9.
3. www.proza.ru/2010/01/09/225.





Электроника Транспорт 2017

11-я специализированная выставка электроники и информационных технологий для транспорта и транспортных коммуникаций

5-7 АПРЕЛЯ
МОСКВА
КВЦ «СОКОЛЬНИКИ»



WWW.E-TRANSPORT.RU

В настоящее время журнал «Современная электроника» выпускается в **ПЕЧАТНОЙ** (бумажной) и **ЭЛЕКТРОННОЙ** версиях

ПЕЧАТНАЯ ВЕРСИЯ

доступна по всему миру через платную подписку с гарантированной доставкой; предоставляется бесплатная подписка по России для специалистов в области электронных компонентов; предусмотрена покупка отдельных номеров.

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ

предназначено для чтения номеров журнала «Современная электроника» с экранов мобильных устройств.

Для просмотра заранее скачанного номера интернет-соединение не требуется. Для удобства читателей предусмотрена интерактивная навигация – можно воспользоваться гиперссылками, встроенными в содержание номера и в рекламные блоки.

СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ

Специалисты могут следить за последними новостями из мира современной электроники на профилях журнала в Facebook и Twitter.

Благодаря уникальным технологиям социальных сетей, новости наших партнёров практически мгновенно становятся доступными для многомиллионной аудитории.

МЕРОПРИЯТИЯ

Журнал «Современная электроника» принимает участие во всех значимых специализированных мероприятиях – выставках, конференциях, семинарах. Именно здесь, на выставках, можно проконсультироваться с сотрудником редакции или бесплатно получить печатную версию журнала.

География этих проектов не ограничивается только российскими выставками, журнал распространяется и по каналам наших партнёров-рекламодателей, выставляющихся на европейских площадках.

ЭЛЕКТРОННАЯ ВЕРСИЯ

доступна по адресу www.soel.ru и дополняется встроенным интерактивом с удобной навигацией по номеру с внутренними и внешними гиперссылками.

Все посетители сайта www.soel.ru могут бесплатно просматривать архивные номера (за исключением пяти последних), а подписчики – ВСЕ номера без ограничений, в том числе самые свежие сразу после их выхода. Электронные версии для покупателей отличаются возможностью скачать и распечатать приобретённые номера журналов.

WWW.SOEL.RU

На сайте журнала всегда можно найти полезную информацию – ознакомиться с новостями или происходящими событиями в мире электронных компонентов, посмотреть фотототчёт с прошедших мероприятий или запланировать посещение интересующей конференции.

На сайте журнала всегда можно оформить бесплатную подписку или приобрести платную версию, если требуются гарантии доставки печатной версии или возможность скачать/распечатать электронную версию. Можно купить и отдельный номер журнала.

Войдя на сайт под своим аккаунтом, подписчики и покупатели получают доступ к соответствующим номерам электронной версии журнала.

НОВОСТНЫЕ РАССЫЛКИ

Дополнительно для подписчиков редакция журнала регулярно осуществляет электронные новостные рассылки.

Не менее 2 раз в месяц делается выборка из самых интересных и актуальных новостей российского и мирового рынков, релизы проходящих выставок и конференций, новинки технологий и ЭКБ. Именно эти новости часто цитируют новостные агентства.

Новости, размещённые на сайте www.soel.ru, дублируются на страницах журнала в Twitter и Facebook.





Подводя итоги, хочется освежить в памяти самые значительные события уходящего 2016 года.

Для российских разработчиков электроники 2016 год оказался весьма трудным. Введённые против России санкции отразились на поставках оборудования и компонентов зарубежного производства. В очередной раз политические амбиции внесли свой вклад в экономику мира, обострив и без того напряжённую обстановку на торговых биржах: как следствие – ухудшение экономической ситуации в нашей стране. По заявлениям ведущих экономистов, начавшийся ещё в 2015 году экономический кризис достиг своего апогея, и положение стало нормализоваться. Отечественные оборонные предприятия пытаются противостоять созданным ограничениям и проводят политику модернизации своего производства в соответствии с новыми условиями.

И в этом процессе, пожалуй, ключевую роль играет импортозамещение. Как ни странно, уже достаточно поднадоевший термин прочно вошёл не только в обращение, но и стал «путеводной звездой» ряда отраслей. Все уже понимают, что речь идёт не о 100%-ном замещении импортной продукции (в современных условиях мировой интеграции это не представляется возможным, да и нет необходимости), а о целевой политике реального подъёма отечественной промышленности. Какими бы противоречивыми не были пункты государственной программы развития электронной отрасли, в фарватере импортозамещения у наших производителей появляется вполне реальный шанс выйти на мировой рынок.

А мировой рынок диктует свои требования – новые условия, инновационные технологии, интеграция в мировую экономику. Сегодня у предприятий нет другого пути, как работать по современным стандартам. Ограничиться внутренним рынком или закрыться в рамках оборонного заказа – тупиковый путь. Это прекрасно понимают в руководстве АО «Росэлектроника», поэтому озвученные новым генеральным директором холдинга мероприятия по реструктуризации активов демонстрируют процесс выхода на новые рынки за счёт реорганизации структуры, диверсификации промышленности и освоения рынка гражданской продукции.

И здесь российские производители сталкиваются с проблемами отечественной машиностроительной отрасли и отсутствием современного отечественного оборудования. Новые технологические нормативы вынуждают приобретать зарубежные станки и инструменты. Ведь мы стоим на пороге 4-й промышленной революции. Например, в Германии уже создана инициативная группа по продвижению стратегии Industry 4.0 – благодаря переходу на цифровой формат и полной системной интеграции (в том числе киберфизических систем в заводские процессы) европейские произво-

дители добиваются значительных сокращений издержек и колоссального повышения своей конкурентоспособности. Конечно, в этих системах не обойтись без промышленного Интернета вещей.

Тематике Интернета вещей и промышленного Интернета вещей сегодня уделяется особое внимание, в том числе и в нашем журнале. Именно эти технологии являются ключевыми и образующими в структуре Industry 4.0, или «умной фабрики». Наряду с искусственным интеллектом и машинным обучением быстрое развитие IoT и IIoT является весьма перспективным. Также нельзя не упомянуть о технологиях облачного сервиса и проблематике больших данных. Исключительно в комплексном представлении эти решения влияют на развитие современных производств.

Полагаю, что именно эти технологии будут определять «погоду» 2017 года.

Со своей стороны, мы и дальше будем работать над контентом своего информационного продукта – журнала «Современная электроника».

2016 год оказался для нас богатым на события. Мы запустили НОВЫЙ сайт с новостной лентой, календарём событий и рубрикой «Фотоотчёты», сделали мобильное приложение для владельцев гаджетов (для Android и iOS), предложили совершенно новую электронную версию журнала, актуализировали базы читателей и систематизировали регулярные новостные рассылки, активно занимались продвижением новостных и событийных материалов на Facebook и Twitter, приняли участие в 20 специализированных выставках и 17 конференциях (журнал выставлялся на московских мероприятиях, в Санкт-Петербурге и даже Екатеринбурге).

Результаты очередного опроса специалистов в области электронных компонентов показали, что наши партнёры не успевают за изменениями нашего проекта. В связи с этим в новом 2017 году особое внимание будет уделено информированию о всех нововведениях.

Своих подписчиков в 2017 году мы будем радовать новыми интересными материалами самых трендовых направлений, поднимать актуальные темы, готовить злободневные репортажи.

Следите за новостями на нашем сайте и в журнале.

С Новым 2017 годом!

С уважением, А.А. Смирнов

Главный редактор журнала «Современная электроника»

Обеспечьте высокую эксплуатационную готовность ваших систем.



Эффективность Ваших технических систем, критически важных для решения ответственных задач, измеряется их работоспособностью — и мы знаем, как повысить эксплуатационную готовность ваших систем. Именно поэтому сервисный центр Keysight получил аккредитацию на право поверки средств измерений и готов обеспечивать техническое обслуживание приборов под марками Keysight, Agilent и HP в минимально короткие сроки.

Оригинальные запчасти, автоматизированные тестовые системы, программное обеспечение для проведения калибровки и настройки, опытный персонал — всё это позволяет выполнить весь набор тестов в соответствии с требованиями завода-изготовителя максимально качественно и в сжатые сроки. Будьте уверены в точности ваших измерений!

Подробнее: www.keysight.com/find/Poverka
Тел.: 8 800 500 9286



Unlocking Measurement Insights

© Keysight Technologies, Inc. 2015

Группа электронных измерений Agilent — теперь **Keysight Technologies**