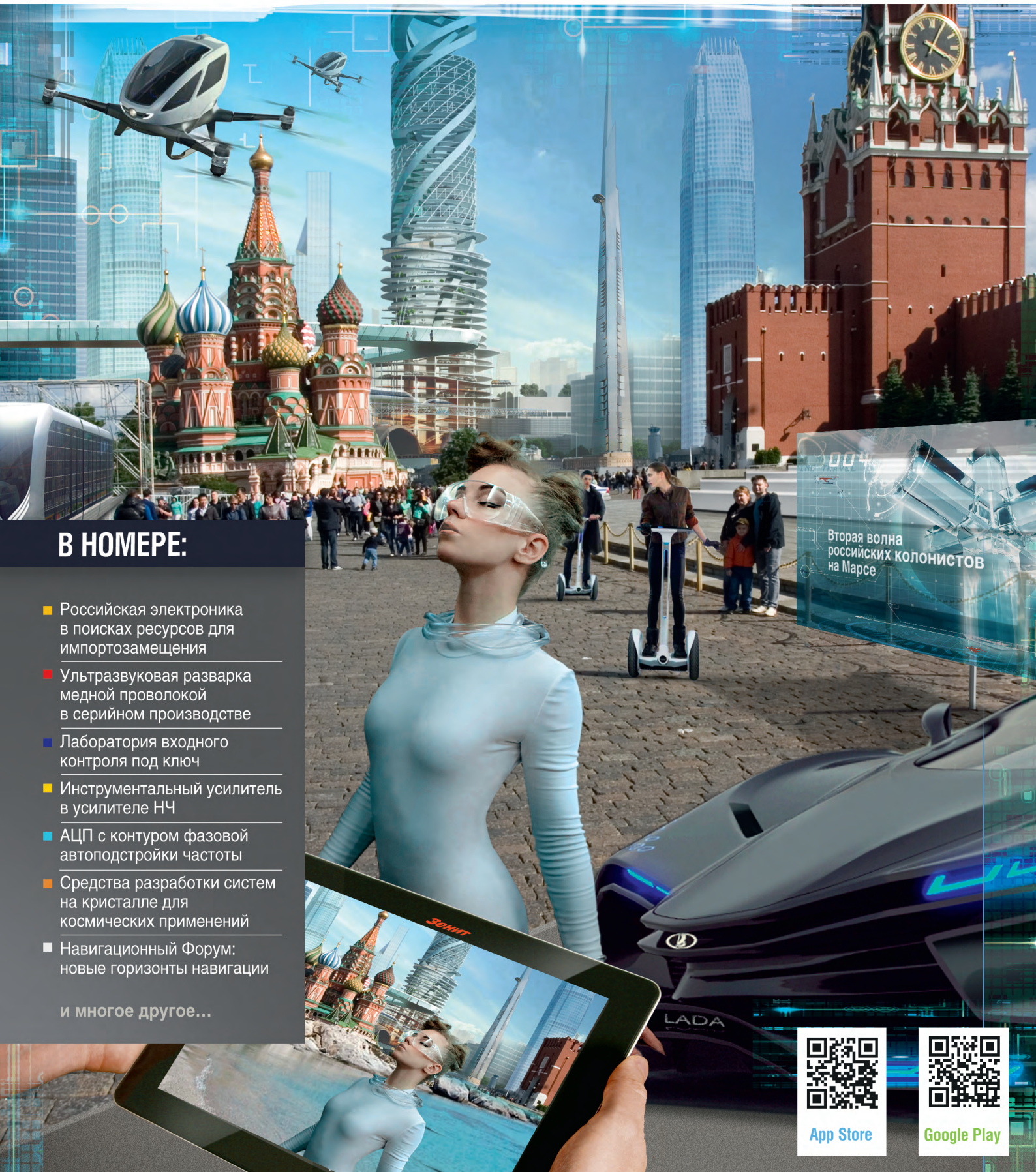
Современная электроника

6
2016



В НОМЕРЕ:

- Российская электроника в поисках ресурсов для импортозамещения
- Ультразвуковая разварка медной проволокой в серийном производстве
- Лаборатория входного контроля под ключ
- Инструментальный усилитель в усилителе НЧ
- АЦП с контуром фазовой автоподстройки частоты
- Средства разработки систем на кристалле для космических применений
- Навигационный Форум: новые горизонты навигации

и многое другое...

App Store
Google Play

Журнал для специалистов

Посетите НОВЫЙ сайт www.soel.ru

- новый дружелюбный дизайн
- улучшенная навигация и быстрый поиск
- новостная лента на главной странице
- календарь событий и фотогалереи мероприятий
- личный кабинет и магазин

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Реклама

POWER ELECTRONICS

ufi Approved Event

13-я Международная выставка компонентов и систем силовой электроники

25–27 октября 2016
Москва, Крокус Экспо

Реклама

Организаторы:

primexpo ITE

+7 (812) 380 6003 / 07 / 00
power@primexpo.ru

Получите электронный билет:
powerelectronics.ru

0+

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

№ 6, 2016
Издаётся с 2004 года

Главный редактор
Алексей Смирнов

Заместитель главного редактора
Александр Хлынов

Редакционная коллегия
Александр Балакирев, Виктор Жданкин, Эрмин Машурян, Сергей Сорокин, Андрей Туркин, Рифат Хакимов

Литературный редактор
Ольга Семёнова

Вёрстка
Марина Петрова

Обложка
Дмитрий Юсим

Распространение
Ирина Лобанова
(info@soel.ru)

Реклама
Ирина Савина
(advert@soel.ru)

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

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

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

Перепечатка материалов допускается только с письменного разрешения редакции.
Ответственность за содержание рекламы несут рекламодатели.
Ответственность за содержание статей несут авторы.
Материалы, переданные редакции, не рецензируются и не возвращаются.
© СТА-ПРЕСС, 2016

6/2016 Contents

MARKET

Russian Market News 4

Russian Electronics in Search for Resources to Substitute Import 8

MODERN TECHNOLOGIES

Promising Polarized Terahertz Information Systems. Part 1 12
Aleksandr Gordeev

TOOLING AND EQUIPMENT

Copper Wire Bonding Ready for Industrial Mass Production 16
Michael Bröckelmann

ELEMENTS AND COMPONENTS

Lumileds' LED Products Novelty – High-Brightness and High-Power LEDs 24
Andrey Turkin

ADC with the Phase-Locked Loop 30
Mikhail Sizov

DEVICES AND SYSTEMS

Turnkey Input Control Laboratory 34
Natalya Eliseeva, Konstantin Andreev, Dmitriy Tankov, Evgeniy Turlaev, Ksenia Lukina, Anton Klimovskikh, Roman Kosilov
ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

Control Tests of Angular Speed Sensors and Apparent Acceleration Sensors. Part 2 38
Dmitriy Gamanuk, Nikolay Gamanuk

ENGINEERING SOLUTIONS

Instrumentation Amplifier Application in the Low-Frequency Amplifier 46
Aleksey Kuzminov

Photoswitch with Non-Standard Algorithm and Timer Function 52
Aleksandr Odinets

The Plug-In Gesture Recognition with the Electronic Lock Function. Part 2 58
Pavel Red'kin

Network attached storage based on single-Board computer Raspberry Pi 2 64
Sergey Kryzhnyi

DESIGN AND SIMULATION

Systems-on-Chip Engineering Environment for Space Applications 66
Denis Adamov

Finding and Fixing Power Supply Noise Issues when Charging Cells 72
Bob Zollo

Convenience of Reference Electronic Components Database in CAD Delta Design. Part 2 74
Georgiy Shamanov
ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

Design Tools of High-Speed PCB on the Altium Designer CAD Example. Part 1 78
Aleksandr Fen'

EVENTS

Navigation Forum 2016: New Navigation Horizons 82

Anniversary of Magazine «ELECTRONICS: Science, Technology, Business» 86

Содержание 6/2016

РЫНОК

4 Новости российского рынка

8 Российская электроника в поисках ресурсов для импортозамещения

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

12 Перспективные терагерцовые поляризованные информационные системы. Часть 1
Александр Гордеев

ИНСТРУМЕНТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

16 Ультразвуковая разварка медной проволокой в серийном производстве
Михаэль Брокельман

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

24 Новинки светодиодной продукции Lumileds – сверхъяркие и мощные светодиоды
Андрей Туркин

30 АЦП с контуром фазовой автоподстройки частоты
Михаил Сизов

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

34 Лаборатория входного контроля под ключ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ
Наталья Елисеева, Константин Андреев, Дмитрий Танков, Евгений Турлаев, Ксения Лукина, Антон Климовских, Роман Косилов

38 Контрольные испытания датчиков угловой скорости, выполненных на основе волоконно-оптических гироскопов. Часть 2
Дмитрий Гаманюк, Николай Гаманюк

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

46 Применение инструментального усилителя в усилителе низкой частоты
Алексей Кузьминов

52 Фотореле с нестандартным алгоритмом и функцией таймера
Александр Одинец

58 Встраиваемый модуль распознавания жестов с функцией электронного замка. Часть 2
Павел Редькин

64 Сетевое хранилище на базе одноплатного компьютера Raspberry Pi 2
Сергей Крыжный

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

66 Средства разработки систем-на-кристалле для космических применений
Денис Адамов

72 Снижение уровня шума в устройствах зарядки аккумуляторов
Боб Золло

74 Удобство ведения базы радиоэлектронных компонентов в САПР Delta Design. Часть 2 ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ
Георгий Шаманов

78 Инструменты проектирования быстродействующих печатных плат на примере САПР Altium Designer. Часть 1
Александр Фень

СОБЫТИЯ

82 Навигационный форум 2016: новые горизонты навигации

86 Юбилей журнала «ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес»

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ПОДПИСКИ 2016

Сайт **www.soel.ru** изменился: новый дружелюбный дизайн, улучшенная навигация, новостная лента на главной странице, календарь событий, фотогалереи с мероприятий и удобный магазин.
Чтобы продолжить пользоваться всем функционалом сайта, по бесплатной подписке получать бумажную версию журнала или читать его электронный вариант, необходимо **зарегистрироваться и оформить подписку**.

ВНИМАНИЕ: чтобы у Вас была возможность бесплатного доступа к старым и новым номерам журнала «Современная электроника», обязательно необходимо заново заполнить анкету и подписаться на издание.

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

На правах рекламы

Новости российского рынка

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Качественные печатные платы из Китая за 8 дней

Вот уже 17 лет как группа компаний ICAPE, европейский лидер по производству печатных плат (ПП) и заказных технических деталей, разрушает стереотипы о том, что продукция из Китая – это некачественно.

Сервис «ICAPE Quick Term Service» (IQTS – Изготовление и поставка печатных плат в максимально короткий срок) позволяет своим клиентам получить качественные печатные платы в невероятные для продукции из Китая сроки.

Данный сервис идеально подходит для прототипного и мелкосерийного производства печатных плат (для заказов менее 5 м^2). Услуга доступна для плат на основе FR4 от одного до десяти слоёв и с финишным покрытием OSP, HASL и ENIG. Возможные цвета паяльной маски: зелёный, красный, синий, белый, жёлтый и чёрный. Помимо быстрых сроков производства и незамедлительной доставки печатных плат, одним из преимуществ IQTS является отсутствие оплаты услуг по подготовке к производству, цена которой в среднем составляет $250.

При производстве печатных плат инженеры ICAPE придерживаются правила двойного контроля качества: первый этап проводится на заводе, второй – в собственной лаборатории в Китае, что гарантирует качество продукции и сводит брак на производстве практически к нулю.

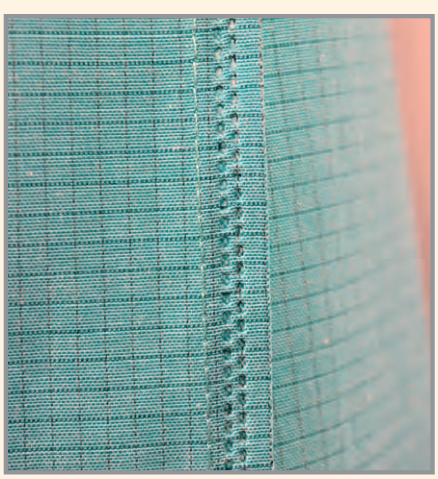
Стандартные сроки услуг IQTS составляют от трёх до четырёх рабочих дней для одно- и двусторонних ПП, 5 рабочих дней – для четырёхслойных и 10 рабочих дней – для восьмислойных ПП. За дополнительную оплату можно достичь минимальных сроков производства: одно- и двусторонние ПП – 12 часов, два дня – для четырёхслойных и три рабочих дня – для восьмислойных ПП. При этом стоит учитывать сроки доставки, которые составляют 7–10 дней, в зависимости от региона доставки в РФ.

Прошло меньше года с момента запуска данного сервиса на европейском и американском рынках, и можно смело сказать, что услуга пользуется популярностью: было совершено более 500 заказов с общим доходом около €300 000. В России ожидается такой же успех. Для заказа клиенту достаточно отправить в ICAPE запрос с пометкой IQTS.

www.icape-group.com/ru
Тел.: (495) 668-1133

Высокочастотная сварка – новый метод производства антистатической одежды

ООО «Лаборатория технологической одежды» внедрило инновационный способ соединения полиэфирсодержащих тканей с карбоновой нитью методом высокочастотной сварки (ВС), что позволило повысить потребительские свойства изделий, увеличить срок эксплуатации, а главное – обеспечить полное соответствие стандартам серии ГОСТ Р 53734. Предприятие выпускает высокотехнологичные средства индивидуальной защиты для производств и лабораторий, где существует необходимость обеспечения высокой чистоты воздушной среды и защиты продукта от электростатического разряда.



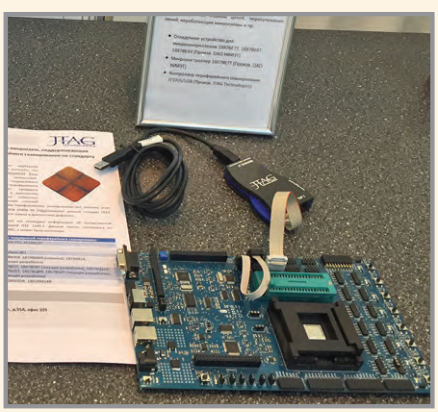
Сварные соединения, полученные с помощью ВС, особенно прочные, не деформируются, имеют эстетичный внешний вид и повышенную износоустойчивость. Благодаря создаваемой амплитуде колебаний и давлению, при котором происходит «спекание» материала, карбоновые нити буквально «сращиваются» на молекулярном уровне, позволяя изготовить цельноконтурное изделие. В настоящее время ООО «Лаборатория технологической одежды» предлагает три варианта исполнения антистатических изделий:

- все детали и элементы соединяются методом ВС;
- ВС соединяются наиболее важные детали изделия;
- классический полностью нитевой способ соединения.

www.lamsystems-lto.ru
Тел.: (3513) 257-257

Отечественные микросхемы, поддерживающие технологию периферийного сканирования по стандарту IEEE 1149.1

Компания JTAG Technologies представила на выставке Новая электроника-2016 брошюру с информацией об отечественной компонентной базе, поддерживающей стандарт IEEE 1149.1. Данный список составлялся по данным производителей ИМС. В списке присутствуют такие компании, как ВЗПП-С, «Миландр», МЦСТ, НТЦ «Модуль», НИИЭТ, «Элвис».



В контексте импортозамещения зарубежной компонентной базы необходимо учитывать, что подавляющее большинство заменяемых микроконтроллеров, ПЛИС, процессоров, специализированных СБИС поддерживают стандарт IEEE 1149.1 (архитектура периферийного сканирования), что позволяет проводить автоматический электроконтроль и диагностику производственных дефектов на собранных печатных платах. При тестировании сложной цифровой электроники альтернативы периферийному сканированию нет, поэтому, если основные (центральные) компоненты платы не поддерживают данный стандарт (IEEE 1149.1), то платы остаются без средств поиска и диагностики дефектов.

www.jtag-technologies.ru
Тел.: (812)313-9159

На правах рекламы

Новости российского рынка

ИНСТРУМЕНТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Введён в эксплуатацию комплекс оборудования для фотолитографических процессов

Очередной заказчик компании «Диполь», производящий гибридные микросхемы на поликоровых подложках, ввёл в эксплуатацию современный универсальный комплекс оборудования для фотолитографических процессов. Комплекс, в запуске которого принимали участие специалисты компании «Диполь», состоит из универсальной установки совмещения-экспонирования AG500-6N-ST, центрифуги для нанесения фоторезиста серии Spin 150i с автоматическим дозатором, термоплиты для сушки фоторезиста HT-150S, вытяжного шкафа и вспомогательного оборудования.

Данный комплекс позволяет решать широкий спектр задач фотолитографии. Вытяжной шкаф и установленные в него центрифуга и термоплита обеспечивают нанесение фоторезиста на подложки с последующей сушкой с производительностью порядка 400 подложек в смену. Благодаря автоматическому дозатору, центрифуга создаёт воспроизводимое и равномерное нанесение фоторезиста, а термоплита с высокой однородностью распределения температуры по поверхности позволяет равномерно прогреть слой фоторезиста, что обеспечивает его хорошую адгезию к поверхности подложки.

Затем следует операция экспонирования. Универсальная установка совмещения-экспонирования AG500-6N-ST, оборудованная специальной оснасткой, разработанной для подложек размером 60 × 48 мм, действует в полуавтоматическом режиме. От оператора требуется только загрузить подложку и произвести небольшую подстройку меток совмещения подложки и фотошаблона. Процесс выполняется по нажатию одной кнопки. В среднем процесс экспонирования одной подложки занимает меньше минуты. Установка снабжена опциональным модулем обратного оптического совмещения, поэтому может работать с двусторонними платами.

При необходимости AG500-6N-ST работает и с круглыми полупроводниковыми пластинами диаметром 2″, 3″, 4″ и 6″. Для этого надо лишь заменить шаблонодержатель и подложкодержатель. Процедура занимает менее трёх минут. Таким образом, данная установка в полном объёме удовлетворяет все текущие и перспективные потребности фотолитографического производственного участка.

www.dipaul.ru
Тел.: (812) 702-1266

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Новый 20 ГГц векторный анализатор цепей С1220 от ООО «Планар»

Компания ПЛАНАР приступает к выпуску нового высокопроизводительного двухпортового векторного анализатора цепей (ВАЦ) С1220, одной из полутора десятка моделей в новой линейке серии COBALT.

Данная серия содержит модификации приборов с верхним диапазоном рабочих частот 4.8, 7, 9, 14 и 20 ГГц, с количеством измерительных портов 2 или 4, наличием или отсутствием прямого доступа к входам измерительных и опорных приёмников. Модели серии COBALT обеспечивают время измерения на одной частоте до 10 мкс и максимальный динамический диапазон до 162 дБ. Управление ВАЦ серии COBALT осуществляется при помощи персонального компьютера, что позволяет использовать их в составе измерительных комплексов. Приборы серии COBALT будут внесены в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации до конца 2016 г.

Краткие характеристики ВАЦ С1220:

- диапазон частот от 100 кГц до 20,0 ГГц;
- динамический диапазон измерения модуля коэффициента передачи 145 дБ;
- время измерения на одной частоте 12 мкс;
- диапазон регулирования выходной мощности –60…+10 дБм.

www.planar.chel.ru
Тел.: (351) 729-9777

Герметизированные DC/DC-преобразователи для монтажа на шасси и DIN-рейку

Компания XP Power объявила о начале выпуска полностью герметизированных одноканальных DC/DC-преобразователей серии DTE. Эта серия включает три ряда моделей с широким диапазоном входного напряжения с выходными мощностями 20 Вт (серия DTE20), 40 Вт (серия DTE40) и 60 Вт (серия DTE60). Модули доступны в исполнениях для монтажа на шасси или DIN-рейку. Полностью герметичный корпус способствует защите преобразователя от воздействующих факторов, характеризующих промышленные применения.

Герметизация способствует рассеянию тепловой мощности.

Эти весьма эффективные преобразователи с типичными значениями КПД в диапазоне 89…92% потребляют меньше мощности по сравнению с другими менее эффективными доступными на рынке преобразователями. Модуль DTE20 с выходной мощностью 20 Вт имеет размеры 96 × 54 × 23,3 мм, 40-ваттная модель серии DTE40 – всего лишь 112 × 63,8 × 25,6 мм, а модель серии DTE60 с выходной мощностью 60 Вт –

На правах рекламы

Новости российского рынка

112 × 67,8 × 38 мм. Два варианта диапазона входного напряжения с кратностью перекрытия диапазона 4:1 обеспечивают номинальные значения напряжений 24 (9–36) и 48 (18–75) В постоянного тока. Модули формируют номинальные значения стабилизированных напряжений 5,1; 12; 24 и 48 В. Диэлектрическая прочность изоляции выдерживает напряжение 2500 В (действующее значение) в течение 60 с. Преобразователи серии DTE способны работать в широком диапазоне температур от –40 до +85°C. Полная мощность доступна до минимального значения температуры +70°C (в зависимости от модели). Все модели соответствуют требованиям стандарта безопасности для оборудования информационной техники UL/IEC60950-1 и ограничениям к оборудованию Class A стандарта EN55022 по кондуктивным и излучаемым помехам без необходимости применения каких-либо фильтрующих компонентов.

Стандартными сервисными функциями являются: защита от короткого замыкания, перегрузки по току, пониженного входного напряжения, перенапряжения и возможность дистанционного включения/выключения. Установленные на передней панели винтовые клеммы обеспечивают простой монтаж. Модули поддерживаются трёхлетней гарантией производителя.

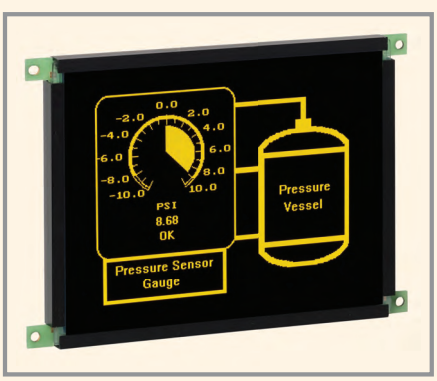
www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

Малоформатные электролюминесцентные дисплеи с интерфейсом SPI

Компания LUMINEQ объявила о начале выпуска нескольких популярных малоформатных дисплеев с поддержкой последовательного интерфейса SPI: EL320.240.36-HB SPI, EL160.120.39 SPI, EL160.80.50 ET SPI. (см. табл.) Достоинством данного интерфейса является меньшее число сигналов управления, при этом упрощается соединение дисплея и контроллера за счёт меньшего числа проводников.



Малоформатные графические TFEL-дисплеи, предлагаемые компанией LUMINEQ, обеспечивают превосходное качество изображения и способны работать в жёстких условиях окружающей среды. TFEL-дисплеи используются в разнообразных применениях: медицинском, промышленном и на транспорте.

Переносное оборудование должно выдерживать механические воздействия и температурные перепады. Считывание изображения даже при беглом взгляде при любом внешнем освещении из любой точки фронтального пространства является важным в применениях, где требуется мгновенная реакция на динамично изменяющуюся информацию и минимизация утомления глаз оператора. Технология повышения контрастности ICE™ (Integral Contrast Enhancement) посредством специальной обработки стекла позволяет исключить возникновение ореола и получить высокий уровень контрастности и чёткости изображения без применения дорогостоящих фильтров. Конструктивно TFEL-дисплей состоит из люминесцирующей стеклянной панели и электронной схемы управления, объединённых вместе в полупроводниковую структуру. Такое решение позволяет получить компактный, надёжный и устойчивый к внешним механическим воздействиям дисплей с широким диапазоном рабочих температур (–60… +85°C для некоторых моделей) и температур хранения.

Команды протокола SPI

Команда	Код
Запись данных	80h
Запись блока (множество строк)	40h
Запись одной строки	20h
Очистка экрана (полностью чёрный)	10h
Все пиксели включены (полностью жёлтый)	08h
Инвертировать изображение	04h
Запись частоты кадра	02h

Преимущества TFEL-дисплеев:

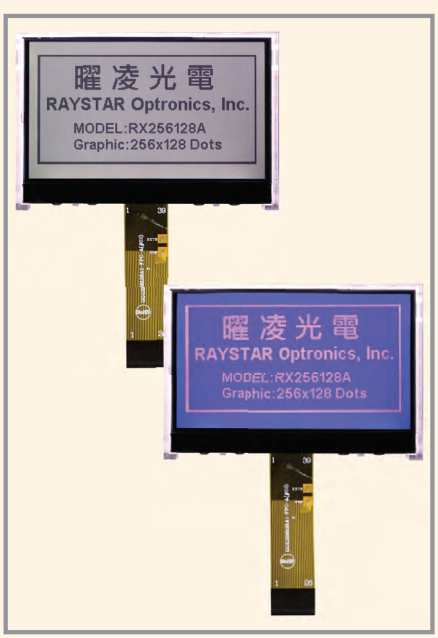
- работа при низких температурах без использования дополнительного обогрева;
- широкий угол обзора >160°;
- быстрый отклик во всём диапазоне рабочих температур – менее 1 мс;
- длительный ресурс более 116 000 ч;
- компактность конструкции;
- низкий уровень электромагнитных помех.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

Графические монохромные ЖК-дисплеи с разрешением 256 × 128 точек

Компания Raystar Optronics, Inc представила графические ЖК-дисплеи серии RX256128A с размером экрана по диагонали 2,9″ и с встроенным котроллером ST75256, который размещается непосредственно на подложке дисплея (конструкция Chip-on-Glass, COG). Это позволяет уменьшить габариты и стоимость дисплея. Контроллер обеспечивает поддержку стандартных параллельных интерфейсов 8080/6080 в восьмибитовом режиме и последовательные четырёхпроводные SPI и I²C интерфейсы. RX256128A имеют одинаковые габаритные размеры и активную площадь экрана, а также напряжение питания 3,3 В с RX12864D3, но имеют значительно большее разрешение и лучшие технические параметры. Серия RX256128A является модифицированным вариантом RX12864D3 и соответствует требованиям заказчиков на модели с лучшим разрешением и отсутствием необходимости изменять размеры конструкции в своих применениях. Новые модули способны функционировать в диапазоне температур –20… +70°C, а диапазон температур хранения составляет –30…+80°C.



Из ряда RX256128A доступны ЖК-индикаторы, использующие материал STN (Super Twist Nematic) или FSTN (Film Compensated STN): модели RX256128A-BIW, RX256128A-DIW, RX256128A-FHW.

На правах рекламы

Новости российского рынка

Основные характеристики дисплеев серии RX256128A:

- число точек 256 × 128;
- габаритные размеры 80 × 54 × 9,5 мм;
- видимая область экрана 70,7 × 38,8 мм;
- рабочая площадь экрана 66,54 × 33,26 мм;
- размер пиксела 0,24 × 0,24 мм;
- шаг пиксела 0,26 × 0,26 мм;
- доступные типы экранов – STN Negative, FSTN Negative (двойная плёнка), FSTN Positive Transflective;
- метод управления – коэффициент мультиплексирования 1/128, режим 1/12 BIAS;
- направление наблюдения 6:00 (снизу);
- тип подсветки – светодиоды белого свечения;
- микросхема драйвера ST5256;
- интерфейсы 6800/8080/SPI/I²C.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

Миниатюрная кнопка в вандалопрочном исполнении от Bulgin

Компания Bulgin расширила существующую линейку антивандальных кнопочных переключателей, дополнив её серией миниатюрных кнопок диаметром всего 12 мм. Ключевые особенности новинок – широкий набор опций и длительный жизненный цикл в 200 000 нажатий.

Новый переключатель обладает защитой от влаги и пыли уровня IP65 (уровень защиты IP67 доступен по предварительному заказу) и от механических воздействий класса IK08 (выдерживает удар с энергией 5 Дж). Диапазон рабочих температур устройства составляет –25…+55°C, а ударопрочность – более 10g. Максимально допустимые значения тока и напряжения для питания переключателя составляют 2 А и 36 В соответственно.

Предусмотрен монтаж на провод с помощью винтового зажима или методом пайки.

Заказчику предлагается широкий выбор формы актуатора, материала корпуса и дополнительных опций. Материал корпуса: никелированная латунь, нержавеющая сталь, цинк-алюминиевый сплав, PBT-пластик. Форма актуатора кнопки: куполообразная, плоская, выступающая. Опционально предлагается светодиодная подсветка круговая или по контуру.

Миниатюрные переключатели очень удобны для установки в компактные и портативные устройства. Все кнопки данной серии имеют одинаковые габариты и очень разнообразный набор опций, что позволяет легко и эффективно сочетать или заменять их.

Переключатели идеально подойдут для применений, требовательных к удобству и надёжности, таких как оборонная промышленность, системы безопасности, транспорт, в том числе морской, наука, медицина.

Получить более подробную информацию и запросить образцы можно у официального дистрибьютора продукции Bulgin – подразделения ПРОЧИП.

www.prochip.ru

Тел.: (495) 232-2522

Российская электроника в поисках ресурсов для импортозамещения

Какой диагноз ставят эксперты радиоэлектронной отрасли России? Достигла ли своих целей программа импортозамещения? На какие технологии Индустрии 4.0 нужно держать курс уже сегодня? Эти и другие вопросы стали предметом всестороннего обсуждения в рамках ежегодной IV Конференции «Российская электроника», которая состоялась 21 апреля 2016 г. на площадке «Мариотт Гранд Отель» в Москве. Организатором мероприятия традиционно выступила газета «Ведомости» при спонсорской поддержке компании GS Group.

Открыла работу конференции пленарная сессия «Стратегия развития отрасли в России». По словам модератора секции Игоря Цуканова, заместителя главного редактора газеты «Ведомости», прошедший год для российской электроники был отмечен несколькими значимыми событиями. Было принято решение о ценовых преференциях для российской микроэлектроники при государственных закупках. Обнулены таможенные пошлины на ввоз электронных компонентов. Минпромторг начал разработку новой программы поддержки российского рынка микроэлектроники на период до 2025 г., предусматривающей субсидирование предприятий. Впервые увидели свет вызвавшие много шума российские микропроцессоры «Эльбрус» и «Байкал». Всё это характеризует положительную динамику развития рынка. Но реальность также показывает, что многие предприятия по-прежнему ожидают целенаправленную и систематичную поддержку от государства. И главное – понять, какие инструменты государственной поддержки сейчас нужны отрасли.

Председатель отраслевого отделения по радиоэлектронике «Деловой России» Андрей Безруков провёл оценку текущего состояния на основе статистических данных. Объём российского рынка радиоэлектронной аппаратуры составляет $56 млрд, из них $13,5 млрд, то есть менее 20%, занимает объём продаж отечественной продукции и менее 4% приходится на гражданские цели. В мировом масштабе доля российской электронной отрасли составляет всего 0,4%. Более того, вклад и в ВВП России значительно уступает потенциально возможному – 0,8%. На этом фоне отрасль характеризуется рядом слабостей. Это закрытость рынка, нишевое позиционирование компаний и короткий горизонт планирования, не позволяющие развиваться с прицелом на потребности и возможности открытых рынков. А также «милитаризация» с одной стороны и разобщённость большого числа мелких производителей, не способных влиять на развитие технологий, кадровую и отраслевую политику, с другой стороны.

Действующая программа государственной поддержки по своему подходу ситуативна, ставит в приоритет административные методы и сопряжена со значительными расходами из бюджета. Для содействия более эффективному решению государственных задач объединение отраслевых экспертов предложило Минпромторгу новую стратегию и программу развития, опирающиеся на бизнес-сообщество, частные инвестиции и долгосрочные цели. Главная цель – обеспечить России глобальное лидерство в выбранных приоритетных сегментах электронной отрасли к 2026 г. При этом доля отечественной продукции на мировом рынке электроники должна вырасти в 6 раз до 2,5%, что возможно при темпах ежегодного роста не менее 10%. А доля экспортных доходов в выручке российских компаний должна превысить доходы на внутреннем рынке.

Генеральный директор Информационно-аналитического центра современной электроники Иван Покровский развил тему, приведя данные о глобальных тенденциях, и рассказал о возможном месте России на рынке электроники. Он отметил, что темпы роста электронной отрасли снижаются до 3-4% в год. Основным фактором конкуренции становится цена. А поскольку инвестиционные расходы занимают значительную долю в электронике, наилучшая цена во многом определяется масштабом предприятия. Отсюда наблюдаемая тенденция консолидации рынка крупнейшими игроками через слияния и поглощения.

Игорь Козлов

Сергей Хохлов

Андрей Гусев

Андрей Безруков

Иван Покровский

Светлана Аппалонова

В таких условиях малый и средний бизнес переходит к экономике совместного использования ресурсов, примером которой могут служить облачные технологии и фаундри в производстве. А государство усиливает регулирующую функцию, чтобы сдержать диспропорции открытого рынка.

Стратегия России по развитию электронной отрасли должна отвечать вызовам и возможностям нового времени. По мнению Ивана Покровского, объём российского рынка достаточен, чтобы на него опереться. Но устойчивое развитие возможно только за счёт расширения экспорта продукции. Поэтому перед российской электроникой сейчас стоят три главные задачи. Во-первых, необходимо сделать отрасль привлекательной для частных инвесторов, в роли которых могут выступать крупные российские компании. Потому что такие инвестиции будут по-настоящему «умными», ориентированными на конкретный результат. И для того, чтобы их получить, малым и средним компаниям придётся задуматься о долгосрочных стратегиях и значимых проектах. Во-вторых, нужно расширить масштаб деятельности и интегрироваться в мировой рынок в качестве поставщика продукции, а не только потребителя или сырьевой базы. В-третьих, вступить в борьбу за глобальное лидерство в приоритетных для России направлениях.

Для реализации такой стратегии государство должно занимать активную регулирующую позицию. Как минимум, необходимо ввести таможенные пошлины на ввоз конечной продукции на российский рынок. А также решить вопрос с инвестициями в технологические переделы, недоступные для частного бизнеса ввиду высокой стоимости. В частности, для развития в стране полупроводникового производства необходимы три-четыре фабрики, построенные на средства государства. Таким образом, в результате партнёрства государства и бизнеса, можно будет достичь необходимых темпов роста и получить через десять лет долю мирового рынка в размере 2,5%. Для сравнения, таких показателей сейчас добилась Бразилия благодаря реализации государственной программы развития электронной отрасли.

Ответ со стороны государственной власти далее держал заместитель министра промышленности и торговли РФ Андрей Богинский. Возражение вызвал тезис, что в стратегии развития отрасли основной упор нужно делать на поддержку экспорта. По его словам, проблема не в том, что российские радиоэлектронные продукты не могут выйти на зарубежные рынки, а в том, что достойных продуктов очень мало. А для поддержки экспорта со стороны государства необходимые условия созданы. В том числе действует российский экспортный центр, которым успешно пользуются другие отрасли. К сожалению, ввод заградительных таможенных пошлин на готовую радиоэлектронную продукцию затруднён по условиям вступления России в ВТО, которые отличаются от применявшихся к Китаю, Бразилии и Индии.

Развитие отечественной электронной отрасли видится в том, чтобы использовать, в первую очередь, потенциал внутреннего рынка. В настоящее время доля продукции для гражданских целей в электронике России составляет менее 10%. Но за прошедший год за счёт военного сектора российская электроника выросла почти на 30% – такого показателя нет ни в одной другой отрасли промышленности. И это позволяет реализовать стратегию укрепления позиций отечественных производите-

Владимир Трещиков

Борис Рудяк

Александр Цейтлин

лей на внутреннем рынке за счёт стабильного государственного оборонного заказа с последующей диверсификацией производства на гражданский сектор и выхода на мировые рынки с передовым продуктом.

Директор департамента радиоэлектронной промышленности (Министерство промышленности и торговли РФ) Сергей Хохлов продолжил дебаты в части государственной поддержки производств электронных компонентов. В конце сентября 2015 г. Президент РФ провёл совещание по вопросам развития рынка микроэлектроники, по итогам которого было принято два ключевых решения. Во-первых, утверждено формирование с помощью государства гарантированного заказа у микроэлектронных производств. Одним из примеров является поддержка внедрения микрочипов «Микрон» и «Ангстрем» в национальные платёжные системы. Отечественным компаниям трудно конкурировать с зарубежными производителями в сфере микроэлектроники ввиду высокой себестоимости и сравнительно малых масштабов производства. Поэтому государство берёт на себя субсидирование части затрат по данному проекту. Второе важное решение предусматривает дальнейшее технологическое развитие микроэлектроники. Государство просубсидирует часть процентов по кредитам, полученным на развитие отечественных микрочипов до уровня 45 нм для «Микрона» и 65 нм для «Ангстрема». Поднимался вопрос о возможности и целесообразности строения фабрики для производства микрочипов размером 22 нм. Однако решение такой задачи потребует порядка €1,5–2 млрд инвестиций, что является внушительной суммой даже по меркам государственного бюджета.

В обсуждении также приняли участие директор GS Group Андрей Гусев, временный генеральный директор «Росэлектроники» Игорь Козлов, генеральный директор «НИИМЭ и Микрон» Геннадий Краников и генеральный директор «Ангстрем» Константин Носов. После того как эксперты обменялись мнениями, модератор собрал воедино предложения, которые могут помочь росту российского рынка электроники. Это стабильный государственный заказ и введение налоговых преференций для производств в сфере микроэлектроники, а также государственное регулирование, обязывающее производителей радиоэлектронной продукции локализовать производство в России, и предоставление отечественным предприятиям льготных кредитов на развитие проектов в сфере электроники.

Не менее острая дискуссия ожидала участников и слушателей следующей секции под названием «Диалог заказчиков и производителей радиоэлектронной продукции». Модератором её выступил председатель отраслевого отделения по радиоэлектронике «Деловой России» Андрей Безруков. Эксперты попарно представляли собой примеры успешных союзов крупных заказчиков и производителей.

Генеральный директор компании «Т8» Владимир Трещиков поделился наблюдениями за развитием рынка скоростной связи в России. Он отметил, что пока импортозамещение в данной сфере выродилось в «замену американского оборудования на китайское», и это является основной бедой. Более 70% рынка в России сейчас занимает продукция компании Huawei, которая при этом пользуется поддержкой в части кредитования от российских банков. В августе 2015 г. два крупнейших оператора связи России объявили о закупках оборудования Huawei на $600 млн каждый. В текущих ценах сумма закупок составила 81 млрд руб. При средней выработке в радиопромышленности в 1 млн руб. на человека, эти два контракта могли бы обеспечить 81 тыс. рабочих мест в России.

Второй важный аспект – это информационная безопасность систем связи. При существующих технологиях 5–10% полосы может использоваться для передачи недокументированного трафика. Особый риск возникает при использовании в сети транспортного и коммутационного оборудования одного производителя. По этой причине Китай и США, например, национализировали производства ради получения доверенного оборудования для систем связи. По высказыванию основателя компании Huawei Жэнь Чжэнфэй «страна без собственного достойного оборудования – всё равно, что государство без вооружённых сил». России пора последовать примеру этих стран, реализовав импортозамещение в должном формате замены импортного оборудования на российское в столь чувствительной сфере. Возможные действия со стороны государства видятся такими:

- Заключение рамочных договоров с крупными операторами связи на уровне правительственной комиссии о закупках отечественного оборудования и кредитование госбанками таких контрактов для предоставления рассрочки.
- Запуск программы утилизации в телекоммуникационной отрасли в формате замены старого импортного оборудования на новое отечественное с небольшой доплатой.
- Разработка программы импортозамещения оборудования по аналогии с программой Минкомсвязи по софту.

Старший вице-президент по технической инфраструктуре «Ростелеком» Александр Цейтлин разъяснил позицию оператора как заказчика систем связи. В потребительском сегменте по отношению к отечественным производителям преференций нет, и они участвуют в тендерах компании на общих основаниях, так как основная задача «Ростелекома» – обеспечить клиентов качественной доступной связью. Другое дело – сегмент государственных заказчиков, включая силовые ведомства, для которых важно создать высоконадёжную систему связи, чтобы передаваемую информацию нельзя было снять, исказить или выключить систему передачи. Здесь «Ростелеком» приветствует отечественное оборудование полностью российской разработки либо локализованное, но отвечающее определённым критериям.

Председатель совета Ассоциации производителей электронной аппаратуры и приборов Светлана Аппалонова высказалась по вопросу оценки соответствия телекоммуникационного оборудования российскому происхождению. По её словам, пять лет назад государство разработало следующие основные критерии: программное обеспечение и интеллектуальная собственность должны быть российскими, а решения в компаниях должны приниматься российской стороной. При Минпромторге создан Межведомственный экспертный совет, который проводит экспертизу компаний по выработанным критериям. И, тем не менее, отдельные структуры и крупные заказчики вводят собственные правила для оценки российского происхождения оборудования, действуя, с точки зрения собственного бизнеса из лучших побуждений. Однако нужно понимать, что импортозамещение – это задача для всей страны, а не отдельного предприятия, и конечной результат должен способствовать информационной, экономической и технологической безопасности России. В подтверждение этого на уровне Правительства РФ начинают разрабатываться директивы, регулирующие критерии оценки российских производителей компаниями-заказчиками с государственным участием.

В интересном свете представил обсуждаемую тему участникам конференции президент компании «Компэл» Борис Рудяк. Такое ощущение, что в России существуют две российские электроники. Одна из них, так или иначе, работает в интересах государства, нацелена на получение государственных заказов, субсидий и поддержки. Вторая – конкурентная электроника, где оперируют понятиями «реклама», «маркетинг», «конверсия», а способность товара или услуги продаваться зависит только от конкурентных качеств. И это два разных мира, которые с трудом понимают друг друга. Кроме того, интересы конкурентной электроники никто не лоббирует, поэтому часто её не замечают или даже не догадываются о её существовании. Поэтому она оказалась в выигрышной позиции свободного плавания, когда государство не помогает, но и не мешает развиваться.

Многие полагают, что российской потребительской электроники как серьёзного понятия не существует. Однако опыт компании «Компэл» демонстрирует обратное. Будучи лидером в сфере поставки электронных компонентов, компания несколько лет назад занялась направлением инновационной потребительской электроники и начала выводить товары на рынок под брендом сети магазинов «ДаДжет». Если сперва 100% продаваемых в этой сети товаров были импортными, то сейчас 25–30% номенклатуры занимают умные приборы российского происхождения, и ожидается увеличение их доли до 50%. В планах компании «Компэл» – выход с потребительскими товарами российского производства на зарубежные рынки, которые по объёму не сравнимы с российским. Единственная значимая проблема – это неэффективность отечественных институтов в части регулирования международной торговли. Для того чтобы вывести товар на рынок, российским компаниям приходится затратить в 3–4 раза больше времени и денег, чем иностранным предприятиям. И, тем не менее, конкурентная электроника будет двигаться вперёд.

В дискуссии также приняли участие заместитель генерального директора по маркетингу и работе с государственными заказчиками ФГУП «Госзнак» Виктор Барилкин и генеральный директор «Вокорд» Тимур Векилов. В заключение конференции состоялась сессия «Электроника России – основа технологического прорыва страны». Эксперты представили своё видение развития высокотехнологичных отраслей, производственных процессов будущего, обсудили перспективы рынка Интернета вещей.

Мероприятие в этом году собрало более 100 представителей бизнеса, государственных структур и общественных объединений, что свидетельствует об актуальности затронутых вопросов и возросшем внимании к электронной отрасли в целом. Получилась настоящая конкуренция идей. Одни выступали за постановку высоких целей, развитие экспорта и частную инициативу, другие сомневались в конкурентоспособности российской продукции, предлагали государственные методы регулирования и поддержку отрасли. Позитивный результат обсуждения состоит в том, что, несмотря на различие позиций, никто не остался равнодушным к идеям развития российской электроники.

Материал подготовила
Наталья Пискунова

Перспективные терагерцовые поляризованные информационные системы
Часть 1

Александр Гордеев (г. Ульяновск)

В настоящей статье, наряду с рядом предыдущих публикаций в журнале «Современная электроника» по перспективной 300-градусной радиационно-стойкой силовой электронике, СВЧ-электронике, фотонике и релятивистской энергетике, продолжена тема раскрытия новых энергетических граней и возможностей монокристалла LPE i-GaAs, технология которого создана д.т.н. Виктором Войтовичем [1].

Статья публикуется в авторской редакции. Мнение редакции не всегда совпадает с позицией автора. Но редакция открыта для диалога и предоставляет специалистам возможность донести свои идеи до аудитории журнала. Специализированный журнал – это информационная площадка, на которой порой встречаются самые невероятные проявления творческой мысли.

По существу, данная статья является пояснительной запиской к реализации нового, достаточно ёмкого, не имеющего аналогов проекта в области терагерцовых систем обработки, трансляции и приёма информации («три в одном») и адресной передачи, в том числе через спутниковые системы, мощных пакетов электроэнергии. А кроме того, с некоторой долей вероятности, – к созданию нового направления в науке: тера-магнито-ядерной энергетики (нейтронно-водородная трансмутация).

На основе собственных разработок, а также идей и практических результатов советских учёных, лауреатов Ломоносовской и Ленинской премий С.А. Ахманова и Р.В. Хохлова, в данной статье изложен системный подход к построению мощных терагерцовых энергосистем различного назначения на базе уникальных свойств атомной поляризации диэлектрических материалов типа $A_{III}B_{V}$, $A_{III}B_{VI}$ и др.

Статья предназначена для специалистов, глубоко понимающих проблемы оборонного комплекса, носителей идеологии импортозамещающего развития экономики на основе технологий, опережающих мировой уровень.

Назначение и востребованность терагерцовых систем – практическая и гипотетическая

Практическая, реальные зоны применения

Терагерцовый диапазон – это частоты от 3×10^{11} до 3×10^{14} Гц (0,3…300 ТГц) с длинами волн 1,0…0,001 мм и энергией квантов волны 10^{-3}…1,5 эВ.

Терагерцовые системы очень полезны для следующих применений:

- обработка, приём, адресация информации со скоростями от единиц (2016 г.) до сотен Тбит/с (2020 г.);
- исключение упругого (ньютоновского) столкновения баллистических аппаратов со случайными или неслучайными (ПРО) космическими объектами с суммарно-встречными скоростями до 20 Махов;
- создание водородного топлива из воды (гигакластерная диссоциация плюс тера/петаатомная диссоциация) для авиации, космоса, автомобильной промышленности, обогрева и т.д.;
- «релейная» связь (т.е. направленная, узкополосная, Bluetooth-связь), локация, навигация, а также телеметрия в прозрачных «окнах» атмосферы (с $\lambda \approx 0{,}01$ мм);
- радиосвязь через гиперзвуковую плазму (на плазменно-прозрачных «тера»-частотах);
- терапсихотроника (корректировка сознания, рефлексов на «чёрных частотах» квантово-приёмной системы – человека, т.е. на длинах волн около 0,01 мм);
- замена рискованных методов лечения онкологии, таких как химиотерапия, электронные пучки и, тем более, протонная терапия опухолей мозга, технециево-изотопная терапия, на практически безвредную (в пределах «ожоговой» зоны) терачастотную ИК 10-микронную терапию на базе резонансно-клеточного поглощения ИК-энергии с последующим локальным распадом кислородо-насыщенных белковых биоклеток (распад белка ткани человека при температуре более 42°С);
- терагерцовые системы и бортовая сенсорика на БПЛА разных типов: микро- (весом в доли грамма), милли- (несколько грамм) и мини- (несколько килограммов) дронах, а также на мини-спутниках (по типу «Ломоносов» – до 10 кг) и мега-дронах (А-50, ТУ-160, ПАК ДА, гиперзвуковых аппаратах), самоуправляемых интеллектуальных автомобилях;
- создание интеллектуальных систем для антитеррористических применений и обеспечения безопасности, АПЛ/ДПЛ-дроны (с возможностью спутниковой ИК-связи из подводного положения на частотах, превышающих атомно-молекулярные кластерные колебания воды и солей металлов (использование морской соли в качестве поляризованного проводника-антенны, что затрагивается и в этой статье));
- всепогодные бортовые лучевые ИК-системы ПРО/ПВО, действующие в окнах прозрачности атмосферы на волнах длиной 3…5 и 8…12 мкм, включая ИК-перехват ПТУРСов и, вероятно, артснарядов залпового огня или гаубиц (изменение точечно-пространственной энергетики среды полёта снаряда);
- ИК-нейтрализация живой силы противника;
- неохлаждаемые, сверхлёгкие ИК-гаджеты в виде очков/шлемов для ночного/теплового видения (имеется разработанный проект с интересной версией «шлем–ИК-нейтрализатор»);
- разложение бензольного радикала (бензина) на H_2 и С и озонизация кислорода перед прямым впрыском (новые ДВС со сверхвысокими КПД и мощностной эффективностью).

И для многих других применений – вплоть до очистки крови или диагностики онкологических заболеваний молочной железы за доли секунды (личные гаджеты) на резонансных для кластерных скоплений кислорода радиочастотах в 60 ГГц и в начальном терадиапазоне.

По мнению автора, всё вышеперечисленное можно было бы осуществить к настоящему моменту в случае отсутствия предубеждений, предвзятых мнений и противодействия.

А что в будущем?

Парадоксальная гипотеза

Тера- и петатранспорт электромагнитной энергии, например, на эффекте сверхтуннелирования [2] в твёрдом теле, допустим, в GaAs, при длинах пробега ≤4…5 нм (это вероятные нормы микроэлектронного производства к 2020 г. у таких фирм, как IBM, Intel, Samsung и TSMC) с плотностью электронов до 10^{21}/см^2, или резонансно-параметрическая поляризованная генерация в диэлектриках с $\rho > 10^9$ Ом × см с элементами III группы таблицы Менделеева – Ga или Al (в частности, рассматриваемый здесь LPE i-GaAs) в дальнем терадиапазоне (короткий ИК-диапазон) при наноразмерных резонаторах, или нано/субнанодрейф плазмонов на поверхности металлов создадут условия для терачастотных/тераэрстедных магнитных полей, что может послужить инструментом воздействия на «карликовый» водородоподобный нейтрон. Суть – в энергоконтакте внешнего магнитного поля с ядерным магнетроном.

Как известно, нейтрон обычно распадается на протон, электрон и дефект массы – антинейтрино, излучаемое с гиперсветовой скоростью. Нейтрон имеет нулевое внешнее поле, спин $S = \hbar/2$ – собственный механический момент, а также магнитный момент – в виде ядерного магнетрона. Нейтрон – это как бы «водородоподобный карлик», имеющий протон и волновой («сферообразный») электрон при радиусе «водородоподобного карлика» на четыре-пять порядков меньше радиуса атома водорода. Соответственно, встроенное прототипно-электрическое поле будет на несколько порядков выше, чем в атоме водорода (10^9…10^{10} В/см), т.е. достигать значений выше 10^{15} В/см.

Если радиус нейтрона «сжимать» внешними полями, то, в отличие от стандартной модели возбуждения атома, его энергия будет увеличиваться, а если «разжимать», то энергия будет резко падать. Это значит, что если произойдёт «космический взрыв» нейтрона (что и происходит при упругом столкновении нейтрона с атомом водорода в том же водородонасыщенном парафине, то выделяется энергия порядка МэВ, при величине которой >14,2 МэВ ещё рождается и антиматерия – позитрон. (Кстати, а при каких условиях родится антипротон – при 10^6 МэВ? Или ещё больше? И нельзя ли синтезировать новый «карлик» с новым – отрицательным – ядром?) Следовательно, моделируя субангстремный «движок» в виде «статора»-протона и «ротора»-электрона (волны электрона), можно задаться вопросом – а нельзя ли этот «движок» затормозить или ускорить? Или «разжать/сжать» маятниковый ядерный осциллятор?

Гипотетически, такая возможность существует и, следовательно, «быстрые» нейтроны можно перевести в «медленные», а «медленные» – в «быстрые». А «водородоподобный карлик» довести до размеров атома водорода.

Если рассмотреть эти процессы через призму открытия Нобелевских лауреатов по физике 2012 г. за исследования в области квантовой оптики француза Сержа Ароша и американца Дэвида Вайнлэнда, то, по сути дела, описанное «водородоподобное расши-

рение» радиуса нейтрона на порядки приведёт к выделению огромной термоядерной энергии в материи (в системе протон–электрон), т.е. со сбрасыванием температуры продукта ядерной мутации нейтрона в водород до нулевой кельвиновской температуры с выделением энергии в пространство. И наоборот, «сжатие» водорода и его трансмутация в нейтрон – это ядерный «склад» энергии, который, предположительно, по этой схеме и работает в ядре Солнца.

Или, по-другому, воздействуя гипермагнитными квантами на нейтрон, мы сможем получить как бы ядерный «фотоотклик», точнее, магнито-квантовый отклик. Вот и вся суть возможной тера- и петаэнергетической магнитоядерной инициативы. Здесь много «магнитных тайн», подобных тем, с которыми мы сталкиваемся почти ежедневно.

Отечественный и зарубежный заделы в терагерцовой электронике

Терагерцовые аналоговые и цифровые системы – это разные по уровню сложности субмикроэлектронной архитектуры системы. Это чётко проявляется, допустим, при построении аналогового генератора на транзисторах типа FinFET при длине канала 14…22 нм, предельные частоты которого достижимы, например, на той же КМОП-системе, только при дрейфовых длинах канала в 10, а то и 7 нм. Выстраивать твердотельные (в обычном понимании – полупроводниковые) аналоговые системы без «оцифровывания» приёмо-передающего сигнала исключительно сложно из-за уровня шумов, превышающего зачастую уровень усиления аналогового сигнала. Это означает, что, скажем, в терагерцовом АЦП должны быть практически разные по типу технологии цифровые и аналоговые элементы.

Развитие терагерцовой электроники (генераторы, передатчики, усилители, приёмники) ведётся по двум направлениям:

- вакуумная терагерцовая электроника;
- твердотельная электроника.

Вакуумная терагерцовая электроника с выходной мощностью от 0,5 до 1000 кВт выполняется на гиротронах, а также на клистронах, лампах бегущей волны (ЛБВ) и лампах обратной волны (ЛОВ). Проблемы, с которыми сталкиваются разработчики зарубежных фирм (Toshiba, SLAC, CPI), а также российские (ИПФ РАН (г. Нижний Новгород) и «Исток» (г. Фрязино)), – это массогабаритные показатели (уровня «шкафов»), теплоотвод, модуляция электронного потока по фазовым скоростям. Кроме того, необходимы сверхпроводящие магниты с полями в десятки тесла.

Твердотельная терагерцовая электроника за рубежом выстраивается на FinFET, смесительных GaAs-SBD, наноразмерных диодах Ганна, HBT, p-HEMT, MHEMT, MDM (приборы на эффекте Джозефсона), микроболометрах, фотонных приборах (терагерцовых лазерах на $A_{III}B_V$, фемтосветодиодах). Есть и такая экзотика, как наноразмерные резонансно-туннельные диоды (РТД) и самопереключающиеся диоды (Self-Switching Diodes, SSD). Но это всё техника нано-, микро- или, в лучшем случае, милливаттного терагерцового диапазона. Попытки «умножить» частоту на смесительных диодах, в частности, на GaAs-SBD, ни к чему хорошему не приводят из-за резкого усиления коэффициента шума, достигающего немыслимых величин – до 14–15 дБ при аналогичном коэффициенте усиления мощности.

Тем не менее, программа DARPA «Terahertz Electronics» (с 2009 г.) заметно продвинулась на базе InP HBT и HEMT (с обогащённым 2D-каналом и подвижностью выше 20 000 $см^2/В \times с$), что привело к созданию сверхмалогабаритных передатчиков и приёмников на частотах выше 1 ТГц с милливаттными мощностями и высокой широкополосностью. Кроме этого, агентство DARPA в 2014 г. сообщило о создании самого быстрого в мире процессора с тактовой частотой выше 1 ТГц, и, надо полагать, что в 2016 г. предельная скорость обработки и адресации информации будет удвоена. TMIC-процессор (Terahertz Monolithic Integrated Circuit) или цифровая система $С^3$БИС, видимо, выполнена всё-таки пока по кремниевой КМОП-технологии, поскольку сложно создать плотность упаковки элементов в 2×10^{10} элементов на 1 $см^2$ и выше в бездефектной зоне, допустим, на $A_{III}B_V$.

Одним из «игроков» в терагерцовой зоне является и американская компания Freescale (в 2015 г. объединившаяся с голландской NXP Semiconductors) с её GaAs-MOSFET-системами, которые являются практически в 20 раз более скоростными в сравнении с кремниевыми MOSFET-системами. В России же о MOSFET-технологиях на GaAs пока не помышляют.

Наиболее выдающихся успехов в диффузионно-дрейфовой технологии переноса терагерцовой электроники ближнего диапазона достигла фирма Northrop Grumman Corporation [3], что, вероятно, будет технологически осязаемо в РФ, в лучшем случае, к 2020 г.

Пути усиления терагерцовой твердотельной техники находятся, прежде всего, в плоскости совершенства кристаллографических гетероструктур на основе элементов $A_{III}B_V$ и, как это ни странно, на $A_{IV}B_{IV}$. При этом нужно временно «забыть» о GaN p-HEMT с большим уровнем шума.

Пиковый уровень полупроводниковых технологий продемонстрирован год назад IBM [4]: в экспериментальных процессорах, изготовленных по 7-нм FinFET-техпроцессу, «по сравнению с 10-нм чипами ожидается 50-процентный выигрыш не только в производительности, но и в энергопотреблении». «Это значит, что нынешние прогрессивные 14-нм чипы будут казаться рядом с 7-нм устаревшими, медленными и горячими «динозаврами», – утверждают в IBM (впрочем, многолетний опыт Intel по выпуску массовых чипов по 32-нм, 22-нм и 14-нм техпроцессам, показывает, что подобные «прожекты» на практике могут и не оправдаться – прим. ред.).

Напомним, что в России технология 65 нм находится пока лишь на стадии освоения. Собственно, это было отмечено в «Стратегии развития электронной промышленности России на период до 2025 г.», утверждённой девять лет назад (летом 2007 г.). В ней, в частности, отмечалось: «Из-за технологического отставания в области твердотельной СВЧ-электроники имеются серьёзные проблемы в создании современного радиолокационного вооружения… Сегодня очевидно, что дальнейшее отставание России в такой ключевой области промышленности, как производство электронных компонентов, крайне опасно и недопустимо, поскольку не позволит перейти от сырьевой экономики к «экономике знаний» и обеспечить первоочередное развитие высокотехнологичных отраслей промышленности».

Ещё раз подчеркнём, что прошло девять лет. С учётом капитальных вложений (как государственных средств, так и на основе кредитных линий) потрачено около 100 млрд руб., а технологический разрыв не только не сократился, но увеличился!

Санкции ещё больше обострили проблемы разработчиков гиперчастотных электронных систем. В итоге, разработанная и достаточно продуманная Программа импортозамещения (Приказ

Минпромторга от 31 марта 2015 г. №662 «Об утверждении отраслевого плана мероприятий по импортозамещению в радиоэлектронной промышленности Российской Федерации») может оказаться «кислородной подушкой» для разработчиков систем ОПК РФ. Но одно дело – принять и утвердить программу репродукции ЭКБ с уровнем начала века, другое дело – её выполнить так, чтобы новые приборы были не хуже «начала века».

Является ли Программа импортозамещения исчерпывающей для национальных интересов? Конечно, нет. Автор неоднократно подчёркивал (и многие это понимают), что это – «программа реанимации», а нужна «программа реабилитации и развития», т.е. программа опережения мирового технологического уровня. Если этого не сделать, то страна в своём развитии будет отброшена далеко назад. Скорее всего, программу опережения в области радиофизики и электроники должны разработать Минобрнауки и РАН и, вероятнее всего, на эту программу необходимо выделение ежегодных государственных субсидий в размере хотя бы 1% от углеводородного дохода (примерно $4 млрд в год), если ставить задачу сохранения национального суверенитета государства. Новый технологический облик промышленности государства должен создаваться талантливыми учёными. Тем более что такая практика уже существует в DARPA и постепенно выстраивается в ФПИ.

Напрашивается вопрос – есть ли в России фундаментальные и технологические предпосылки для создания программы опережения (программы «экспортозамещения» тающих ресурсов углеводородного сырья)? Если искоренить «лысенковщину» и противодействие чиновников, то обнаружится, что запас идей у нас – на сто лет вперёд. Есть у нас и новые Ландау, и Прохоровы, и Алфёровы. Их даже искать не надо. Необходимо только понять и признать, что это талантливые люди, по сути – национальное достояние, которых государство должно беречь и поддерживать.

Конечно, достижение роли мирового технологического лидера в электронике – непростая задача. Однако стремление к этому – гораздо лучше, чем заранее заданная позиция второсортности и обречённости на неудачи. В итоге, нужны государственные реформы в области науки, высоких технологий и интеллектуальной собственности в этой сфере. Мои предложения по реформам в области науки и высоких технологий находятся в Управлении Президента РФ по научно-образовательной политике.

Итоговый вопрос такой – каким образом, за счёт каких радиофизических явлений и других технологий можно было бы создать не просто паритет в базовой твердотельной электронике, но и постараться сделать всё необходимое, чтобы превзойти мировой уровень в стратегически важном терагерцовом диапазоне? Продолжение данной статьи посвящено именно этому вопросу технологического опережения.

Литература

1. *Voitovich V., Rang T., Rang G.* LPE Technology for Power GaAs Diode Structures. Estonian Journal of Engineering. 2010. 16. 1. P. 11–22.
2. *Войтович В.Е., Гордеев А.И., Звонарев А.В.* Фотонная и релятивистская энергетика на основе LPE i-GaAs-монокристаллов. Современная электроника. 2015. № 7.
3. www.esto.nasa.gov/forum/estf2015/presentations/Deal_S1P6_ESTF2015.pdf.
4. www.hitech.vesti.ru/news/view/id/7311.

Ультразвуковая разварка медной проволокой в серийном производстве

Михаэль Брокельман (Германия)

Перевод: Павел Башта, Кристина Набережных, Надежда Елькова

Рост требований к полупроводниковым компонентам обусловил внедрение новых технологий монтажа кристаллов. Одной из перспективных технологий является разварка кристаллов с использованием медной проволоки. Несмотря на ряд преимуществ, специфика данного технологического процесса требует уделить больше внимания состоянию расходных материалов для разварки, по сравнению с разваркой алюминиевой проволокой. Данная статья описывает критерии для оценки износа расходных материалов и пути снижения износа.

Введение

В последнее время из-за роста потребности в эффективных и высоконадёжных устройствах, таких как оборудование для возобновляемых источников энергии и электротранспорта, интенсивно разрабатываются новые технологии соединения силовых полупроводниковых приборов. Помимо современных технологий монтажа кристаллов, например спекания, для создания соединения на верхней стороне подложек в силовой электронике сейчас активно внедряется технология разварки медной проволокой, а в ближайшем будущем планируется массовое производство изделий с медной проволокой.

На сегодняшний день медная проволока широко востребована в качестве материала для разварки кристаллов, поскольку её характеристики значительно превосходят стандартно используемую алюминиевую проволоку. Медные соединения обладают более высокой электро- и теплопроводностью, а также механической стабильностью, по сравнению с алюминиевыми. Кроме того, кристаллы с металлизированными медью контактными площадками и последующей разваркой медной проволокой проявляют более низкое несоответствие температурных коэффициентов линейного расширения (Si – 2,6 ppm/K, Al – 23 ppm/K, Cu – 17 ppm/K), что повышает механическую прочность и обеспечивает надёжность контактных соединений.

Разварка медной проволокой

Преимущества и недостатки

Современные тенденции в области силовой электроники связаны, в основном, с более высокими энергиями и температурами соединений. Помимо усовершенствования метода формирования соединения на нижней стороне силового полупроводникового прибора необходимо также улучшить метод формирования соединения и на верхней стороне. Использование алюминия нецелесообразно из-за его ограниченной электропроводности и температурной стабильности, поэтому медь становится единственной подходящей альтернативой.

Медная проволока, по сравнению с алюминиевой, имеет меньший срок хранения и более высокую стоимость. По этой причине медная проволока ещё не заменила алюминиевую в крупномасштабном производстве. Кроме того, при разработке изделий и полупроводниковых продуктов необходимо учитывать возможность применения в них медной проволоки. Металлизация поверхности кристаллов или выводных рамок алюминием не допускает использования разварки медной проволокой.

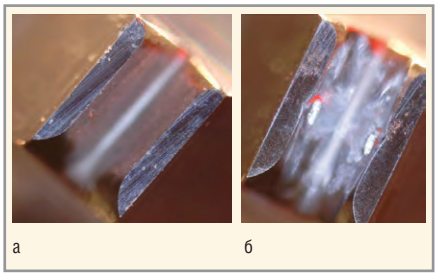
При разварке алюминиевой проволокой инструмент разварки обеспечивает около 100 000 сварок. После очистки скопившихся во время работы остатков проволоки инструмент можно использовать ещё несколько раз (в общей сложности до 1 млн сварок). При использовании медной проволоки срок службы инструмента составляет менее 30 000 сварок, остатки проволоки не скапливаются, однако изнашивается сам инструмент. В зависимости от инструмента срок службы может меняться. Короткий интервал замены инструмента увеличивает время вынужденного простоя оборудования, а также затраты на его обслуживание, что, в свою очередь, сказывается на конечной стоимости изделия. Именно поэтому использование медной проволоки в разварке кажется производителям невыгодным.

Учитывая сказанное, перед поставщиками инструмента и оборудования для разварки можно поставить две цели. Во-первых, увеличить срок эксплуатации инструмента разварки медной проволокой путём изменения применяемых материалов, конструкции и технологических параметров процесса разварки. Во-вторых, внедрить неразрушающий метод мониторинга процесса для обеспечения желаемого качества соединений и определения фактического состояния износа инструмента разварки.

Механизм износа

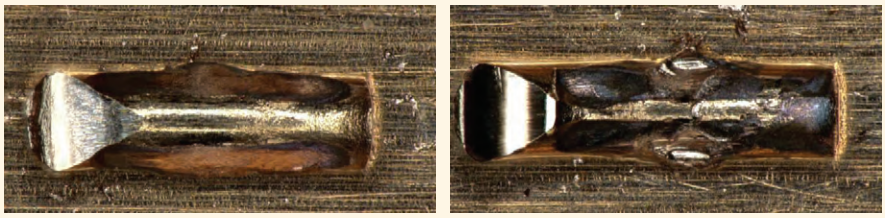
Основным недостатком разварки толстой медной проволокой является малый срок службы расходных материалов, особенно инструментов разварки и ножей для обрезки проволоки. Модуль упругости Юнга и предел прочности на растяжение у медной проволоки значительно выше, чем у алюминиевой, поэтому усилие разварки и ультразвуковая мощность примерно в 2–3 раза превышают те же показатели при стандартной разварке алюминиевой проволокой. В сочетании с плотностью и абразивными свойствами медной проволоки это значительно снижает срок службы соответствующих инструментов. При проведении исследований на долговечность, которые описаны далее, была выполнена только единичная разварка без формирования петли.

На рисунке 1а изображён новый стандартный инструмент для разварки проволокой диаметром 500 мкм (вид снизу). Инструмент изготовлен из карбида вольфрама и взят за образец во всех последующих исследованиях (инструмент А). На фото видны две площадки V-образной канавки инстру-



а б

Рис. 1. Вид на рабочую зону нового инструмента для разварки: а – вид снизу; б – вид после выполнения 25 000 сварок



а б

Рис. 2. Пятно разварки: а – полученное при использовании нового инструмента, взятого за образец; б – полученное с помощью того же инструмента, выполнившего 25 000 стандартных операций сварки

мента разварки, который, как правило, имеет эллиптическую форму и гладкую матовую поверхность. Благодаря особой конструкции центра инструмента, не наблюдается сильной текучести материала. Ширина пятна контакта меньше, чем при разварке алюминиевой проволокой, и составляет приблизительно 120% от диаметра проволоки. На рисунке 2а изображено пятно контакта проволоки (вид сварного соединения сверху).

В процессе использования инструмента, взятого за образец, форма, поверхность наконечника инструмента и пятно контакта существенно меняются. Контактная поверхность инструмента изнашивается (см. рис. 1б). В отличие от разварки алюминиевой проволокой, в данном случае остатки материала не скапливаются на инструменте, однако на поверхности разварки сказывается износ V-образной канавки инструмента. Результат использования инструмента с изношенным наконечником можно видеть на пятне разварки (см. рис. 2б).

Причинами износа являются истирание и пластическая деформация. Кроме того, наблюдается разрушение поверхности материала и повторное отложение мелких частиц при окислении меди.

Описанные механизмы износа являются следствием высокого механического давления в зоне контакта проволоки и инструмента и зависят от характеристик меди. Кроме того, предполагается, что относительное движение между медной проволокой и инструментом также приводит к износу. По завершении процесса разварки нижняя сторона проволоки уже присоединена к контактной площадке, в то время как инструмент продолжает колебаться. Такое относительное движение между инструментом и квазификсированной контактной площадкой можно компенсировать за счёт упругой деформации проволоки и движения инструмента и проволоки относительно друг друга (микропроскальзывание). Более высокий показатель модуля упругости Юнга меди, по сравнению с алюминием, уменьшает пластическую деформацию, и микропроскальзывание в данном случае становится решением проблемы износа инструмента. Блестящая и гладкая поверхность изношенного кончика инструмента разварки, изображённая на рисунке 1б, подтверждает данную гипотезу.

Рассмотренные механизмы износа инструмента разварки напрямую никак не влияют на прочность разварки. Усилие сдвига сварного соединения, выполненного с помощью инструмента, выполнившего 25 000 сварок, не снижается.

Состояние расходных материалов при разварке

Для исследования состояния расходных материалов при разварке толстой медной проволокой были проведены испытания на долговечность и проанализированы различные аспекты качества разварки. При этом под «качеством разварки» понимают сочетание её внешнего вида, технологических показателей и механической прочности.

Испытание на долговечность – экспериментальная модель

Для исследования долговечности была выбрана экспериментальная модель разварки медной проволокой диаметром 500 мкм со стандартными параметрами и компонентами. Для испытаний была выбрана проволока PowerCu фирмы Heraeus (Германия). Из-за необходимости проведения большого количества разварок были исполь-

SOVTEST
ВАШ ПАРТНЕР ПО КАЧЕСТВУ
Новинка компании HESSE MECHATRONICS
Модель BJ980. Автоматическая установка разварки толстой проволокой клином.
Новые и усовершенствованные функции установки BJ980:
• самые большие рабочие зоны среди установок разварки (305 x 1132 мм, 370 x 1132 мм, 700 x 1132 мм)
• возможность использования проволоки диаметром 50–600 мкм из материалов Al, Cu, AlCu
• E-Box: запатентованное решение для оптимизации времени замены инструмента и задания контрольных точек
305000 Россия, г. Курск, ул. Володарского, д. 49А
тел.: (4712) 54 54 17
факс: (4712) 70 88 85
www.sovtest.ru
25 лет Успешной работы
Реклама

Рис. 3. Установка для разварки толстой проволокой Hesse Mechatronics BJ939

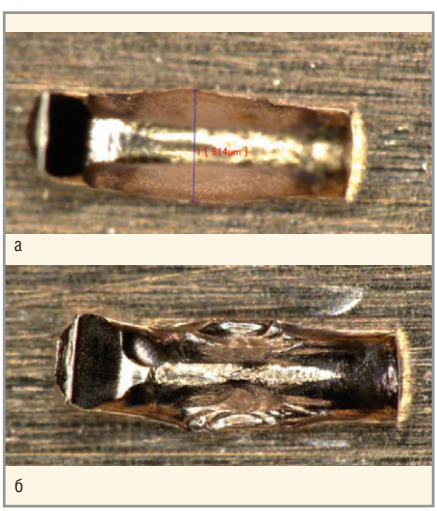


Рис. 4. Поверхность разварки: а – при использовании оптимизированных параметров инструмента; б – после 100 000 сварок

зованы обычные медные пластины с чистой и гладкой поверхностью. Эксперименты проводились на автоматической установке разварки толстой проволокой BJ939 (см. рис. 3) компании Hesse Mechatronics (Германия) с использованием разварочной головки для медной проволоки с тыльным расположением ножа для обрезки проволоки. Установка BJ939 обеспечивает монтажное усилие до 4200 сН и имеет ультразвуковой генератор мощностью до 120 Вт.

При проведении исследования на долговечность были выполнены единичные операции разварки без формирования петли (см. рис. 2 и 4).

Исследование срока службы инструмента для разварки

Ранее рассказывалось, что при использовании инструмента для разварки, взятого за образец, и при стандартных параметрах, рабочая часть инструмента изнашивается довольно быстро. В ходе этого исследования был разработан набор оптимизированных параметров для анализа ультразвукового воздействия и усилия монтажа. Таким образом, удалось существенно сократить время разварки от первоначальных ≥300 мс (стандартные параметры) до ≤200 мс. Несмотря на уменьшение времени разварки, её внешний вид и механические свойства не изменились. На рисунке 4 показано изменение качества разварки и степень износа с ростом количества сварок, причём также снижается стойкость к сдвигу проволочных соединений.

Были также проведены испытания инструмента для разварки с наконечниками из других материалов (инструмент B), в частности из кермета (композиционного материала на основе керамики в металлической матрице). Однако существенного увеличения срока эксплуатации выявлено не было. Наиболее выраженным было нарушение целостности поверхности материала, в то время как истирание и пластическая деформация оказались такими же, как и в случае применения стандартного инструмента из карбида вольфрама.

Для подавления или, по крайней мере, снижения относительного движения между инструментом для разварки и проволокой был предложен и исследован наконечник инструмента другой геометрической формы. Результаты показали незначительное уменьшение износа и снижение вибраций в процессе разварки, однако значительного снижения микропроскальзывания достичь не удалось. В сравнении со стандартным инструментом, срок службы увеличился на 30%.

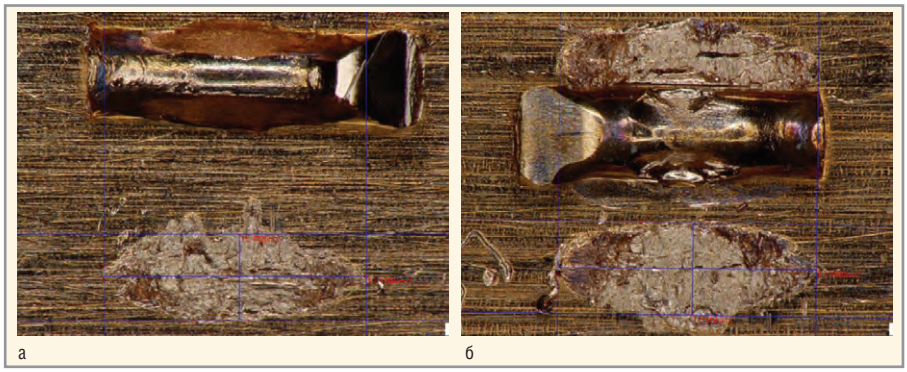
Влияние износа инструмента на качество разварки

Влияние износа инструмента на качество разварки является одним из важнейших вопросов. На рисунке 2 и рисунке 4 можно увидеть, что геометрия и поверхность разварки меняются из-за износа инструмента. Кроме того, когда износ достигает определённого уровня, инструмент начинает контактировать с подложкой микросхемы во время процесса разварки (см. рис. 4б), что препятствует дальнейшей деформации сварного соединения и снижает эффективность усилия разварки. Это свидетельствует об окончании срока службы инструмента разварки. Частый контакт с площадкой в равной степени снижает качество и усилие разварки. Эксперименты показали, что независимо от материала при достижении количества сварок порядка 83 000–90 000 величина усилия на сдвиг сварного соединения снижается на 10%, что ухудшает прочность соединения.

На рисунке 5а показаны пятно сварного соединения и поверхность после тестирования на сдвиг для нового инструмента, а на рисунке 5б – инструмент после 100 000 сварок (инструмент из карбида вольфрама, геометрия данного инструмента схожа с образцовым инструментом с оптимизированными параметрами). И хотя контактная поверхность в направлении инструмента на верхней стороне проволоки сокращается и имеет неправильную форму после 100 000 сварок, эффективная площадь контакта под проволокой остаётся практически такой же, как и при работе с новым инструментом. Очевидно, что усилия, действующего на проволоку, и ультразвукового контакта между инструментом и проволокой по-прежнему достаточно для формирования устойчивой связи при данном уровне износа.

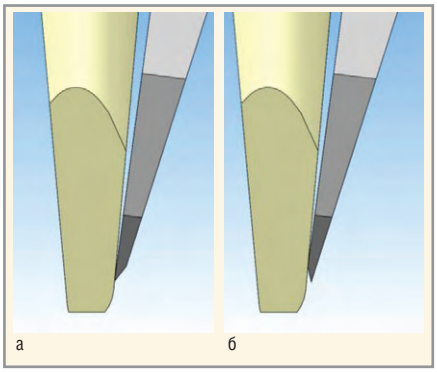
Тем не менее, при дальнейшем увеличении износа этот процесс будет меняться, и качество и прочность разварки будут снижаться. Следует отметить, что в то время как основные механизмы износа на подложках типа Direct Bonded Copper (DBC – прямая медная металлизация) одинаковы, усилие при разварке на DBC может различаться. Кроме того, полная настройка процесса при возникновении контакта инструмента во время разварки имеет большое значение. Если пятно разварки изначально сильно деформировано (например, из-за высокого усилия или долгого времени разварки), контактирование инструмента происходит очень быстро даже при небольшом износе инструмента.

Влияние износа инструмента для разварки на качество разварки зависит от



а б

Рис. 5. Пятно сварного соединения и поверхность после тестирования на сдвиг: а – для нового инструмента; б – для инструмента после 100 000 сварок



а б

Рис. 6. Режущая кромка: а – стандартная, б – вариант конструкции режущий кромки

конкретного процесса, используемого типа инструмента и особенно от понимания термина «качество». В той или иной степени износ может повлиять на внешний вид, отклонение от технологических параметров и механическую прочность разварки.

Износ ножа для обрезки проволоки и направляющей для проволоки

Помимо инструмента для разварки в число расходных материалов входят нож для обрезки проволоки и направляющая для неё. Качественная и эффективная разварка медной проволокой возможна только при условии, что все расходные материалы имеют пригодное для работы состояние.

Изначально в операции по разварке медной проволокой использовались стандартные ножи для обрезки, изготовленные из закалённой стали. Но из-за высокой прочности медной проволоки они быстро изнашивались. Ножи из твёрдого сплава показали более продолжительный срок службы. Поскольку эти материалы сложно обрабатывать и формировать, из твёрдых сплавов были изготовлены только наконечники для ножа, в то время как его корпус был выполнен из стали. После выполнения 1 млн операций обрезки режущая кромка немного изнашивается, но продолжает хорошо резать. После 1,2 млн операций наблюдается большой износ, особенно в центре режущей кромки. Тем не менее, срок службы порядка 1 млн операций обрезки является достаточно хорошим.

При стандартной конструкции ножа для обрезки, режущая кромка скользит вдоль инструмента разварки (см. рис. 6а). Роста качества резки и срока службы ножа можно достичь при другом варианте его позиционирования относительно инструмента для разварки (см. рис. 6б), когда режущая кромка не контактирует с инструментом. Таким образом, она защищена от повреждений, которые могут возникнуть в результате удара или трения об инструмент разварки.

Направляющая для проволоки – ещё один важный расходный элемент. Как и в случае с инструментом для разварки, при разварке медной проволокой к направляющей не прилипают остатки материала. Пластик, из которого выполнена направляющая, имеет достаточно низкое истирание, поскольку сила трения при подаче проволоки и формировании петли невелика. Срок службы направляющей составляет порядка полумиллиона операций сварки и зависит от длины цикла, его траектории и регулировки относительно инструмента для разварки. При разварке необходимо вертикальное и горизонтальное выравнивание, а также выдержка правильного расстояния до инструмента разварки. Проволока должна плавно скользить через отверстие направляющей, которое расположено под V-образной канавкой. Кроме того, трение в верхней части системы подачи проволоки должно быть низким, чтобы уменьшить силу подачи проволоки, и тем самым сократить истирание в той части, где проволока сгибается.

Контроль износа инструмента

Для контроля износа инструмента для разварки и своевременной его замены необходимо собирать и обрабатывать соответствующие данные о процессах, происходящих в оборудовании.

Сбор и обработка технических данных

Современные установки для разварки проволокой способны отслеживать множество различных технологических параметров в режиме реального времени, например, мощность ультразвука, вертикальную деформацию проволоки, резонансную частоту во время процесса разварки. Установка для разварки, используемая в данном исследовании, оснащена интегрированной системой контроля качества (PiQC – Process Integrated Quality Control), которая включает в себя мониторинг дополнительного механического ультразвукового сигнала вибрации, а также сигнала о трении.

Износ инструмента для разварки по-разному влияет на различные технологические параметры оборудования. В процессе работы выяснилось, что вертикальная деформация проволоки особенно чувствительна к износу инструмента разварки. Ранее было сказано, что геометрия контактной площадки инструмента для разварки изменяется из-за износа инструмента разварки, что влияет на деформацию проволоки.

Рисунок 7 показывает изменение индекса качества в зависимости от деформации проволоки (на основе данных PiQC-системы). Процесс разварки является детерминированным и стабильным, но процесс износа и все технологические параметры не постоянны, а подвержены колебаниям. Система PiQC учитывает это и определяет индекс качества сварки близким к 1 до тех пор, пока колебания сигналов не выходят за заданные границы. Для получения достоверных данных об износе необходима фильтрация и сглаживание технологических параметров.

Сигнал об износе должен характеризовать среднее отклонение от исходного состояния. Поскольку износ, как правило, возникает после большого количества сварок, предлагается выполнить дискретизацию данных, используя для расчёта только каждый n-й индекс каче-

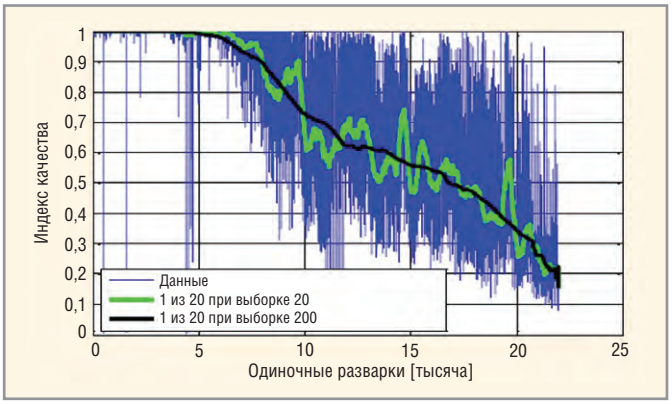


Рис. 7. График индекса качества и мониторинга отклонения сигнала износа

Рис. 8. Сигнал контроля износа до 100 000 сварок

ства. Фильтрация должна выполняться на уровне нижних частот. Так как данные являются дискретными и равноотстоящими, можно выбрать простой фильтр со скользящим средним значением. Такая полоса пропускания фильтра может включать в себя сотни операций разварки. Можно также комбинировать оба метода – снижение коэффициента дискретизации и фильтрацию. На рисунке 7 показаны два метода фильтрации с сокращением количества образцов до 20 операций разварки и скользящим средним значением в пределах 20 и 200 операций разварки соответственно. В последнем случае был получен адекватный реальному состоянию инструмента сигнал контроля износа.

Соответствие износа и технологических данных оборудования

Предложенный подход был проверен на различных инструментах для разварки с различными параметрами. На рисунке 8 показан график расчёта сигнала контроля износа для двух инструментов с наконечниками одинаковой геометрии – из карбида вольфрама (Инструмент А) и кермета (Инструмент В). Инструмент А тестировали со стандартными и оптимизированными параметрами. Полученные данные соответствуют испытаниям, описанным ранее. Инструмент А со стандартными параметрами показал быстрое снижение качества сварки. После выполнения менее чем 25 000 сварок инструмент сильно износился (см. рис. 1б и 2б). Идентичный инструмент с оптимизированными параметрами проделал в четыре раза больше сварок, состояние поверхности разварки видно на рисунке 4. При использовании Инструмента В с наконечником из кермета и традиционных методов мониторинга сварки (оптический контроль, усилие сдвига) существенных улучшений не обнаружено, что также соотносится с результатами, показанными на графике (см. рис. 8).

Сигнал контроля износа инструмента для разварки может использоваться только при определённых настройках. На сигнал может повлиять механическая регулировка ножа для обрезки и направляющей для проволоки. Изменение положения проволоки под V-образной канавкой, вызванное неправильным срезом или смещением направляющей, может, в свою очередь, привести к изменениям в процессе разварки, особенно в части деформации проволоки.

Вместо индекса качества разварки, зависящего от деформации проволоки, можно использовать общий индекс качества. Чувствительность будет отличаться незначительно, поскольку на другие технологические параметры износ мало влияет. Однако использование множества технологических параметров повысит уровень оценки состояния износа.

Определение оптимального интервала замены инструмента

Подача установкой разварки сигнала о достижении заданного пользователем уровня износа инструмента означает, что инструмент необходимо заменить. Однако стоит учесть и другие факторы, которые могут повлиять на процесс разварки – изменения в установке разварки, в проволоке или влияние окружающей среды. Возможно, именно они являются причиной износа, а не количество проведённых сварок.

Заключение

Испытание на долговечность инструментов для разварки показали, что при использовании толстой медной проволоки износ контактирующей с проволокой поверхности инструмента зачастую происходит очень быстро. Тем не менее, результат теста на сдвиг показал, что начальный износ не приводит к значительной потере прочности разварки. Однако, когда истирание материала под V-образной канавкой во время процесса разварки достигает критического значения, возникает контакт инструмента с площадкой. И с увеличением интенсивности износа и частоты контакта инструмента с контактной площадкой во время процесса разварки качество разварки ухудшается.

При использовании инструмента с наконечником из кермета вместо карбида вольфрама наблюдалось незначительное увеличение срока службы инструмента. Бóльшего снижения износа (в четыре раза) можно достичь за счёт оптимизации параметров разварки.

Замена материала ножа для обрезки проволоки с закалённой стали на твёрдый сплав и улучшение геометрии режущей кромки продлевает срок его службы до 1 млн операций обрезки. Интервал замены направляющей для проволоки остаётся в районе полумиллиона операций.

Контролировать износ инструмента для разварки можно с помощью технологических параметров работы установки разварки. В рамках проведённых исследований подобная оценка износа хорошо соотносится с видимым износом, главным образом – с истиранием наконечника инструмента разварки. В будущем такой подход к контролю износа инструмента разварки может быть реализован в установках разварки проволокой, что будет способствовать повышению качества разварки, а поддержание оптимального интервала замены инструмента позволит снизить производственные затраты.

ЮЕ-Интернейшнл

ВЧ–СВЧ КОМПОНЕНТЫ

от официального дистрибьютора ЮЕ-Интернейшнл

Санкт-Петербург (812) 313-34-40
Москва (495) 783 -96-62
Н.Новгород (831) 220-59-64
Новосибирск (383) 319-17-09
Екатеринбург (343) 365-90-40

Mini-Circuits®

Адаптеры / Аттенюаторы / ВЧ кабели / ВЧ трансформаторы / Детекторы мощности / Делители / Сумматоры / Инжекторы смещения / Модуляторы / Нагрузки / Ответвители / ГУНы / Переключатели / Сенсоры мощности / Синтезаторы / Смесители частоты / Умножители частоты / Усилители / Фазовращатели / Фазовые детекторы / Фильтры

jfw

Пассивные ВЧ–СВЧ компоненты с коаксиальными разъемами

Нагрузки / СВЧ переключатели / Делители мощности / Аттенюаторы / Системы для тестирования беспроводной связи

Microsemi

ВЧ–СВЧ полупроводники

Мощные транзисторы для радиолокации и авионики (Si, SiC, GaN) / Согласованные транзисторные сборки / Диоды / Усилители

EMC Technology FLORIDA RF Labs
smiths microwave

Termopad® Аттенюаторы с коэффициентом передачи, зависимым от температуры, для термостабилизации усилителей / Аттенюаторы / Резисторы / Согласованные нагрузки / HybriX® Ответвители и делители / Компоненты для специальных применений / Коаксиальные кабельные сборки

- измерительные коаксиальные кабельные сборки /
- кабели для тестовых портов VNA /
- Высоконадежные коаксиальные кабельные сборки для спецприменений

Maury Microwave

Комплексные решения для тестирования и характеризации полупроводников

Наборы для калибровки векторных анализаторов цепей / Прецизионные метрологические компоненты / Тюнеры импеданса / Системы для характеризации параметров СВЧ устройств / ПО IVCAD для измерения и моделирования СВЧ устройств

Реклама

www.yeint.ru

2-я международная специализированная выставка

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

13-15 сентября 2016 года

МВЦ «Крокус Экспо»

- станкостроение
- машиностроение
- металлургия
- топливно-энергетический комплекс
- атомная промышленность
- химико-технологический комплекс
- сельское хозяйство
- производство, переработка и хранение продуктов питания
- информационные технологии, связь
- радиоэлектроника
- лесопромышленный комплекс и деревообработка
- строительная индустрия
- наука
- медицина
- фармацевтика
- лёгкая промышленность
- банки и финансовые структуры
- православные традиции
- регионы России

12+
реклама

www.imzam-expo.ru

Организатор: Крокус Экспо, Международный выставочный центр

Официальная организационная поддержка: МИНПРОМТОРГ РОССИИ

Генеральный информационный партнер: КоммерсантъFM93.6 радио новостей

Генеральный информационный партнер конференции: Нефтегазопромысловый инжиниринг

Генеральный отраслевой информационный партнер: Нефтегазовая вертикаль

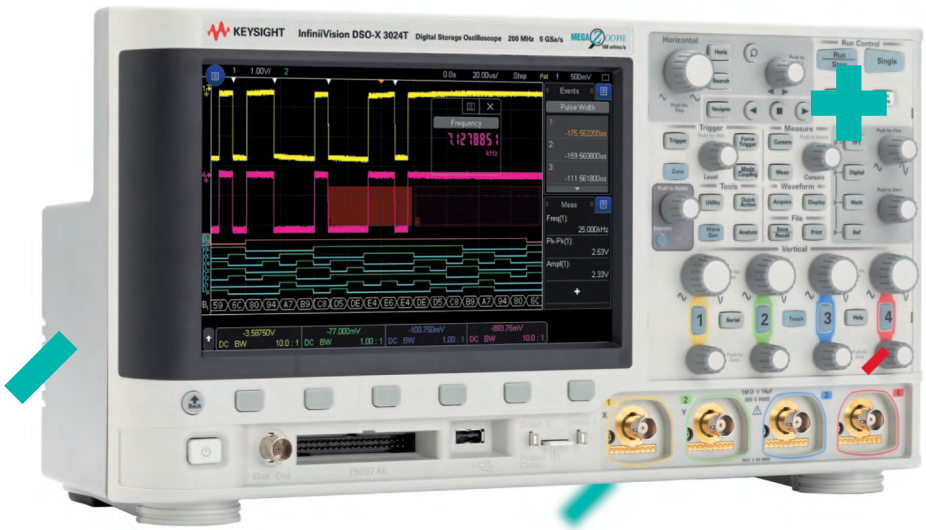
Стратегический информационный партнер: Нефть капитал

Отраслевой информационный партнер: Горная промышленность

Генеральный межотраслевой информационный партнер: Издательский Дом Панорама, Наука и практика

Информационная поддержка: Группа изданий ТехНАДЗОР; Ассоциация Электронных Торговых Площадок; НСХ; ПВ.РФ Международный промышленный портал; Поставщики машин и оборудования; Строительная орбита; Деловой клуб; Транспорт; machinebook; lesprom

ДИПОЛЬ



Распродажа

Осциллографы Keysight Technologies InfiniiVision 3000T серии X со склада «Диполь»

Производительность старших серий осциллографов теперь доступна в сегменте среднего класса! Революционная технология сенсорного запуска InfiniiScan Zone Trigger, емкостный сенсорный экран, специально разработанный пользовательский интерфейс, функциональность нескольких приборов в одном – и все это в сочетании с бескомпромиссной скоростью обновления более 1 млн. осциллограмм в секунду.

- Функциональность «6 приборов в 1»: осциллограф, частотомер, вольтметр, генератор, логический анализатор и анализатор протоколов.
- Полоса пропускания до 1 ГГц.
- Скорость обновления осциллограмм на экране – 1 млн. осцилл./с.
- Аппаратное декодирование протоколов и тестирование по маске.
- Расширенный математический анализ в базовой конфигурации, 38 автоматических измерений.

Сомневаетесь в выборе?
Выездные демонстрации и специальные ценовые предложения помогут принять решение и сэкономить бюджет

- Скорость поставки. Более 400 наименований продукции находится на складе и готовы к отгрузке в любой момент.
- Точность измерений. Услуги первичной и периодической поверки от собственной метрологической лаборатории.
- Уверенность в оборудовании. Собственный сервисный центр и трехлетняя гарантия от производителя.

Реклама

Санкт-Петербург / Москва / Нижний Новгород
www.dipaul.ru / info@dipaul.ru / тел. (812) 702-12-66

Новинки светодиодной продукции Lumileds – сверхъяркие и мощные светодиоды

Андрей Туркин (Москва)

В статье приводится обзор новинок светодиодов компании Lumileds. Компания Lumileds, являющаяся одним из лидеров рынка мощных, а с недавнего времени и сверхъярких светодиодов, продолжает успешно осваивать новые технологии, создавая новые сегменты рынка.

Введение

В настоящее время светотехнические устройства на основе светодиодов уже перестали вызывать удивление. Они применяются практически во всех областях светотехники. Появление в середине 1990-х гг. гетероструктур нитрида галлия [1–6] позволило светодиодам на их основе заполнить коротковолновую область видимого диапазона оптического спектра, чего не хватало для его полного перекрытия полупроводниковыми источниками излучения [1–6]. Сразу после этого началось применение светодиодов в качестве источников света для оптической индикации и отображения информации: появились светодиодные указатели, бегущие строки на основе светодиодов, полноцветные светодиодные экраны и светофоры [7].

Появление в конце 1990-х гг. светодиодов белого свечения [8–10] и разработка специалистами компании Lumileds в самом начале 2000-х гг. нового класса мощных светодиодов открыло дорогу светодиодам в освещение [1, 5, 10]. В результате недавние мечты достаточно быстро воплотились в реальность и светодиоды вошли в повседневную жизнь. Более того, прошло совсем немного времени, и светодиодное освещение стало привычным.

Последние несколько лет рынок светотехнических изделий успешно развивается благодаря постоянному появлению новых светодиодов. Это связано как с появлением новых поколений существующих серий светодиодов и светодиодных модулей, так и с освоением компаниями-производителями новых типов продукции. Компания Lumileds, которая относительно недавно выпустила на рынок новый для себя тип светодиодной продукции – сверхъяркие светодиоды [11, 12], продолжает совершенствовать существующую линейку изделий. Далее представлен обзор новинок компании Lumileds в обоих сегментах – сверхъярких и мощных светодиодов, разработанных в последнее время её специалистами.

Цветные светодиоды Luxeon 3535L Color

Прежде всего, нужно сказать о появлении серии цветных светодиодов Luxeon 3535L Color (см. рис. 1), которая добавилась к существующей серии белых светодиодов Luxeon 3535. Как и в случае серии Luxeon 3535L [11, 12], эти светодиоды выпускаются в стандартном корпусе размером 3,5 × 3,5 мм, который полностью соответствует по топологии аналогам других производителей. Указанные светодиоды перекрывают практически весь видимый диапазон оптического спектра – от 440 до 630 нм. Стоит отметить, что в данной серии есть также цветные светодиоды на основе люминофора в жёлтой (PC Amber) и жёлто-зелёной (Lime) области, что обеспечивает более равномерное перекрытие длин волн данными светодиодами в видимом спектре. Номинальный ток для них составляет 100 мА, типичное значение напряжения при данном токе у синих, голубых и зелёных светодиодов составляет порядка 3,0–3,2 В, у жёлто-зелёных и жёлтых на основе люминофора – порядка 3,05 В, у оранжевых и красных – порядка 2,10 В. Угол кривой светораспределения равен 115°, тепловое сопротивление составляет от 20 до 40°С/Вт в зависимости от цвета светодиода.

Минимальная оптическая мощность синих (440–455 нм) светодиодов Luxeon 3535L в номинальном режиме (ток 100 мА) составляет 130 мВт. Минимальный световой поток голубых (469–480 нм) светодиодов Luxeon 3535L в номинальном режиме составляет 8,2 лм. В аналогичном режиме минимальный световой поток зелёных (520–540 нм) светодиодов Luxeon 3535L равен 21 лм. Минимальный световой поток оранжевых (610–620 нм) и красных (620–630 нм) светодиодов данной серии в номинальном режиме составляет 13 и 10 лм соответственно. Минимальный световой поток светодиодов с люминофором – жёлтых и жёлто-зелёных – в номинальном режиме составляет, соответственно, 24 и 44 лм.

Основные характеристики цветных светодиодов Luxeon 3535L Color представлены в таблице 1. Необходимо пояснить, что жёлтые и жёлто-зелёные

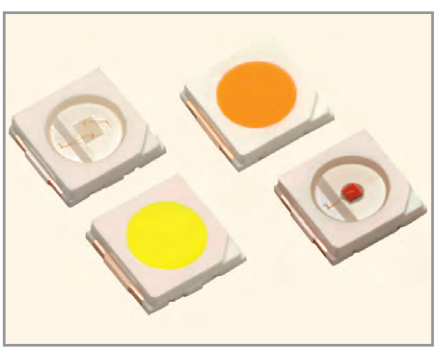


Рис. 1. Цветные светодиоды серии Luxeon 3535L Color компании Lumileds

Таблица 1. Основные характеристики цветных светодиодов Luxeon 3535L Color

Цвет	Угол, °	Длина волны, нм		Напряжение, В @ 100 мА			Световой поток, лм @ 100 мА	
		мин.	макс.	мин.	тип.	макс.	мин.	тип.
Красный	115	620	630	1,75	2,10	2,50	10,0	13,5
Оранжевый		610	620	1,75	2,10	2,50	13,0	15,5
Жёлтый с люминофором (PC Amber)		588		2,80	3,05	3,50	24,0	35,0
Жёлто-зелёный (Lime)		566		2,80	3,05	3,50	44,0	56,0
Зелёный		520	540	2,50	3,20	3,50	21,0	23,0
Голубой		469	480	2,50	3,00	3,50	8,2	11,0
Синий		440	465	2,50	3,05	3,50	130 мВт	155 мВт

светодиоды, изготовленные, как уже было сказано, на основе люминофора, специфицируются по координатам цветности, и в таблице даны приблизительные значения их длины волны.

Цветные светодиоды серии Luxeon 3535L Color предназначены в основном для использования в светосигнальной аппаратуре и автомобильной светотехнике. Кроме того, их можно использовать в светильниках для архитектурного и художественного освещения, ландшафтного освещения, а также в светодиодных лампах. Представленный широкий диапазон длин волн у светодиодов данной серии позволяет разрабатывать на их основе перестраиваемые светильники, то есть осветительные приборы с перестраиваемым спектром, что достигается изменением интенсивности свечения светодиодов разного цвета, используемых в составе устройства. Такие светильники могут применяться в различных областях, кроме упомянутого архитектурного, художественного и ландшафтного освещения, стоит также выделить освещение растений [13–16]. Как уже отмечалось [13–16], оптимальное соотношение энергий излучения по спектру для освещения растений составляет примерно 30% в синей области (380–490 нм), 20% в зелёной области (490–590 нм) и 50% в красной области (600–700 нм) [13–16]. Составляя комбинации из светодиодов разных цветов, можно получить источник света с практически любым спектральным составом в видимом диапазоне.

Поскольку цветные светодиоды серии Luxeon 3535L Color имеют одинаковые корпуса со светодиодами Luxeon 3535 других серий, то разработчики могут создавать новые светильники с использованием цветных светодиодов без существенного изменения печатных плат и оптики, что позволит сэкономить время и затраты на разработку нового изделия.

Новинки в линейке белых светодиодов Luxeon 3535L

Специалисты компании Lumileds расширили и линейку белых светодиодов Luxeon 3535L (см. рис. 2). В ней появилась бюджетная серия Luxeon 3535LS, световой поток которой несколько ниже, чем у светодиодов серии

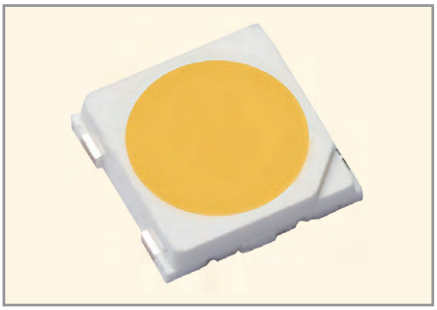


Рис. 2. Белый светодиод серии Luxeon 3535L компании Lumileds

Luxeon 3535L. Разработаны также две серии с более высоким световым потоком – Luxeon 3535L HE и Luxeon 3535L HE Plus. Все новые серии светодиодов выпускаются в стандартном корпусе размером 3,5 × 3,5 мм, который полностью соответствует по топологии аналогам других производителей. Указанные светодиоды перекрывают диапазон цветовой температуры от 2200 до 6500 К и тем самым представляют все оттенки белого света: тёплый, естественный и холодный. Номинальный ток для них равен 100 мА, типичное значение напряжения при данном токе – порядка 3,0 В, угол кривой свето-

Таблица 2. Основные характеристики белых светодиодов Luxeon 3535LS

Цветовая температура, K	Угол, °	Макс. ток, мА	Напряжение, В @ 100 мА			Мин. CRI	Световой поток, лм @ 100 мА		Световая отдача, лм/Вт
			мин.	тип.	макс.		мин.	тип.	тип.
4000	115	150	2,8	3,0	3,4	70	38	44	147
5000							38	44	147
5700							38	44	147
6500							38	46	154
2200						80	26	30	100
2500							26	32	107
2700							30	38	127
3000							30	39	130
3500							30	41	137
4000							34	43	144
5000							34	43	144
5700							30	42	140
6500							30	42	140
2700						90	26	32	107
3000							26	32	107

Таблица 3. Основные характеристики белых светодиодов Luxeon 3535L

Цветовая температура, K	Угол, °	Макс. ток, мА	Напряжение, В @ 100 мА			Мин. CRI	Световой поток, лм @ 100 мА		Световая отдача, лм/Вт
			мин.	тип.	макс.		мин.	тип.	тип.
4000	115	150	2,8	3,0	3,4	70	40	49	161
5000							40	49	161
5700							40	49	161
6500							40	47	155
2200						80	28	33	109
2500							28	34	112
2700							36	44	145
3000							34	44	145
3500							34	44	145
4000							36	46	151
5000							36	47	155
5700							36	45	148
6500							36	45	148
2700						85	32	36	119
4000							34	40	132
2700						90	31	36	119
3000							31	36	119

Таблица 4. Основные характеристики белых светодиодов Luxeon 3535L HE

Цветовая температура, K	Угол, °	Макс. ток, мА	Напряжение, В @ 100 мА			Мин. CRI	Световой поток, лм @ 100 мА		Световая отдача, лм/Вт
			мин.	тип.	макс.		мин.	тип.	тип.
4000	115	150	2,8	3,0	3,4	70	42	51	176
5000							42	51	176
5700							42	51	176
6500							42	51	176
2200						80	30	35	121
2500							30	36	125
2700							38	46	164
3000							38	46	164
3500							40	46	164
4000							42	48	183
5000							42	48	183
5700							42	48	183
6500							42	48	183
2700						90	32	37	128
3000							32	37	128
3500							32	40	138
4000							32	41	142
5000							32	41	142
5700							32	40	138
6500							32	40	138

распределения составляет 115°, тепловое сопротивление – порядка 20°C/Вт.

Основные характеристики светодиодов серии Luxeon 3535LS, Luxeon 3535L, Luxeon 3535L HE и Luxeon 3535L HE Plus указаны в таблицах 2, 3, 4 и 5 соответственно.

Светодиоды серии Luxeon 3535L предназначены для использования в светильниках и светодиодных устройствах, применяемых для внутреннего освещения. В частности, во встраиваемых светильниках, светодиодных лампах, светильниках типа Down Light и т.д. Также возможно их применение и в светотехнических приборах и системах для наружного освещения.

Светодиоды Luxeon 2835

Светодиоды Luxeon 2835 (см. рис. 3) являются новой серией сверхъярких светодиодов Lumileds, которая предназначена для широкого круга применений.

Светодиоды Luxeon 2835 имеют достаточно компактные размеры корпуса, составляющие 2,8 × 3,5 мм, и соответствуют по топологии аналогам других производителей. Они выпускаются в диапазоне цветовых температур от 2700 до 6500 K, перекрывая, таким образом, практически всю область белого цвета, и имеют достаточно высокие характеристики. Для примера, световая отдача моделей с цветовой температурой 4000 K и индексом цветопередачи CRI = 80 достигает значений до 153 лм/Вт, а световой поток – до 113 лм (при токе 120 мА и температуре p–n-перехода T_j = 25°C).

Серия Luxeon 2835 включает два семейства светодиодов – Luxeon 2835C и Luxeon 2835E, номинальные значения тока которых составляют соответственно 60 и 120 мА. Номинальные значения напряжений при указанном токе у светодиодов семейства Luxeon 2835C равны 9 и 6 В, у светодиодов семейства Luxeon 2835E – 6 и 3 В. Тепловое сопротивление светодиодов семейства Luxeon 2835C в зависимости от указанного напряжения составляет 15 и 20°C/Вт, у светодиодов семейства Luxeon 2835E – 11 и 21°C/Вт. Угол кривой светораспределения светодиодов серии Luxeon 2835 составляет 120°.

Основные характеристики светодиодов Luxeon 2835 приведены в таблице 6.

Светодиоды серии Luxeon 2835 предназначены в основном для разработки эффективных ламп-ретрофитов, то есть светодиодных аналогов традици-

онных ламп (накаливания и люминесцентных) с высоким световым потоком и световой отдачей. Использовать такие лампы предполагается в готовых светильниках, заменяя ими традиционные лампы, что может привести к повышению эффективности освещения.

Цветные светодиоды Luxeon Z Color

Светодиоды серии Luxeon Z Color (см. рис. 4) расширили существующую серию светодиодов Luxeon Z, в которой ранее были представлены только модели белого цвета свечения. Светодиоды выполнены в типичном для светодиодов Luxeon Z корпусе, размеры которого составляют 1,7 × 1,3 мм.

В линейке светодиодов Luxeon Z Color представлены все цвета видимого спектра. Длины волн моделей данной линейки перекрывают диапазон от 440 до 670 нм, включая тёмно-красный (Deep Red), сине-зелёный (Cyan) жёлто-зелёный (Lime) и жёлтый с люминофором (PC Amber). Номинальный ток указанных светодиодов составляет 500 мА. Максимальное значение тока для синих, голубых, сине-зелёных и зелёных светодиодов составляет 1000 мА, для тёмно-красных, красных, оранжевых, жёлтых и жёлто-зелёных – 700 мА. Для светодиодов данной серии характерно низкое значение теплового сопротивления, которое составляет для синих, голубых, сине-зелёных, зелёных и жёлтых с люминофором 5°C/Вт, для тёмно-красных, красных, оранжевых, жёлтых и жёлто-зелёных – 8°C/Вт.

Значение угла кривой светораспределения для синих, голубых, сине-зелёных, зелёных, жёлто-зелёных и жёлтых с люминофором равняется 125°, для тёмно-красных, красных, оранжевых и жёлтых светодиодов – 145°.

В таблице 7 представлены основные характеристики светодиодов Luxeon Z Color.

Светодиоды серии Luxeon Z Color предназначены для использования в светильниках для архитектурного и художественного освещения и для ландшафтного освещения. Представленный широкий диапазон длин волн у светодиодов данной серии, как и у светодиодов серии Luxeon 3535L Color, позволяет разрабатывать на их основе светильники с перестраиваемым спектром излучения, которые могут применяться, кроме архитектурного, художественного и ландшафтного освещения, также для освещения растений.

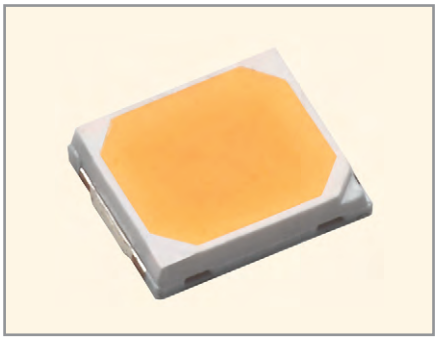


Рис. 3. Сверхъяркий светодиод серии Luxeon 2835 компании Lumileds

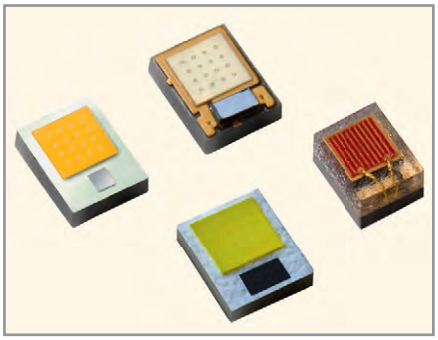


Рис. 4. Мощные цветные светодиоды серии Luxeon Z Color компании Lumileds

Таблица 5. Основные характеристики белых светодиодов Luxeon 3535L HE Plus

Цветовая температура, К	Угол, °	Макс. ток, мА	Напряжение, В @ 100 мА			Мин. CRI	Световой поток, лм @ 100 мА		Световая отдача, лм/Вт
			мин.	тип.	макс.		мин.	тип.	тип.
2700	115	150	2,7	3,0	3,4	80	44	47	165
3000							44	47	165
3500							44	47	165
4000							48	52	186
5000							48	52	186
5700							48	52	186
6500							48	52	186

Таблица 6. Основные характеристики мощных светодиодов Luxeon 2835

Светодиод	Цветовая температура, К	Угол, °	Мин. CRI	Напряжение, В (ток, мА)	Световой поток, лм		Световая отдача, лм/Вт
					мин	тип	тип
Luxeon 2835E	3000	120	70	9 (60)	71	80	143
	6500				75	83	149
	2700		80		65	72	129
	2700		70	6 (60)	46	52	140
	3000				48	54	145
	3500				49	55	148
	4000				50	56	151
	5000				50	56	151
	5700				50	56	151
	6500				50	56	151
	2700		80		43	48	129
	3000				44	49	132
	3500				46	50	134
	4000				47	52	140
	5000				47	52	140
	5700				47	52	140
	6500				47	52	140
Luxeon 2835C	2700	120	80	6 (120)	93	103	138
	3000				96	106	142
	3500				99	109	147
	4000				103	113	152
	5000				103	113	152
	5700				103	113	152
	6500				103	113	152
	2700		80	3 (120)	47	52	140
	3000				49	54	145
	3500				51	56	151
	4000				53	58	156
	5000				53	58	156
	5700				53	58	156
	6500				53	58	156

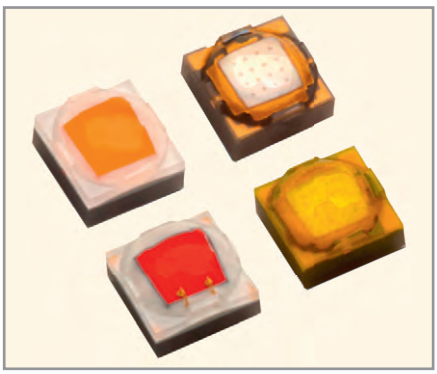


Рис. 5. Мощные светодиоды серии Luxeon C компании Lumileds

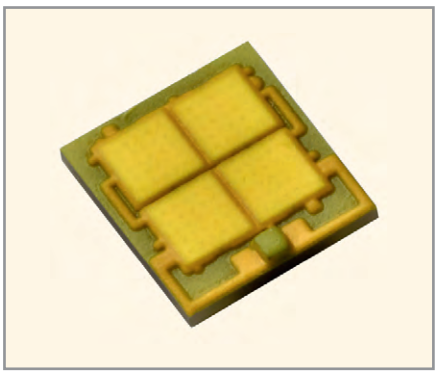


Рис. 6. Мощный светодиод серии Luxeon MZ компании Lumileds

Таблица 7. Основные характеристики цветных светодиодов Luxeon Z Color

Цвет	Угол, °	Длина волны, нм		Напряжение, В @ 500 мА			Световой поток, лм @ 500 мА	
		мин.	макс.	мин.	тип.	макс.	мин.	тип.
Тёмно-красный (Deep Red)	145	650	670	1,75	2,20	2,75	250 мВт	275...375мВт
Красный		620	645				40	44…60
Оранжевый		610	620				56	60…76
Жёлтый		594	604	1,75	2,15…2,25	2,75	16	20…36
Жёлтый с люминофором (PC Amber)	125	585	590	2,50	2,85	3,50	48	52…110
Жёлто-зелёный (Lime)		566	569				144	149…199
Зелёный		520	540				80	84…108
Сине-зелёный (Cyan)		490	510				48	52…68
Голубой		460	480				24	28…44
Синий		440	460				500 мВт	525…625 мВт

Таблица 8. Основные характеристики цветных светодиодов Luxeon C

Цвет	Угол, °	Длина волны, нм		Напряжение, В @ 350 мА			Световой поток, лм @ 350 мА	
		мин.	макс.	мин.	тип.	макс.	мин.	тип.
Тёмно-красный (Far Red)	162	720	750	1,50	1,73	2,30	190 мВт	230 мВт
Красный		624	634	1,75	2,00	2,50	35	39
Оранжевый		614	624	1,75	2,05	2,50	45	52
Жёлтый		585	600				20	30
Жёлтый с люминофором (PC Amber)	150	588		2,50	2,75	3,50	80	94
Жёлто-зелёный (Lime)		566					140	152
Зелёный	170	520	540	2,50	2,55	3,50	90	97
Сине-зелёный (Cyan)		490	510	2,50	2,60	3,50	65	72
Голубой		465	485	2,50	2,90	3,50	25	37
Синий	165	440	460	2,50	2,75	3,50	480 мВт	532 мВт

Светодиоды Luxeon C

Светодиоды серии Luxeon C (см. рис. 5) являются новыми светодиодами в линейке компании Lumileds. Светодиоды этой серии выпускается в корпусе размером 2,0 × 2,0 мм. В линейке представлены как цветные светодиоды, перекрывающие диапазон длин волн от 440 до 720 нм, включая тёмно-красный (Far Red), сине-зелёный (Cyan) жёлто-зелёный (Lime) и жёлтый с люминофором (PC Amber), так и белые светодиоды, значения цветовой температуры которых перекрывают диапазон от 2700 до 5700 K, таким образом представляя все оттенки белого света – тёплый, естественный и холодный. Номинальный ток данных светодиодов равен 350 мА. Значение максимального тока данных светодиодов составляет для белых и жёлто-зелёных светодиодов 1225 мА, для тёмно-красных – 700 мА, для всех остальных цветов – 1050 мА. Тепловое сопротивление жёлтых с люминофором светодиодов данной серии составляет 3,5°C/Вт, голубых, сине-зелёных и зелёных светодиодов – 3,0°C/Вт, светодиодов остальных цветов – 2,8°C/Вт.

Угол кривой светораспределения синих светодиодов равен 165°, голубых, сине-зелёных, зелёных – 170°, жёлтых, оранжевых, красных и тёмно-красных – 162°, жёлто-зелёных и жёлтых с люминофором – 150°. Значение угла кривой светораспределения белых светодиодов составляет 150°.

Основные характеристики цветных и белых светодиодов Luxeon C приведены в таблицах 8 и 9 соответственно.

Поскольку светодиоды серии Luxeon C имеют в линейке все возможные цвета, включая белый, их можно применять в различных областях, начиная от общего освещения и заканчивая архитектурным, художественным и ландшафтным освещением. Представленный широкий спектр цветов светодиодов данной серии, как и у светодиодов серий Luxeon 3535L и Luxeon Z, также позволит разрабатывать на их основе источники света и светильники с перестраиваемым спектром излучения, которые могут найти применение в разных видах общего, архитектурного, художественного и ландшафтного освещения и для освещения растений.

Светодиоды Luxeon MZ

Серия светодиодов Luxeon MZ (см. рис. 6) в определённой степени является доработкой серии Luxeon M [17]. Светодиоды этой серии выпускаются в корпусе размером 4,2 × 4,0 мм, в котором расположены четыре кристалла.

В отличие от светодиодов серии Lyuxeon M [17], предназначенных для работы от источника напряжения 12 В, светодиоды новой серии Luxeon MZ имеют также модели для работы от источника напряжения 6 и 3 В. Номинальные токи при этом составляют 700, 1400 и 2800 мА. Светодиоды серии Luxeon MZ имеют достаточно высокие значения светового потока и световой отдачи. Стоит отметить, что данные светодиоды имеет достаточно низкое значение теплового сопротивления, которое составляет 1,25°C/Вт. Значение угла кривой светораспределения светодиодов Luxeon MZ равно 120°.

Светодиоды серии Luxeon MZ отличаются стабильностью цветовой температуры. Для них отсутствует необходимость разбиновки по цветовой температуре, и производитель даёт их характеристики при температуре p–n-перехода 85°C.

Основные характеристики светодиодов Luxeon M приведены в таблице 10.

Светодиоды серии Luxeon MZ, как и светодиоды серии Luxeon M [17], могут применяться для создания на их основе эффективных источников света (светодиодных ламп) для систем низковольтного питания. Также областями применения данных светодиодов могут быть светильники для общего освещения, как наружного, так и внутренне-

го, особенно там, где требуется высокая яркость источника света, например, в светильниках типа Down Light.

Заключение

Приведённый обзор новых изделий, представленных компанией Lumileds в линейке как мощных, так и сверхъярких светодиодов, свидетельствует о достаточно широком фронте развития направления. Специалисты компании, основываясь на опыте разработки светодиодов, постоянно совершенствуют их линейку, выпуская новые интересные модели. Это позволяет компании Lumileds оставаться в числе лидеров светодиодного рынка, причём достаточно чётко прослеживается сегментация светодиодной линейки под определённые направления светотехники, что делает продукцию компании весьма привлекательной для разработчиков светодиодных изделий.

Таблица 9. Основные характеристики белых светодиодов Luxeon C

Цветовая температура, К	Угол, °	Напряжение, В @ 100 мА			Мин. CRI	Световой поток, лм @ 350 мА		Световая отдача, лм/Вт
		мин.	тип.	макс.		мин.	тип.	тип.
2700	150	2,50	2,75	3,50	70	100	116	121
3000						100	118	124
2700					80	90	94	98
3000						90	102	106
4000						100	113	117
5700						80	93	94

Таблица 10. Основные характеристики мощных светодиодов Luxeon MZ

Цветовая температура, К	Угол, °	Мин. CRI	Напряжение, В	Ток, мА	Световой поток, лм	
					мин.	тип.
3000	120	70	12	700	805	840
4000					870	940
5000					870	950
5700					900	980
6500					900	980
2700		80			710	760
3000					730	781
3500					730	800
4000					840	880
5000					840	890
2700		90			560	600
3000					600	640
5700					700	770
3000		70	6	1400	805	840
4000					870	940
5000					870	950
5700					900	980
6500					900	980
2700		80			710	760
3000					730	781
3500					730	800
4000					840	880
5000					840	890
2700		90			560	600
3000					600	640
5700					700	770
3000		70	3	2800	805	840
4000					870	940
5000					870	950
5700					900	980
6500					900	980
2700		80			710	760
3000					730	781
3500					730	800
4000					840	880
5000					840	890
2700		90			560	600
3000					600	640
5700					700	770

Литература

1. *Юнович А.Э.* Светодиоды на основе гетероструктур из нитрида галлия и его твёрдых растворов. Светотехника. 1996. Вып. 5/6. С. 2–7.
2. *Юнович А.Э.* Ключ к синему лучу, или О светодиодах и лазерах, голубых и зелёных. Химия и жизнь. 1999. №5–6. С. 46–48.
3. *Туркин А.Н.* Нитрид галлия как один из перспективных материалов в современной оптоэлектронике. Компоненты и технологии. 2011. №5. С. 176–180.
4. *Туркин А.Н.* Полупроводниковые светодиоды: история, факты, перспективы. Полупроводниковая светотехника. 2011. №5. С. 28–33.
5. *Туркин А.Н.* Обзор развития технологии полупроводниковых гетероструктур на основе нитрида галлия (GaN). Полупроводниковая светотехника. 2011. №6. С. 44–47.
6. *Туркин А.Н., Юнович А.Э.* Лауреаты Нобелевской Премии 2014 года: по физике – И. Акасаки, Х. Амано, С. Накамура. Природа. 2015. №1. С. 75–81.
7. *Тринчук Б.Ф.* Светосигнальная аппаратура на светодиодах. Светотехника. 1997. №5. С. 6–11.
8. Светодиоды и их применение для освещения. Под общей редакцией Академика АЭН РФ Айзенберга Ю.Б. Московский Дом Света. 2012. 280 с. М. Знак.
9. *Туркин А.Н.* Светодиоды Lumileds: прошлое, настоящее, будущее. Полупроводниковая светотехника. 2012. №2. С. 6–9.
10. *Матешев И., Муленкова А., Туркин А., Шамков К.* Мощные светодиоды Philips Lumileds – от истоков до новинок рынка. Современная электроника. 2013. №6. С. 24–29.
11. *Туркин А.* Новые продукты в линейке компании Philips Lumileds: сверхъяркие светодиоды. Современная электроника. 2015. №6. С. 46–53.
12. *Туркин А.* Новинки светодиодной продукции Lumileds. Полупроводниковая светотехника. 2015. №4. С. 55–60.
13. *Бахарев И., Прокофьев А., Туркин А., Яковлев А.* Применение светодиодных светильников для освещения теплиц: реальность и перспективы. СТА. 2010. №2. С. 76–82.
14. *Прокофьев А.Ю., Туркин А.Н., Яковлев А.А.* Перспективы применения светодиодов в растениеводстве. Полупроводниковая светотехника. 2010. №5. С. 60–63.
15. *Сарычев Г., Гаврилкина Г., Туркин А., Репин Ю.* Светодиоды и интенсивная светокультура растений. Полупроводниковая светотехника. 2014. №1. С. 70–71.
16. *Туркин А.* Мощные светодиоды и изделия на их основе в свете актуальных областей их применения. Современная электроника. 2016. №3. С. 48–53.
17. *Матешев И., Муленкова А., Туркин А., Шамков К.* Обзор новых светодиодных продуктов компании Philips Lumileds. Полупроводниковая светотехника. 2013. №5. С. 30–32.

АЦП с контуром фазовой автоподстройки частоты

Михаил Сизов (Москва)

В статье описывается новый тип АЦП – АЦП с контуром фазовой автоподстройки частоты (АЦП с ФАПЧ). Описывается функциональная структура разработанного устройства. Даётся представление об особенностях эксплуатации АЦП с ФАПЧ.

Введение

В настоящее время разработка электронных устройств без микроконтроллеров (МК) и аналого-цифровых преобразователей (АЦП) невозможна. АЦП, входящие в МК, иногда не удовлетворяют требованиям по точности и шумам. В связи с этим предлагается новый тип АЦП – АЦП с контуром фазовой автоподстройки частоты, которого нет в принятой в учебной литературе классификации АЦП. В Интернете легко найти описание этого устройства, если набрать в поисковике «АЦП с ФАПЧ». Среди найденных материалов будет, например, статья «Преобразователь напряжения в длительность импульса, стабилизированный ФАПЧ» [1] и другие публикации. Возможности АЦП с ФАПЧ проверены и представлены в таблице 1.

Результаты испытаний, опубликованные в 2012 г., получены на макете АЦП с ФАПЧ, в котором использовались стандартные логические микросхемы, операционный усилитель (ОУ) и 8-разрядный микропроцессор «ATmega16». В 2015 г. была изготовлена и испытана в составе 2-канального АЦП микросхема 2-канального ФАПЧ (БМК серии 5503), изготовитель НПК «Технологический центр» г. Зеленоград. Задание в виде принципиальной электрической схемы ФАПЧ было выдано Научно-производственным подразделением «ДОЗОР». На рисунке 1 показан корпус микросхемы.

Один такой корпус заменяет более 30 корпусов стандартных логических элементов, которые входят в состав ФАПЧ и служат для построения его компонентов: ФД – фазовый детектор; ГУН – генератор, управляемый напряжением; четырёхразрядный счётчик-делитель, который включается между выходом ГУН и входом ФД. Счётчик делит выходную частоту ГУН на 16, тем самым он усредняет шумы ГУНа, в результате чего уменьшаются шумы АЦП. В новой версии БМК 5503ХМ1У-6хх в состав ФАПЧ будут входить операционные усилители, такая микросхема (в том же корпусе) должна появиться в этом году. В настоящее время на предприятии изготавливают для летающей лаборатории 15-канальную систему сбора информации на базе 32-разрядного микроконтроллера 1986ВЕ1Т и АЦП с ФАПЧ.

Описание функциональной схемы АЦП с ФАПЧ

В предлагаемом устройстве используется промежуточное преобразование аналогового сигнала (напряжения) в длительность импульса с помощью контура ФАПЧ [1]. Подробные описания принципа работы ФАПЧ можно найти в Интернете [2, 3]. Ближайшим прототипом АЦП с ФАПЧ по составу является синтезатор, который позволяет получить сетку стабильных частот. Одним из применений синтезаторов является использование их в качестве опорных генераторов в преобразователях частоты и в электронных музыкальных инструментах.

На рисунках 2 и 3 показаны функциональные схемы синтезатора и АЦП с ФАПЧ, соответственно.

Предлагаемая схема АЦП с ФАПЧ содержит элементы синтезатора, но в другом включении, и дополнительные элементы (на схеме обведены пунктиром):

- источник опорного напряжения – обязательный элемент АЦП, амплитуда выходных импульсов ФД равна опорному напряжению (U_p), а длительность импульсов T_x равна фазовому сдвигу между сигналами F_1 и F_0;
- фильтр низкой частоты (ФНЧ) выполнен по схеме пропорционально-интегрирующего (ПИ) фильтра с дополнительным входом для подключения внешнего сигнала (U_x), который будет преобразован сначала в длительность импульса, а потом – в двоичный код;
- ПИ-фильтр делает систему ФАПЧ астатической, т.е. установившееся, среднее значение напряжения выходного сигнала ФД ($U_{ФД}$) и входного сигнала U_x всегда равны. За счёт интегратора и отрицательной обратной связи напряжение на входе ГУН поддерживается таким, чтобы частоты сигналов F_1 и F_0 были равными, а фазовый сдвиг T_x между сигналами F_1 и F_0 определяется выражением:

$$T_x = T_1 \times U_x / U_p,$$

где T_1 – период частоты F_1, U_x – входное напряжение, U_p – опорное напряжение АЦП;

- ОЗУ хранит текущее значение двоичного кода, запись кода производится в момент переднего фронта импульса сигнала F_0;
- Фазовый детектор (ФД) импульсного типа выполнен на логических эле-

Таблица 1. Варианты АЦП с ФАПЧ

Полоса пропускания АЦП, Гц	Число разрядов АЦП	Частота преобразования, Гц	Максимальное значение кода АЦП
2	24	10	14 000 000
10	22	50	2 800 000
20	21	100	1 400 000
80	19	400	350 000
200	18	1000	140 000
800	16	4000	35000

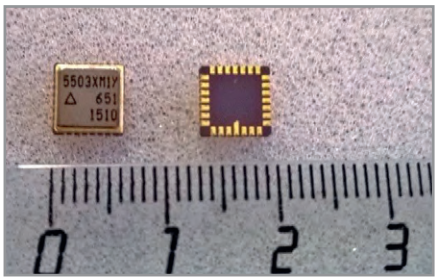


Рис. 1. Корпус микросхемы 5503ХМ1У 651

ментах и имеет линейную выходную фазовую характеристику для обеспечения высокой точности преобразования.

Выходным сигналом синтезатора является переменное напряжение определённой формы и требуемой частоты $F_{ГУН} = N \times F_1$. К этим параметрам предъявляются высокие требования к точности и стабильности.

В АЦП с ФАПЧ сигналы двух генераторов частот F_1 и F_0 являются внутренними, их форма напряжений должна быть прямоугольной, чтобы обеспечить работу ФД импульсного типа. Так как ФД определяет временной интервал между передними фронтами импульсов F_1 и F_0, то скважность импульсов F_1 и F_0 не влияет на точность измерения фазового сдвига.

Описание принципиальной схемы 2-канального АЦП с ФАПЧ

На рисунке 4 показана блок-схема первого канала ФАПЧ на микросхемах 653 и 503. Микросхема 503 – это БМК, в который входят 8 операционных усилителей с однополярным питанием +5 В. Как уже говорилось, в новой версии БМК 5503ХМ1У-6хх ОУ будут входить в состав ФАПЧ.

На рисунке 5 показана диаграмма совместной работы ФАПЧ и микропроцессора (МК) 1986ВЕ1. Для преобразования длительности выходных импульсов ФАПЧ используются четыре канала Таймера 1 МК 1986ВЕ1, которые запрограммированы следующим образом:

- первый канал работает в режиме ШИМ и формирует сигнал F_1 с периодом 2500 мкс (400 Гц). Тактовая частота МК 80 МГц (t_{clk} = 12,5 нс). В периоде сигнала F_1 содержится 200 000 отсчётов частоты МК;
- второй, третий и четвёртый каналы Таймера 1 работают в режиме «Захвата» («Capture»). На входы этих каналов поступают импульсные сигналы частотой 400 Гц, длительности которых пропорциональны входным напряжениям U_{x1}, U_{x2} и U_{x3}, соответственно. Так как начало этих импульсов совпадает с началом работы счётчика Таймера 1 (код 0x0000), то в момент окончания импульса происходит считывание «на лету» состояния счётчика в специальный регистр памяти МК. В каждом канале Таймера есть два регистра памяти, в которые мож-

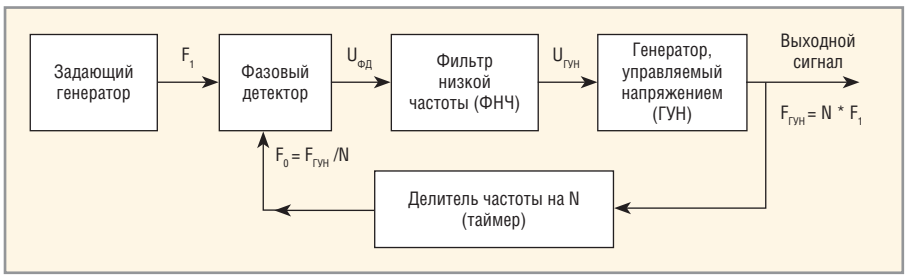


Рис. 2. Функциональная схема синтезатора частоты

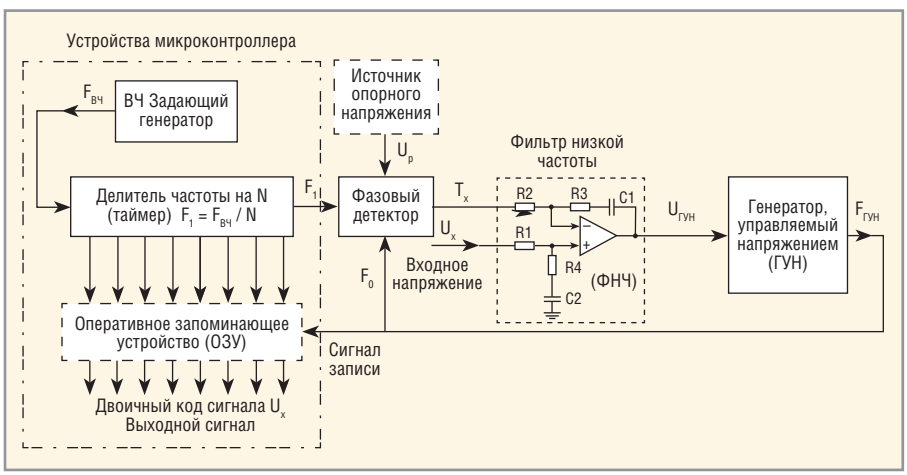


Рис. 3. Функциональная схема АЦП с ФАПЧ

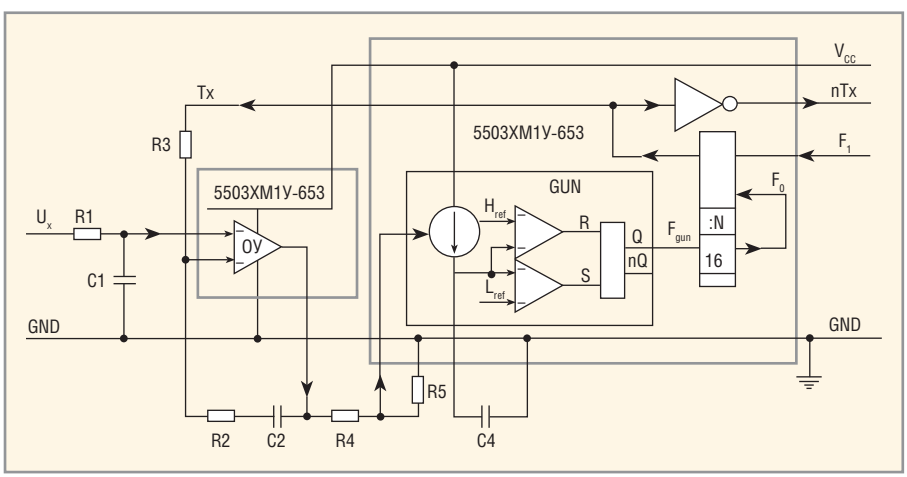


Рис. 4. Блок-схема первого канала ФАПЧ на микросхемах 653 и 503

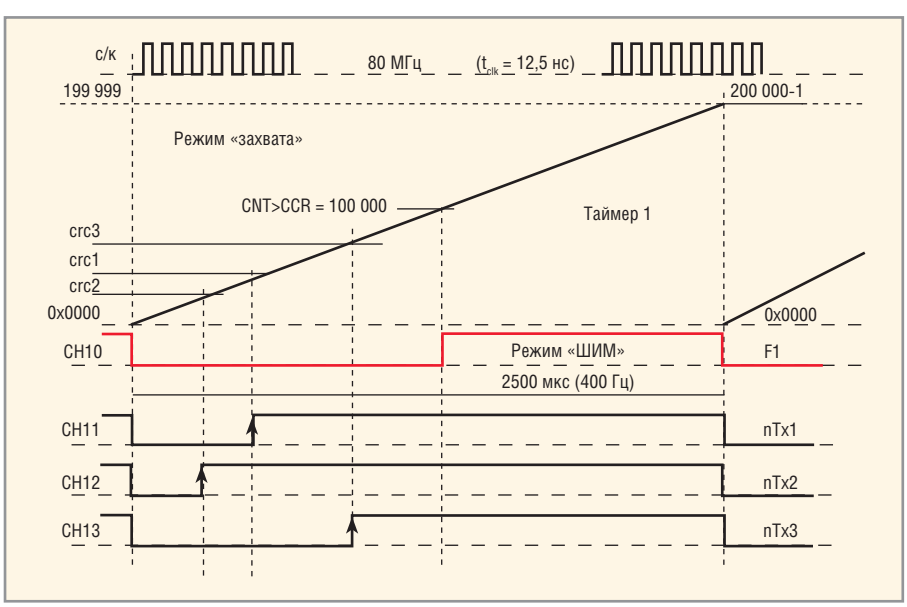


Рис. 5. Диаграмма совместной работы ФАПЧ и микропроцессора (МК) 1986ВЕ1

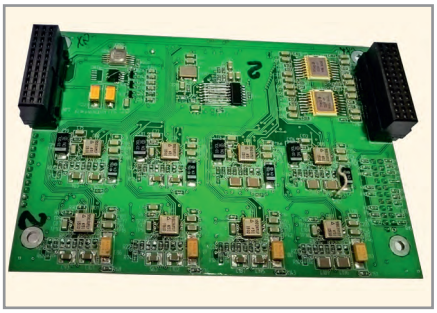


Рис. 6. Плата 15-канального АЦП с ФАПЧ

но записать коды начала и конца импульса, это исключит ошибки, связанные с задержкой формирования сигнала F_1. Точное значение кода входного напряжения U_x равно разности между кодами конца и начала импульса. МК 1986ВЕ1 содержит ещё три Таймера, которые также могут работать в режиме «захвата», обеспечивая параллельное (независимое) преобразование 15 аналоговых сигналов в код.

В таблице 2 приведены параметры 15-канальной системы сбора информации на базе 32-разрядного микроконтроллера 1986ВЕ1Т и АЦП с ФАПЧ. На рисунке 6 показан внешний вид разработанной системы.

Факторы, определяющие точность АЦП с ФАПЧ

АЦП с ФАПЧ является следящей системой с астатизмом второго порядка. Установившееся значение ошибки в таких устройствах равно нулю, а точнее – напряжение смещения на входе ОУ равно $+U_x / K_{осс}$ (коэффициент ослабления синфазной составляющей ОУ).

Например, ОУ 140УД31АТ, имеющий входное напряжение смещения 25 мкВ и коэффициент ослабления синфазной составляющей более 110 дБ, гарантирует преобразование напряжения U_x = 5 В в длительность импульсов с погрешностью менее 0,002%. Номиналы резисторов R1 и R3 (см. рис. 3) должны быть одинаковыми (±5%) для компенсации входных токов ОУ. Элементы R2, R4, C1 и C2 не влияют на точность АЦП, они влияют на динамические характеристики преобразователя.

У многих вызывает сомнение, что АЦП с ФАПЧ может устойчиво работать и с такой точностью. Действительно, на входе ОУ сравниваются два сигнала, постоянное напряжение и прямоугольные импульсы разной скважности. Но, если посмотреть осциллограммы напряжений (см. рис. 7) на входах $+U_x$ (жёлтый луч) и $-U_x$ (голубой луч) операционного усилителя, то мы увидим, что два луча сливаются в одну линию. Это результат действия двух цепей отрицательной обратной связи (ООС). Первая цепь по постоянному току через резистор R3, вторая цепь по переменному току через резистор R4 и конденсатор C2. ОУ, имеющий большой коэффициент усиления (>100 000), делает всё возможное, чтобы напряжения на входах («+» и «–») были равными с точностью до мкВ. Выходное напряжение ОУ имеет сложную форму, обеспечивая постоянный уровень напряжения на входе $-U_x$ ОУ, равный напряжению на входе $+U_x$. Происходит ослабление всех нелинейностей элементов схемы, охваченных отрицательной обратной связью.

Поверить, что прямоугольный импульс превращается в постоянное напряжение за счёт ООС, очень трудно, но это действительно так. Осциллограммы для разных уровней входного напряжения (1, 2 и 4 В), показанные на рисунках 7а, 7б и 7в, подтверждают это.

Напряжение на выходе ОУ управляет частотой и фазой ГУН. Так как ГУН является вторым интегрирующим элементом в контуре ФАПЧ, то он реагирует только на постоянную составляющую этого сложного по форме сигнала.

Таблица 2. Параметры 15-канальной системы сбора информации на базе 32-разрядного микроконтроллера 1986ВЕ1Т и АЦП с ФАПЧ

Наименование параметра	Значение параметра
Число разрядов АЦП	18
Число отсчётов АЦП	200 000
Приведённая погрешность преобразования	Менее 0,1% в диапазоне температур –60…+125°С
Рабочий диапазон входного сигнала, В	0,5…4,5
Вес младшего разряда выходного кода АЦП, мкВ	25
Уровень «шума» в выходном сигнале АЦП, мкВ	125 (в размахе)
Полоса пропускания АЦП, Гц	80
Рабочая частота преобразователя с ФАПЧ, Гц	400
АЧХ АЦП	Фильтр низкой частоты второго порядка с подавлением помех с частотами, кратными 400 Гц
Тип	АЦП с промежуточным преобразованием напряжения в длительность импульсов
Способ преобразования	Фазовая автоподстройка частоты (ФАПЧ)
Используемые микросхемы	Микросхема 2-канального ФАПЧ (БМК г. Зеленоград) 5503ХМ1У-653, 8 шт.

Разрешающая способность АЦП с ФАПЧ

Сигналом обратной связи в схеме АЦП является выходной сигнал ФД. Это прямоугольный импульс, площадь которого (среднее значение напряжения за период частоты преобразования F_1) равна входному напряжению U_x. ФД выполнен на элементах БМК, которые имеют время переключения порядка 1 нс. ФАПЧ – это аналоговое устройство. Длительность выходного импульса ФД может изменяться с шагом и менее 1 нс, но надёжно измерить длительность импульса можно только с шагом более 1 нс, например, 2 нс.

На диаграмме совместной работы ФАПЧ и микропроцессора (см. рис. 5) видно, что тактовая частота МК определяет разрешающую способность АЦП с ФАПЧ. В данном примере тактовая частота МК 80 МГц обеспечивает 200 000 отсчётов на частоте преобразования F_1 = 400 Гц (2500 мкс – период) 200 000 = 80 000 000 / 400. Если уменьшить частоту преобразования до F_1 = 10 Гц, а частоту МК увеличить до 140 МГц, то можно повысить разрешающую способность АЦП с ФАПЧ до 24 разрядов.

На основании изложенного можно сказать, что разрешающая способность АЦП с ФАПЧ определяется быстродействием (элементной базой) схемы ФД и тактовой частотой МК или счётчика, который формирует сигнал F_1. Предельные рабочие частоты МК и логических элементов уже достигли уровня 1 ГГц и выше. Важно отметить, что потенциальные возможности АЦП с ФАПЧ большие, а цена его низкая. При этом в устройстве только один прецизионный элемент – это операционный уси-

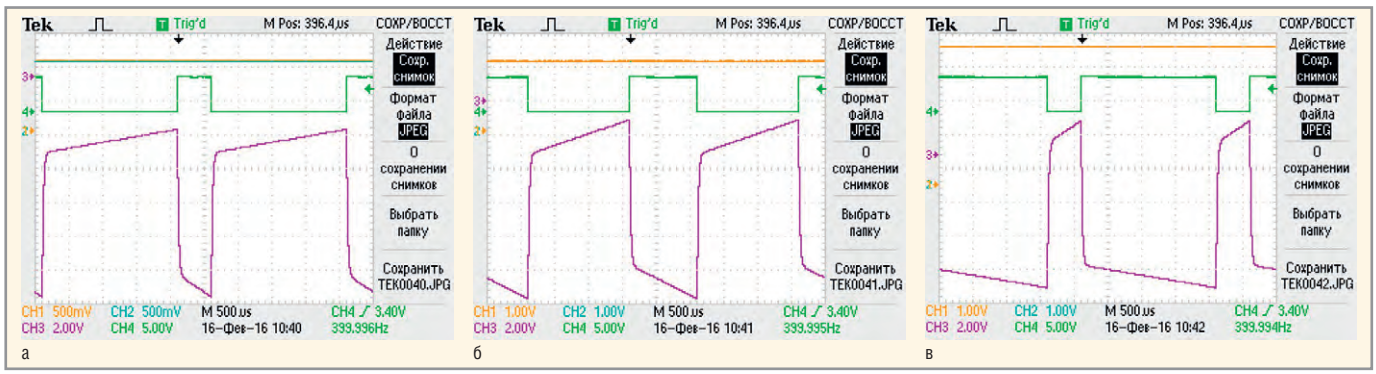


Рис. 7. Осциллограммы для разных уровней входного напряжения: а – U_x = 1 В; б – U_x = 2 В; в – U_x = 4 В

Обозначения: жёлтый луч – напряжение на входе «+» ОУ; голубой луч – напряжение на входе «–» ОУ; малиновый луч – напряжение на выходе ОУ; зелёный луч – напряжение на выходе ФД (за исключением места наложения голубого и жёлтого луча из-за равенства напряжений).

литель. Остальные элементы (резисторы и конденсаторы) могут иметь разбросы ±(5–10)%.

Заключение

Сейчас во многих устройствах используются ШИМ-регуляторы: прецизионная передача аналогово сигнала через оптрон, управление многофазными инверторами на тиристорах, аналоговые шкалы на светодиодах, системы электронного зажигания автомобилей и т.д. Применение микросхемы ФАПЧ в этих устройствах позволит упростить схемы и повысить точность.

Разработанная микросхема ФАПЧ 5503ХМ1У-653 допускает работу в широком диапазоне температур от –60 до +125°С. В перспективе планируется выпуск 2- и 3-канальных микросхем ФАПЧ с ОУ и питанием +5 В с приёмкой 5 и ОТК.

Для более широкого применения ФАПЧ необходимо наладить выпуск дешёвых микросхем (в пластиковых корпусах), а в учебных программах вузов уделять больше внимания изучению ФАПЧ.

Литература

1. *Сизов М.* Преобразователь напряжения в длительность импульса, стабилизированный ФАПЧ. Современная электроника. 2012. №6.
2. Система ФАПЧ и её применения. www.catalog.gaw.ru/index.php?page=document&id=1478.
3. Контур фазовой автоподстройки частоты и его основные свойства. www.dsplib.ru/content/pll/pll.html.

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

Лаборатория входного контроля под ключ

Наталья Елисеева, Константин Андреев, Дмитрий Танков, Евгений Турлаев, Ксения Лукина, Антон Климовских, Роман Косилов (Москва)

В статье представлена Лаборатория iLForm®, предназначенная для комплексного автоматизированного решения задач входного контроля ЭКБ в соответствии с требованиями национального метрологического законодательства и нормативной документации в области измерений и испытаний в микроэлектронике.

Лаборатория входного контроля (ЛВК) iLForm® – это новаторский высокоинтегрированный продукт, созданный предприятием ФОРМ с целью системной автоматизации бизнес-процесса испытаний и измерений ЭКБ для достоверной и прослеживаемой проверки качества электронных компонентов.

Лаборатория iLForm® представляет собой комплекс измерительного и испытательного оборудования, приборов и программно-технических средств, объединённых информационной системой ИС iLForm®.

При разработке проекта Лаборатории были обобщены 20-летний опыт эксплуатации тестеров FORMULA® на 90 предприятиях ОПК России и опыт собственной испытательной лаборатории по созданию тестовых решений для продукции ведущих российских предприятий – Микрон, МЦСТ, ЭЛВИС, НТЦ Модуль, МИЛАНДР, КВАНТ, БАЙКАЛ-электроникс.

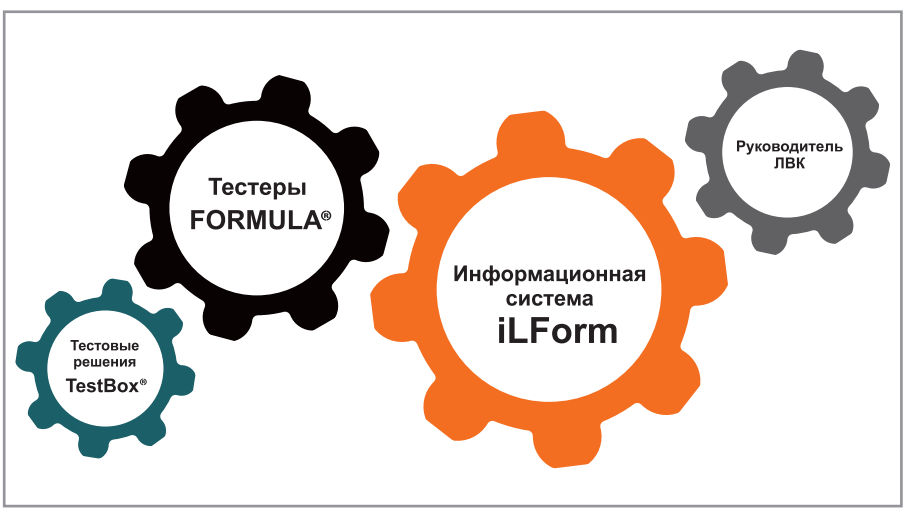


Рис. 1. Лаборатория входного контроля iLForm®

Созданная Лаборатория решает основную задачу входного контроля – предотвращение передачи дефектных компонентов в производство конечной продукции, а в случае инцидента позволяет оперативно выполнить ретроспективный анализ по всей цепочке проверки качества.

Применение Лаборатории iLForm® позволяет получить значительные выгоды и удобства в работе:

- обеспечивает достоверность результатов контроля ЭКБ;
- позволяет выполнить план в срок и с минимальными ресурсами;
- автоматизирует нормативные процедуры прослеживаемости и идентификации;
- сокращает затраты на инженерно-техническое сопровождение бизнес-процесса измерений и испытаний;
- снижает остроту проблемы дефицита кадров и оплаты квалифицированного труда;
- позволяет приступить к проведению проверки ЭКБ сразу после развёртывания оборудования.

Лаборатория iLForm®

ЛВК iLForm® (см. рис. 1) предназначена для комплексной автоматизации бизнес-процесса проверки качества электронных компонентов с выполнением процедур прослеживаемости в отношении процессов и результатов измерений и испытаний.

Состав оборудования и технического оснащения ЛВК обеспечивает высоко-

автоматизированную проверку широкой номенклатуры микросхем, полупроводниковых приборов, электромагнитных реле, узлов и модулей РЭА методами испытаний, параметрических измерений, функционального и диагностического контроля.

Области применения ЛВК ориентированы на входной контроль ЭКБ, при этом компоненты Лаборатории и ЛВК в целом будут эффективны для реализации:

- сертификационных испытаний;
- производственных и приёмочных испытаний серийной продукции: отбраковочных, приёмо-сдаточных, периодических и квалификационных;
- испытаний и исследований вновь разработанных типов электронных компонентов.

Ядром Лаборатории являются российские продукты, созданные предприятием ФОРМ:

- тестеры FORMULA® – автоматизированные средства измерений ЭКБ и узлов РЭА;
- тестовые решения TestBox® – более 550 типов, готовых для измерений и испытаний микросхем, полупроводниковых приборов и реле;
- информационная система ИС iLForm® – средство комплексной автоматизации процедур прослеживаемости и идентификации для непрерывного управления данными о проверке качества электронных компонентов;
- средства кодирования и распознавания для автоматизированной идентификации объектов испытаний.

ЛВК iLForm® разработана как модульная масштабируемая система, допускающая различные варианты исполнения и открытая для программно-аппаратной интеграции с широким кругом дополнительного оборудования и приборов.

В состав Лаборатории, в дополнение к её ядру, предлагается включить:

- метрологическое оснащение – программное обеспечение, внешние приборы и комплекты поверочных принадлежностей для самостоятельного проведения периодической калибровки средств измерений (СИ) и испытательного оборудования силами метрологической службы потребителя;
- испытательное оборудование – камеры тепла-холода, «мобильные термоустановки», вибростенды;
- средства автоматизации – автозагрузчики, автосортировщики, зондовые автоматы;
- техническое оснащение – производственная мебель, оргтехника, аксессуары.

Состав каждого экземпляра ЛВК iLForm® определяется на основе анализа задач, требований и пожеланий потребителя. Варианты оборудования рабочих мест, типы поставляемого испытательного оборудования, приборов и технических средств автоматизации указываются в спецификации поставки.

Основные компоненты ЛВК iLForm®

Тестеры FORMULA®

Именно тестеры FORMULA® являются метрологическим центром ЛВК и основным источником данных для реализации процедур прослеживаемости.

Тестеры FORMULA® – это восемь утверждённых Росстандартом типов автоматизированных средств измерений для параметрического и функционального контроля ЭКБ (см. рис. 2). Тестеры обеспечивают метрологическую достоверность измерений в соответствии с национальными стандартами, высокую производительность, строгое соответствие нормативной документации, техническим требованиям и спецификациям на испытуемую продукцию.

Каждый тип тестеров предназначен для выполнения комплексного автоматизированного контроля соответствующего класса ЭКБ при проведении входного контроля, производственных и приёмочных испытаний, а также сертификации ЭКБ ИП.

На сегодняшний день в состав тестеров семейства FORMULA® входят следующие серийные модели в статусе утверждённого типа СИ и внесённые в государственный реестр СИ:

1) FORMULA® HF Ultra – тестер УВЧ СБИС 550 МГц / 1024 канала [1];

2) FORMULA® HF3 – тестер ВЧ СБИС 200 МГц / 512 каналов;

3) FORMULA® HF2 – тестер ВЧ СБИС 100 МГц / 256 каналов;

4) FORMULA® 2K – тестер микросхем малого и среднего уровня интеграции 20 МГц / 256 каналов;

5) FORMULA® TT2 – тестер полупроводниковых приборов 2000 В / 100 А [2];

6) FORMULA® R – тестер электромагнитных реле [3];

7) FORMULA® CK – тестер микросхем и узлов РЭА 20 МГц / 192 канала.

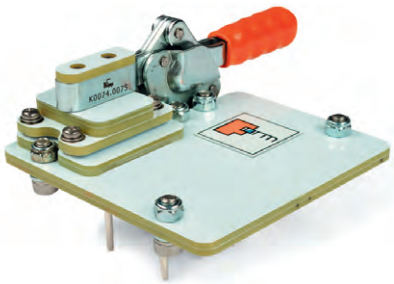
Все тестеры семейства FORMULA® являются результатом собственной разработки предприятия ФОРМ с использованием оригинальных технических решений при проектировании аппаратуры, программного обеспечения и специализированной элементной базы. Наличие полной конструкторской и метрологической документации с литерой «О1» на каждый тип выпускаемых средств измерений обеспечивает непрерывную поддержку жизненного цикла оборудования и надлежащий государственный метрологический надзор.

Сегодня на технической поддержке находятся более 400 единиц тестеров FORMULA® и более 550 типов тестовых решений, которые применяются для входного контроля, производственных испытаний и сертификации ЭКБ.

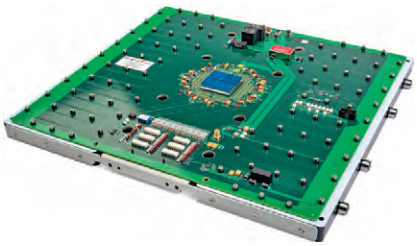
За технические и метрологические характеристики мирового уровня приборы FORMULA® удостоены четырёх платиновых медалей Росстандарта.

Рис. 2. Тестеры FORMULA®

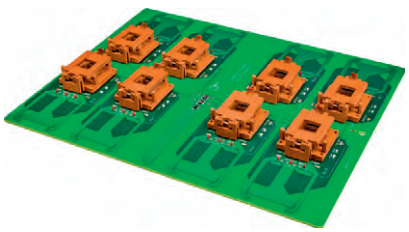
«Коробочный продукт»



Типовая измерительная оснастка для контроля полупроводниковых приборов с помощью тестеров FORMULA® TT и TT2



Измерительная оснастка для контроля ПЛИС Altera STRATIX4 с помощью тестера FORMULA® HF Ultra



Типовая измерительная оснастка для контроля СБИС в режиме мультисайт с помощью тестера FORMULA® HF3-512

Рис. 3. Тестовые решения TestBox®

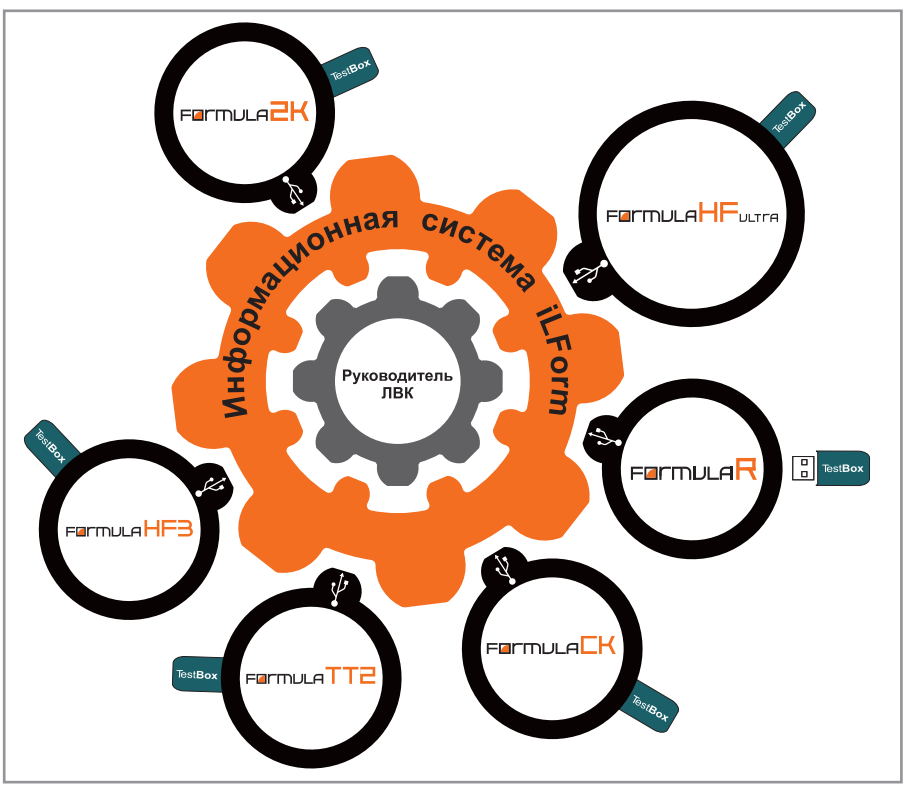


Рис. 4. Информационная система ИС iLForm®

Тестовые решения TestBox®

Каждое тестовое решение TestBox® – это «коробочный продукт», превращающий тестер FORMULA® в готовое рабочее место для проведения измерений электронных компонентов (см. рис. 3):

- в корпусе и на пластинах;
- поштучно и в режиме группового контроля «мультисайт»;
- с ручной и автоматической загрузкой и сортировкой с применением автосортировщиков и зондовых автоматов;
- в нормальных условиях и под воздействием температур и иных внешних воздействующих факторов.

Каждое тестовое решение TestBox® является специализированным программно-аппаратным комплексом, полностью готовым к применению. Этот комплекс включает в себя: специализированную оснастку для подключения конкретного типа ЭКБ, диск с программным обеспечением, паспорт с руководством по эксплуатации, гарантию и техническую поддержку производителя.

Информационная система iLForm®

Интеллектуальным ядром ЛВК является система автоматизированного обеспечения прослеживаемости процессов и результатов испытаний ИС iLForm®.

Задачей ИС iLForm® (см. рис. 4) является исключение ошибок ручного труда при реализации нормативных процедур идентификации и прослеживаемости, которые создают немалые проблемы в управлении качеством ЭКБ, среди которых:

- риск передачи дефектных электронных компонентов в производство;
- риск ложного забракования годных компонентов;
- высокая стоимость, неполнота и риск недостоверности процедур ручной регистрации данных;
- трудности при выполнении оперативного и, особенно, ретроспективного анализа дефектных компонентов при ручном извлечении информации;
- трудности оперативного формирования данных для рекламационной работы и выработки корректирующих действий.

ИС iLForm® решает эти и многие другие проблемы, резко снижая риски и затраты за счёт автоматизации процедур идентификации и прослеживаемости по всей цепочке испытаний и измерений на основе безбумажного управления данными об объектах, процессах и результатах проверки качества электронных компонентов.

Система iLForm® автоматически производит сбор, хранение и извлечение данных в оперативном и ретроспективном режиме за любой период, предоставляя руководителю ЛВК информацию в унифицированных форматах.

По запросу обеспечивается выдача информации:

- *о движении и местонахождении партий ЭКБ*, сопроводительной документации, программах и маршрутах испытаний;
- *о результатах проверки ЭКБ*: характеристиках качества (в виде полных и сокращённых протоколов испытаний), о количестве проверенных и забракованных изделий, о видах брака, о дрейфе параметров в партии и за период;

- *о процессах измерений и испытаний*: условиях и времени проведения процессов, данных о техническом и метрологическом состоянии использованного оборудования, об использованных тестовых решениях, о состоянии окружающей среды, сведения об исполнителях;
- *управленческие данные*: о ходе выполнения плана испытаний, о фактической трудоёмкости операций, об отказах оборудования, нормы производительности для планирования машинного времени, сроки проведения регламентных работ;
- *данные для автоматической генерации отчётов* для анализа деятельности по заданным критериям.

«Мастера» подготовки статистических отчётов, встроенные в пользовательский интерфейс ИС iLForm, являются мощными инструментами руководителя для выполнения оперативного и ретроспективного анализа, в том числе в случае инцидентов отказа компонентов в эксплуатации, а также для выработки и планирования корректирующих действий.

Автоматическое управление данными в ИС iLForm® исключает ошибки ручной работы, и, что особенно важно, не допускает несанкционированные изменения данных измерений и испытаний.

Благодаря сквозной идентификации объектов контроля (партий ЭКБ, оборудования, приборов, оснастки, технического оснащения, мест хранения), а также автоматизации сбора, хранения и извлечения результатов испытаний, ИС iLForm® резко снижает риск передачи дефектных изделий ЭКБ в производство, а также риск ложного забракования.

Средства, использованные при создании ИС iLForm®, в перспективе рассматриваются как компонент информационных систем более высокого уровня, применяемых для непрерывной поддержки жизненного цикла изделий, в том числе с информационной системой предприятия, выполненной в соответствии со стандартами CALS.

Заключение

Невозможно представить себе современное производство без входного контроля, именно поэтому комплексное предложение российского разработчика является чрезвычайно актуальным и востребованным. Лаборатория входного контроля, построенная на отечественных приборах, является тем самым локомотивом программы импортозамещения, который позволяет увидеть вполне реальные перспективы приборостроительной отрасли в целом.

Литература

1. *Елисеева Н., Шелевер Д., Климовских А., Григорьев О., Шарипов Р., Коваль А., Косилов Р., Болгов В., Кривенок А., Синопальников А.* FORMULA® HF Ultra – новое российское средство измерений ультравысокочастотных СБИС. Современная электроника № 2. 2016. С. 30–34.
2. *Елисеева Н., Попов В., Шустов А., Григорьев О.* Тестер FORMULA® TT2 – российское средство измерений параметров полупроводниковых приборов. Современная электроника № 3. 2016. С. 56–61.
3. *Елисеева Н., Шарипов Р., Шустов А., Фатюшкин С., Григорьев О.* Тестер FORMULA® R – автоматизированная контрольно-измерительная система для проверки реле постоянного тока. Современная электроника № 4. 2016. С. 56–61.

Новости мира News of the World Новости мира

Keysight Technologies и ТУСУР запускают совместную программу подготовки инженеров

Компания Keysight Technologies и Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) подписали договор о передаче ТУСУРу лицензий на программное обеспечение компании Keysight Technologies для использования в учебном процессе при подготовке инженеров в области СВЧ-технологий и информационно-коммуникационных систем.

Системы автоматизированного проектирования Keysight EEsof в полном объёме будут использоваться в 6 учебных лабораториях вуза на 180 рабочих местах.

Keysight Technologies также предоставит университету доступ к своим учебным и информационным материалам. Компания также проведёт обучение преподавателей и будет оказывать техническую поддержку университету в рамках договора.

Для работы совместного научно-образовательного центра и организации учебной лаборатории компания Keysight Technologies передала университету 10 осциллографов Keysight InfiniiVision 3000T серии X, укомплектованных программным обеспечением с полным набором опций. Это самые современные приборы, обладающие широким функционалом «шести приборов в одном»: цифровой запоминающий осциллограф, генератор сигналов произвольной формы, логический анализатор, анализатор протоколов, вольтметр и частотомер. Специально для задач обучения, осциллографы данного класса оборудованы дополнительным двухканальным генератором с обширной библиотекой тестовых сигналов. Такой подход позволяет построить целый ряд лабораторных курсов на базе одного прибора. Подобные курсы охватывают широкий спектр типовых задач, начиная от базовых навыков работы с осциллографами смешанных сигналов и коррелированного анализа спектральной и временно́й области и заканчивая навыками работы с протоколами шин последовательной передачи данных. Keysight Technologies подготовила преподавателей и специалистов в ТУСУРе к работе с этими приборами.

ТУСУР продолжит подготовку специалистов по автоматизации проектирования сверхвысокочастотных микро- и наноэлектронных устройств для радиотехнических систем с учётом требований международной сертификационной программы Keysight Technologies и разработку учебных программ, учебных материалов, лабораторных работ по программному обеспечению САПР компании Keysight Technologies.

Сотрудничество Keysight Technologies с ТУСУР продолжается около трёх лет. Совместно реализуются образовательные и научно-исследовательские программы в области радиоэлектроники и телекоммуникационных систем.

Преподаватели университета подготовили программы курсов и стажировок с использованием САПР EEsof и оборудования компании Keysight Technologies. В настоящее время для студентов ТУСУРа доступны курсы по программированию ПЛИС, цифровым телекоммуникационным системам и спутниковой связи, системам беспроводного доступа, а также курсы и стажировки по цифровой обработке сигналов, волоконно-оптическим системам передачи данных, микроволновым пассивным устройствам, разработке фильтров СВЧ на объёмных и полосковых резонаторах.

www.investor.keysight.com

Контрольные испытания датчиков угловой скорости, выполненных на основе волоконно-оптических гироскопов
Часть 2

Дмитрий Гаманюк, Николай Гаманюк (г. Саратов)

Во второй части статьи подробнее рассмотрено влияние конструкции, технологии и технологической дисциплины на характеристики готового изделия. С учётом этих факторов рассмотрена задача минимизации временны́х и ресурсных затрат на этапах приёмо-сдаточных и периодических испытаний датчиков угловой скорости, выполненных на основе волоконно-оптических гироскопов, при сохранении достоверности проверок и обеспечении поставок годной продукции.
Первую часть статьи читайте в журнале «Современная электроника» №7, 2015, стр. 52.

Задача минимизации затрат является сложной и ответственной. От правильного её решения зависит достижение оптимизации временны́х и материальных затрат на проведение контрольно-приёмочного цикла, с обеспечением поставки качественной, полностью удовлетворяющей заказчика, продукции. Таким образом, будут исключены материальные и моральные издержки на замену и ремонт некондиционной продукции.

Данная задача должна быть решена качественно и в сжатые сроки инженером-конструктором, разрабатывающим текстовую документацию, в первую очередь – технические условия. От его квалификации зависит и полнота учёта формальных процедур, то есть включение в объём проверок всех требований, предъявляемых к изделию, и оптимизация времени приёмо-сдаточных (ПСИ) и периодических испытаний при обеспечении требуемого качества.

Проанализируем задачу и наметим пути её решения для датчиков угловых скоростей, построенных на базе волоконно-оптических гироскопов (ВОГ). Для этого посмотрим, какими основными параметрами характеризуются ВОГ в соответствии с назначением и физическими принципами работы.

Основные параметры ВОГ

Масштабный коэффициент (МК) – представляет собой коэффициент пропорциональности между угловой скоростью вращения объекта, на котором установлен прибор, и его выходным сигналом. Условно говоря, это число, на которое потребитель информации должен умножать значение выходного сигнала (код, напряжение, частота) для получения информации об угловой скорости.

МК, в общем-то, должен быть постоянной величиной, зависящей от параметров электронных и оптических компонентов схемы, но на практике (и для обеспечения лучшей точности) его индивидуализируют для каждого прибора, причём разброс значений МК от прибора к прибору должен быть крайне малым.

Сам же разброс обусловлен разницей параметров компонентов, применённых в приборе, и вариациями условий выполнения технологических операций монтажа, хотя в целом все характеристики и находятся в пределах своих допусков.

Под вариациями условий выполнения технологических операций здесь понимаются изменения температурно-влажностного режима в сборочном цехе, состояние рабочего инструмента и оснастки, квалификация и манера работы персонала и даже его морально-психологическое состояние.

Таким образом, МК является эксплуатационным параметром каждого конкретного прибора, а не конструкции в целом, и должен проверяться в ходе приёмо-сдаточных испытаний.

Стратегия же определения МК в ходе ПСИ (как часто практикуется) получается не совсем верной, т.к. идеологически контрольные испытания служат для оценивания параметров [1], а не для их определения – это задача отладки, регулировки и настройки.

Фактически определение МК в ходе ПСИ и занесение данного значения в паспорт прибора является «прятаньем головы в песок», мол, какой получится МК, такой и получится, а после этого его соответствие (т.е. стабильность МК от запуска к запуску) в ходе испытаний уже и не проверяется.

Правильнее, на взгляд автора, определять МК конкретного прибора на этапе, предшествующем предъявительским испытаниям – во время регулировки (отладки), и подтверждать стабильность его значения уже потом, на испытаниях.

Для определения МК прибор вращают с угловыми скоростями, задаваемыми с высокой точностью, с фиксацией его показаний. МК, определённый на данной скорости, вычисляется как отношение угла поворота прибора с определённой скоростью на время поворота, полученное из показаний прибора с учётом его нулевого сигнала (сигнала в отсутствие вращения).

Для минимизации погрешностей наклона измерительной оси вращение целесообразно проводить в противоположных направлениях. Угловые скорости, задаваемые при вращении прибора, соответствуют его рабочему диапазону.

Итоговое (паспортное) значение МК обычно определяется как усреднённая величина значений МК, полученных на всех скоростях при различных температурах из диапазона применения прибора.

Стабильность МК – это степень соответствия масштабного коэффициента прибора паспортному значению как во время работы прибора (в запуске), так и от запуска к запуску. У разных разработчиков этот параметр может иметь названия «нестабильность МК», «погрешность МК».

Каждый прибор поставляется потребителю с паспортом, в котором указа-

но значение МК. Потребитель устанавливает прибор на подвижный объект, а его МК, как абсолютную и неизменную величину, вводит в бортовую цифровую вычислительную машину (БЦВМ) для вычисления уже угловых скоростей с целью определения законов управления. При этом стабильность МК в течение всего срока службы прибора напрямую влияет на точность измеряемых параметров.

Стабильность МК во время работы прибора определяется как отношение максимальной по модулю разности между текущими значениями МК, определёнными на каждой скорости при данной температуре, и его средним значением, к среднему значению в данном запуске на данной температуре.

Межзапусковая стабильность МК (от включения к включению) определяется аналогично, но вместо значения МК в данном запуске (на определённой температуре) используется усреднённое значение, определённое для всего рабочего диапазона температур.

Стабильность МК – безразмерная величина, и переводится в проценты.

Поскольку данный параметр является производным от собственно масштабного коэффициента, все рассуждения о порядке его определения и проверки, приведённые выше, применимы и здесь.

Систематическая составляющая нулевого сигнала – это значение выходного сигнала прибора при отсутствии вращения. Другое название параметра – «сдвиг нуля».

Строго говоря, в земных условиях обеспечить отсутствие вращения основания невозможно, т.к. прибор «чувствует» вращение Земли. При этом вектор угловой скорости вращения Земли раскладывается на оси чувствительности прибора. Абсолютное значение проекций угловой скорости вращения Земли на оси чувствительности зависит от широты места проведения испытаний. Теоретически, определив составляющую скорости вращения Земли по данному каналу, можно заставить прибор вращаться в противоположную сторону с той же скоростью, и получить на выходе «чистый» нулевой сигнал. Однако проще это делать математически.

Поэтому систематическую составляющую нулевого сигнала каждого канала определяют, учитывая соответствующие составляющие угловой скорости вращения Земли, определённые с достаточно высокой точностью.

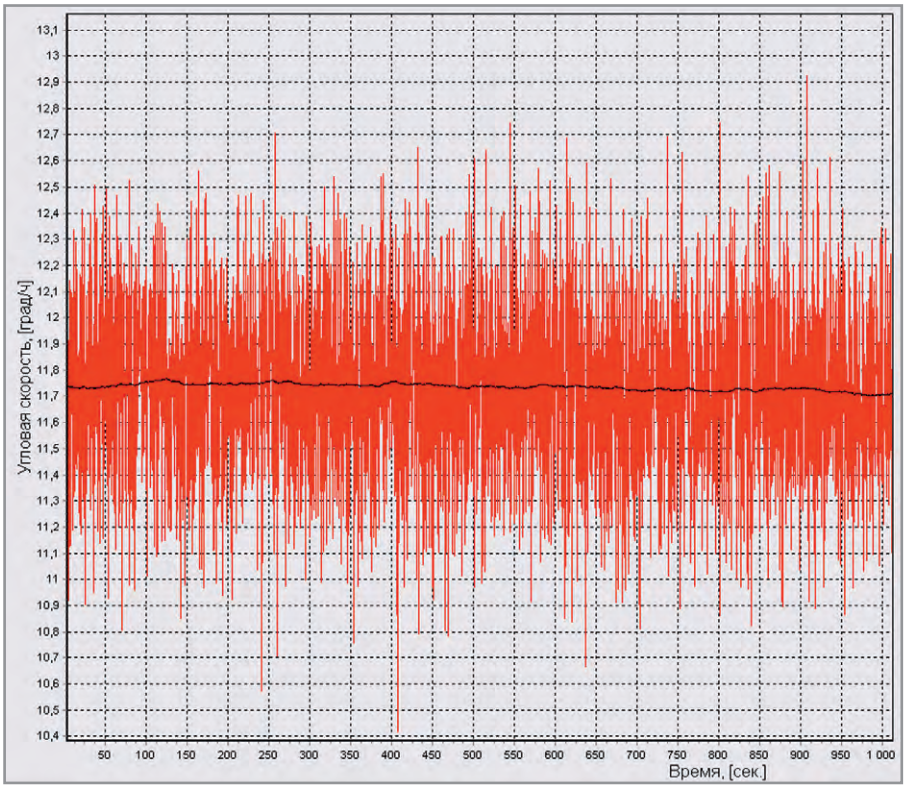


Рис. 1. Мгновенные и среднее значения угловой скорости, измеренной одной осью чувствительности

Систематичность нулевому сигналу придаёт достаточно длительное время его определения, часто соизмеримое со временем работы прибора по предназначению.

Величина систематической составляющей «чистого» нулевого сигнала зависит от параметров оптического контура и электронного блока конкретного прибора, некоторые из которых, в свою очередь, зависят от степени соблюдения технологической дисциплины.

Стратегия определения данного параметра заключается в запуске прибора в течение длительного времени, соразмерного с его штатной работой, подсчёте среднего значения выходного сигнала и учёте составляющих скорости вращения Земли, определённой с высокой точностью по всем трём осям (см. рис. 1). При этом ориентация прибора при установке не важна. Важна точность определения составляющих скорости Земли.

Как правило, приборы должны успешно функционировать при различных температурах, поэтому необходимо определять сдвиг нуля при крайних значениях из рабочего диапазона температур, в низковольтных комплектных устройствах (НКУ), и определять среднее значение. Если прибор должен успешно функционировать при динамическом изменении значения температуры, паспортизованное значение систематической составляющей нулевого сигнала целесообразней определять в данном режиме, как наиболее тяжёлом.

Если объект применения короткоживущий, и время запуска невелико (5–15 минут), разработчик может предусмотреть несколько запусков.

Систематическая составляющая нулевого сигнала – важный эксплуатационный параметр конкретного прибора, который, как и в случае с МК, используется для определения истинной угловой скорости вращения самого объекта вокруг соответствующей оси. Поэтому он заносится в паспорт.

Таким образом, данный параметр должен определяться до предъявления на испытания, а на них – лишь подтверждаться.

Случайная составляющая нулевого сигнала (ССНС) – может также называться стабильностью сдвига нуля при определённой постоянной температуре – параметр, показывающий, насколько отличается показатель систематической составляющей нулевого сигнала от своего номинального (или паспортного) значения.

ССНС может определяться как в ходе одного запуска, так и от запуска к запуску. Если ВОГ применяется в системах с небольшим временем работы, но частыми включениями (например, навигационные системы транспорта

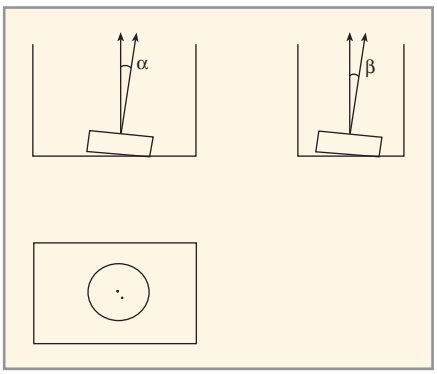


Рис. 2. Реальная картина установки волоконного контура в приборе (в трёх проекциях)

малой дальности), тогда актуальным будет минимизация ССНС от запуска к запуску. Если ВОГ применяется в космических аппаратах с длительными сроками активного существования, тогда задаётся ССНС в запуске.

И в том и в другом случае ССНС определяется как производная от систематической составляющей нулевого сигнала (как среднеквадратическое отклонение либо как абсолютное отклонение) и имеет её размерность. Поэтому ССНС логично определять до этапа ПСИ вместе с систематической составляющей нулевого сигнала.

Отклонение углового положения осей чувствительности прибора. Основным оптическим элементом ВОГ является волоконно-оптический контур, представляющий собой цилиндрическое основание с намотанным на него оптическим волокном – проводником электромагнитного излучения оптического диапазона.

Данный волоконно-оптический контур устанавливается в корпусе прибора и образует оптическую основу одного из измерительных каналов. Измерение угловой скорости осуществляется относительно оси вращения контура, при этом сам контур при изготовлении может быть установлен в корпус с перекосом (см. рис. 2).

Перекосы возможны как из-за наложения допусков изготовления цилиндрического основания катушки и посадочной основы корпуса прибора, так и из-за погрешностей самой установки (степени соблюдения технологической дисциплины).

В случае наличия таких отклонений прибор будет выдавать не угловую скорость своего вращения (а, следовательно, и вращения объекта), а проекцию истинной скорости на реальную ось чувствительности. Расхождение будет тем больше, чем больше отклонение углового положения оси чувствительности от оси системы координат объекта.

Ясно, что реальные размеры цилиндрических оснований, корпуса прибора, степень соблюдения технологической дисциплины – параметры сугубо индивидуальные для каждого конкретного прибора.

Классический алгоритм определения отклонения углового положения включает определение отклонения осей по трём каналам при трёх значениях температуры (максимальная, минимальная эксплуатационная и НКУ) и нахождение среднего из них.

Поэтому данный параметр должен определяться индивидуально, в процессе изготовления, и подтверждаться в ходе испытаний.

Погрешность измерения угловой скорости. Датчик угловой скорости, прежде всего, предназначен для выдачи сигнала, пропорционального данной величине, и выдачи его потребителям. Вследствие объективных и субъективных причин измерения производятся с некоторой неточностью, и их результаты не совпадают с истинными значениями угловой скорости. Точность измерения может быть оценена с помощью погрешностей, наиболее информативной из которых является относительная погрешность.

Заказчик датчика угловой скорости ожидает получить результаты определения угловой скорости с точностью «не хуже, чем...», иначе управляющие воздействия на объект могут быть неадекватны внешним возмущениям. Вот эта точность и характеризуется относительной погрешностью измерения, задаваемой разработчику в техническом задании.

Погрешность измерения – интегральный показатель работы прибора, его точности. Погрешности измерения, вызванные колебанием масштабного коэффициента, отклонением осей чувствительности от посадочной плоскости прибора, изменением систематической составляющей нулевого сигнала могут иметь «различные знаки» и взаимно компенсироваться или складываться. Таким образом, каждый из описанных параметров ВОГ по отдельности может находиться в допуске, а на выходе прибор может выдавать результат за пределами приемлемой точности.

Погрешность измерения угловой скорости – конечный, самый объективный показатель годности прибора, когда результаты его измерений (то, что пойдёт далее в систему управления) сравниваются с истинной скоростью вращения, заданной с высокой точностью с помощью аттестованного (поверенного) устройства (в нашем случае – поворотной установкой).

Частные параметры ВОГ

ВОГ могут характеризоваться и другими, частными параметрами, в зависимости от области и условий применения, конструктивных особенностей, требуемых характеристик точности.

Магнитная чувствительность – изменение показаний ВОГ вследствие воздействия на него внешнего магнитного поля со значениями, превышающими значения магнитного поля Земли [2, 3].

Внешнее магнитное поле изменяет параметры электромагнитного излучения, проходящего через оптический контур ВОГ, поворачивая вектор его поляризации. Изменение направления вектора поляризации оптоволокна происходит вследствие взаимодействия электронов материала волокна с внешним магнитным полем. При этом формируются дополнительные фазовые задержки распространения световых лучей, вносящие погрешности в определение скорости вращения.

Величина данных погрешностей прямо зависит от напряжённости, направления действия магнитного поля и длины пути светового луча (волоконного контура ВОГ).

Таким образом, магнитная чувствительность ВОГ определяется его конструктивными особенностями и не зависит от сборки. Следовательно, испытания на магнитную чувствительность целесообразно проводить на этапе периодических испытаний.

Динамические характеристики – характеристики ВОГ как системы автоматического управления во время переходных процессов, то есть при изменении измеряемых параметров [4].

ВОГ – прибор, измеряющий угловую скорость вокруг осей чувствительности. При этом предполагается, что угловое ускорение, т.е. скорость изменения измеряемой скорости, отсутствует. Однако в реальных применениях, связанных с подвижными объектами, так практически никогда не происходит. Ведь уже для того, чтобы появилась скорость, которую будет измерять прибор, должно возникнуть угловое ускорение.

Динамические характеристики позволяют оценить, как прибор искажает выходной сигнал по отношению к входному. Типовым входным воздействием при оценке динамических характеристик является синусоидальный сигнал. То есть величина и направление входной угловой скорости, которой подвергается ВОГ, изменяются по функции синуса. ВОГ осуществляет сдвиг по фазе и уменьшение амплитуды входного синусоидального сигнала вследствие инерционности электронных блоков. Оптический модуль из-за большой скорости распространения светового потока считаем безинерционным. Сдвиг по фазе и уменьшение амплитуды при каждой температуре, на каждой частоте должен быть не больше (по модулю), чем те, которые формирует на тех же частотах звено, описывающее (моделирующее) ВОГ (задаётся заказчиком прибора).

Быстродействие элементов схемы зависит от их типа, а не от производственного процесса изготовления ВОГ. Поэтому проверку динамических характеристик не обязательно проводить в ходе ПСИ на каждом приборе, а целесообразно осуществлять в ходе периодических испытаний.

Пусковой ток ВОГ – потребляемый ВОГ ток в момент его включения. Приёмник электрической энергии бортовой системы электроснабжения подвижного объекта в момент включения оказывает существенную нагрузку и на систему генерирования, и на систему передачи и распределения энергии. Эта нагрузка возрастает с ростом пускового тока, так как увеличивается потребляемая мощность и тепловыделение, ухудшается электромагнитная обстановка. Пиковые нагрузки могут привести к выходу из строя (некорректной работе) других приёмников электроэнергии, а электромагнитные помехи негативно воздействуют на активные элементы схемы. Так, ГОСТ Р 54073, устанавливающий общие требования и нормы качества электроэнергии для самолётов, вводит требования на недопустимость создания опасных условий, причинение повреждений другому оборудованию и изменение характеристик электроэнергии, выходящее за установленные пределы.

Пусковой ток – показатель, определяемый конструкцией. Он зависит от параметров входных преобразователей напряжения в цепях питания ВОГ (если, конечно, отсутствует короткое замыкание вследствие некорректного монтажа, что выясняется в ходе других проверок). Поэтому пусковой ток ВОГ может проверяться в ходе периодических испытаний.

Параметры выходных сигналов. Требования к выходному каскаду ВОГ обычно устанавливаются заказчиком прибора для обеспечения его информационного интегрирования в общую систему объекта. Для этого на выходе ВОГ должны формироваться сигналы с определёнными параметрами и допусками на них. Вид и параметры выходных сигналов формируются активными электронными компонентами – микросхемами – и определяются их характеристиками. Поэтому параметры выходных сигналов не зависят от качества выполнения технологических операций по монтажу микросхемы, а определяются её характеристиками. Если исправная микро-

схема установлена правильно, то она работает в штатном режиме, и параметры выходных сигналов ВОГ будут соответствовать установленным требованиям. Если микросхема неисправна или смонтирована с нарушениями, то выходных сигналов, обеспечивающих положительные результаты ПСИ, просто не будет. Следовательно, собственно параметры выходных сигналов – частоту следования, амплитуду, длительность или выходное напряжение – целесообразно проверять в ходе периодических испытаний, чтобы убедиться, что существующая конструкция продолжает обеспечивать требуемые параметры.

Таким образом, предпочтительно (и правильнее) определение многих параметров ВОГ проводить на производственном этапе, оставляя на стадию контрольных испытаний лишь их подтверждение. Однако к такому революционному подходу в настоящее время ни разработчики, ни заказчики не готовы. Надёжней, по их мнению, доверять определение и проверку параметров службе ОТК и военному представительству, как более ответственным и независимым образованиям.

Итак, необходимо составить программы периодических и приёмо-сдаточных испытаний.

На основе проведённых рассуждений и рекомендаций, приведённых в статье «Контрольные испытания датчиков угловой скорости и кажущегося ускорения» [5], предлагается следующее перераспределение.

Приёмо-сдаточные испытания:

- масштабный коэффициент;
- диапазон линейной зоны измерения угловой скорости;
- систематическая составляющая нулевого сигнала при постоянной температуре;
- систематическая составляющая нулевого сигнала при изменении температуры;
- случайная составляющая нулевого сигнала;
- время готовности;
- отклонение углового положения осей чувствительности каналов угловой скорости относительно системы координат (СК), связанной с посадочной плоскостью прибора;
- погрешность измерения угловой скорости.

Кроме того, к данным параметрам, безусловно, необходимо добавить такие «традиционные» для оптико-электронных (да и не только) приборов показатели, как внешний вид, сопротивление изоляции, потребляемая мощность, время выхода на рабочий режим.

Периодические испытания:

- динамические характеристики прибора;
- проверка магнитной чувствительности;
- пусковой ток;
- устойчивость к воздействию внешних воздействующих факторов (ВВФ);
- проверки в объёме ПСИ.

В сумме две данные категории испытаний обеспечивают проверку всех параметров, которыми характеризуется ВОГ. Вот только объём приёмо-сдаточных испытаний напрямую влияет на время сдачи партии и получения продукции заказчиком, а с периодическими испытаниями можно не торопиться, главное – начать их и получить юридическое право на отгрузку.

Соотношение операций изготовления и испытаний

Очевидно, что на испытания, по результатам которых принимается решение о соответствии продукции, должен предъявляться годный, исправный, правильно функционирующий прибор, соответствующий КД. Всякое несоответствие, полученное на испытаниях, влечёт за собой остановку приёмки, проведение исследования с составлением программы, акта, разработкой мероприятий и т.п., доработку, исправление дефектов, проверку эффективности принятых мер и т.д. Если продукция идёт с приёмкой заказчика, то все данные документы и мероприятия необходимо согласовать с военпредами, что тоже часто требует значительных временны́х затрат.

Временны́е, материальные и моральные потери из-за дефектов, выявленных в ходе производственного контроля, несоразмерно меньше.

Ничто, однако, не мешает организовать технологический процесс производства приборов таким образом, чтобы основные определения, настройки, регулировки и проверки проводить до приёмочных испытаний. Сами же приёмочные испытания должны включать в себя проверку минимального количества необходимых параметров, наиболее полно и всесторонне характеризующих данное изделие, и уже подтверждённых (прямо и/или косвенно) на этапе производственного контроля.

Поскольку основное предназначение ВОГ – измерение угловой скорости, в соответствии с ГОСТ РВ 15.307 [6] испытания должны максимально точно моделировать условия эксплуатации. Проверки и определение параметров можно провести на этапах регулировки и отладки. ПСИ для ВОГ могут включать лишь определение погрешности угловой скорости.

Иными словами: максимум операций, в том числе и контрольно-проверочных, на этапе изготовления, до предъявления ОТК и военпредам, и минимум работ на этапе испытаний.

Приёмочные испытания – это экзамен для прибора, на который необходимо выходить подготовленным. Подготовка, в том числе и проверка уровня и достаточности этой подготовки, должна проводиться до экзамена, т.е. на этапе производственного контроля. Всё это вполне реально и достижимо. Так, приёмо-сдаточные испытания проводятся хоть и военпредами, но силами и средствами изготовителя (т.е. цеха) в присутствии представителя ОТК [6]. Предъявительские испытания ОТК зачастую также проводятся силами изготовителя.

Тем самым, во-первых, снизится вероятность отказов приборов на испытаниях. Во-вторых, возрастёт качество продукции. В-третьих, уменьшатся время и материальные затраты на испытания. А в конечном итоге всё это повысит в лице заказчиков и его представителей имидж предприятия как своевременного поставщика качественной продукции.

Литература

1. ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.
2. *Шереметьев А.Г.* Волоконный оптический гироскоп. М. Радио и связь. 1987.
3. Волоконно-оптические датчики. Вводный курс для инженеров и научных работников. Под редакцией Э. Удда. М. Техносфера. 2008.
4. *Попов Е.П.* Автоматическое регулирование и управление. М. Наука. 1966.
5. *Гаманюк Д.Н.* Контрольные испытания датчиков угловой скорости и кажущегося ускорения. Современная электроника. 2015. №7.
6. ГОСТ РВ 15.307. Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Испытание и приёмка серийных изделий.

ДИПОЛЬ

Распродажа

Цифровые мультиметры Keysight Technologies 34465A и 34470A со склада «Диполь»

Keysight представляет новые высокопроизводительные 6,5- и 7,5-разрядные цифровые мультиметры серии TrueVolt. Мультиметры 34465A и 34470A обладают большой скоростью измерений, высокой точностью и большим объемом памяти, что делает их идеальным решением для тестирования сложных современных устройств.

- Разрешение до 7,5 разрядов
- Скорость измерений: до 50 000 отсчетов в секунду
- Память: до 2 млн отсчетов
- Диапазон измерения напряжения: от 100 мВ до 1000 В
- Диапазон измерения силы тока: от 1 мкА до 10 А
- Интерфейсы: USB и LAN (в стандартной комплектации), GPIB (опция)

Сомневаетесь в выборе?
Выездные демонстрации и специальные ценовые предложения помогут принять решение и сэкономить бюджет

- Скорость поставки. Более 400 наименований продукции находятся на складе и готовы к отгрузке в любой момент.
- Точность измерений. Услуги первичной и периодической поверки от собственной метрологической лаборатории.
- Уверенность в оборудовании. Собственный сервисный центр и трехлетняя гарантия от производителя.

Реклама

Санкт-Петербург / Москва / Нижний Новгород
www.dipaul.ru / info@dipaul.ru / тел. (812) 702-12-66

КОМПЛЕКСНЫЕ ПОСТАВКИ ИБП

ПОСТАВКА, ПУСКОНАЛАДКА, ИНТЕГРАЦИЯ

Широкий ассортимент ИБП, включая модели:

- для альтернативной энергетики
- для приложений с нестабильным основным питанием

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ

ProSoft® 25 лет

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

Реклама

interlight
MOSCOW

powered by light + building

Международная выставка декоративного и технического освещения, электротехники и автоматизации зданий

8 — 11 ноября 2016

ЦВК «Экспоцентр», Москва

Получите бесплатный билет на сайте
www.interlight-moscow.ru

INTERLIGHT

messe frankfurt

Реклама

Применение инструментального усилителя в усилителе низкой частоты

Алексей Кузьминов (Москва)

В статье описано устройство на базе инструментального усилителя (ИУ) AD9825, согласующее регулятор уровня сигнала с входом мощного звукового усилителя в инвертирующем включении. Применение ИУ способствует уменьшению искажений, позволяет исключить разделительные конденсаторы и понизить напряжение питания мощного ОУ, уменьшающего его тепловыделение.

Введение

Основными недостатками ИС мощных звуковых усилителей [1–3] являются неважные статические параметры, в том числе ток смещения и напряжение сдвига [1, 2], которые в ряде случаев препятствуют непосредственному подключению акустических систем (АС), так как вызывают появление значительной постоянной составляющей на выходе. Помимо этого, существует проблема, связанная с подключением регулятора уровня сигнала к мощному звуковому усилителю (УМЗЧ). Этот регулятор должен быть достаточно высокоомным, чтобы не нагружать источник сигнала. Поэтому если входная цепь УМЗЧ низкоомная, такой регулятор к этой цепи напрямую подключать нельзя.

Интегральный УМЗЧ [3] может быть включён либо в неинвертирующем (чаще всего), либо в инвертирующем режиме (см. рис. 1а и 1б, соответственно). В неинвертирующем режиме резистор обратной связи Roc подключается между выходом операционного усилителя (ОУ) и его инвертирующим входом, а резистор Rвх (совместно с Roc) определяет коэффициент передачи на переменном токе. Второй вывод Rвх соединяется с землёй через блокировочный конденсатор Сб, который обеспечивает коэффициент передачи 1 В/В на постоянном токе. Этот конденсатор, как и разделительный конденсатор Ср на входе, устанавливает полосу пропускания усилителя снизу и поэтому должен быть достаточно большой ёмкости (47 мкФ и более) и высокого качества, что определяет его значительные габариты и высокую стоимость. Сигнал с регулятора уровня сигнала непосредственно подключается к высокоомному неинвертирующему входу УМЗЧ, так что проблемы с согласованием не возникает. Однако в неинвертирующем включении ИС УМЗЧ имеет бóльший коэффициент нелинейных искажений (КНИ), чем в инвертирующем включении [3].

В инвертирующем режиме (см. рис. 1б) вторая обкладка блокировочного конденсатора становится входом усилителя. Неинвертирующий вход заземляется через балансировочный резистор Rб, номинал которого равен Roc ‖ Rвх (т.е. значению их параллельного соединения), чтобы скомпенсировать дополнительный сдвиг постоянного напряжения, вызванный входными токами УМЗЧ. В инвертирующем включении входное сопротивление усилителя определяется Rвх, и подключать высокоомный регулятор уровня сигнала напрямую нежелательно.

Описанные проблемы можно решить, если в качестве согласующего устройства между регулятором уровня сигнала и УМЗЧ установить инструментальный усилитель (ИУ), реализованный в виде ИС.

Структурная схема ИУ

На рисунке 2 показана структурная схема популярных ИУ (AD8220/21, INA129) и относительно нового прибора AD8295. Оба входа ИУ (инвертирующий и неинвертирующий) являются входами соответствующих ОУ, имеющих очень высокий входной импеданс (например, 100 ГОм ‖ 2 пФ для AD8295). Если заземлить неинвертирующий вход (Vin+), а сигнал подать на инвертирующий вход (Vin–), то ИУ будет инвертировать входной сигнал и усиливать его в Ку = 1 + 49,4 / Rк.у. раз, где Rк.у. – номинал резистора, подключённого к входам RG. Выходной импеданс ИУ составляет несколько Ом, что на три порядка ниже, чем входной импеданс интегрального УМЗЧ. Вход REF – это вход опорного напряжения; подача постоянного напряжения Uref на этот вход сдвигает постоянную составляющую выходного сигнала.

Двухканальное согласующее устройство

Принципиальная схема двухканального согласующего устройства показана на рисунке 3. В состав AD8295 входят два вспомогательных ОУ: один из них стандартный (13, 14 выводы – входы (минус и плюс соответственно) и 12 – выход) и второй – с двумя одинаковыми резисторами R1 и R2 номиналом 20 кОм, подключёнными к инвертиру-

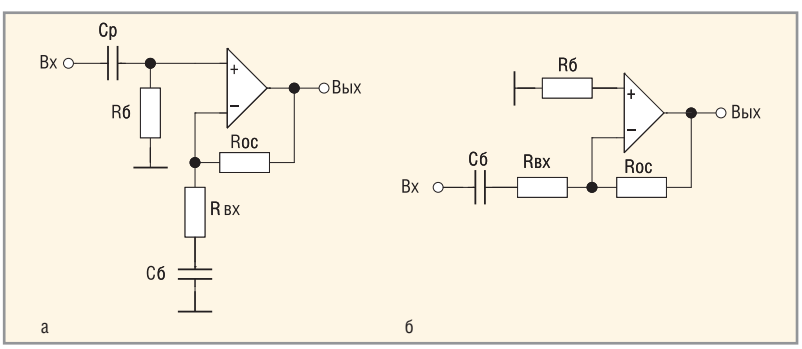


Рис. 1. Схемы включения ИС УМЗЧ: а – неинвертирующая; б – инвертирующая

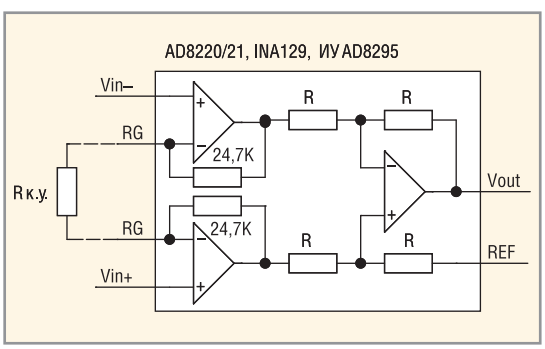


Рис. 2. Структурная схема инструментального усилителя

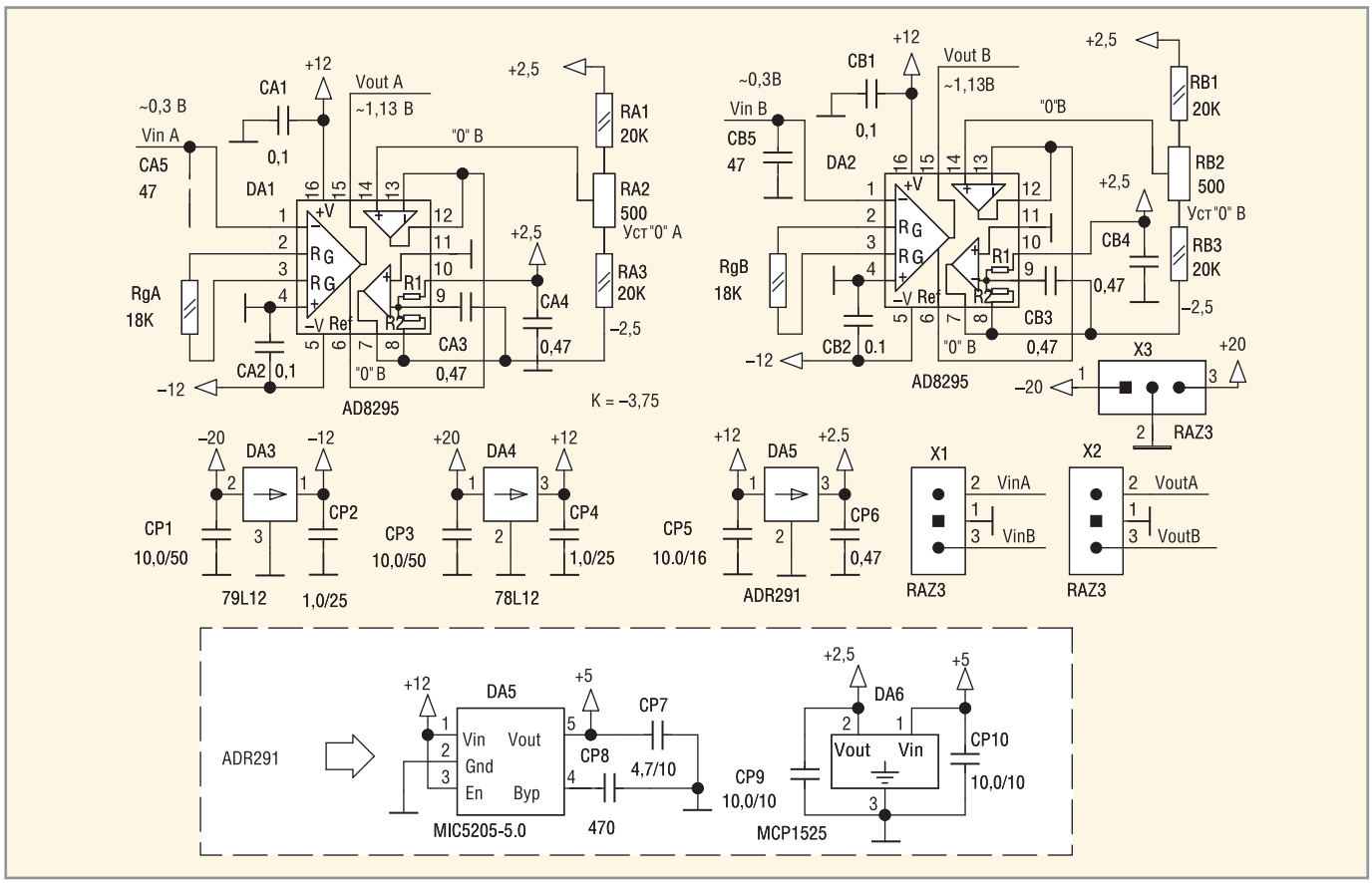
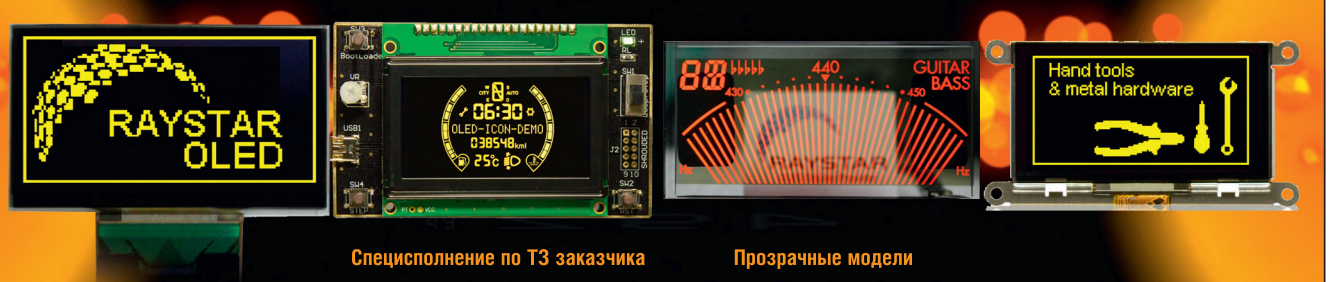


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема двухканального предварительного усилителя

RAYSTAR
OLED Display Provider

Лучшая замена ЖК-панелям

OLED-дисплеи Raystar



Специсполнение по ТЗ заказчика Прозрачные модели

АВТОМОБИЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА • СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ • ИЗМЕРИТЕЛИ МОЩНОСТИ • БЫТОВАЯ ТЕХНИКА • МЕДИЦИНСКИЕ ПРИБОРЫ

Характеристики

- Яркость экрана до 150 кд/м² обеспечивает считывание изображения при ярком солнечном свете
- Высокая контрастность 2000:1
- Широкий угол обзора до ±175°
- Цвет свечения: жёлтый, зелёный, красный, белый, синий
- Формат изображения: 122×32, 128×64, 240×64, 256×64 и 96×64 точки
- Низкая потребляемая мощность 10 мА (схемы управления – токовые)
- Светоэмиссионная схема: не требуется система подсветки
- Короткое время отклика: 10 мкс при температуре +25°С
- Широкий диапазон рабочих температур от –40 до +80°С
- Малая толщина модуля дисплея, небольшой вес
- Срок службы: 50 000 ч для белого и синего цвета; 100 000 ч для жёлтого, зелёного, красного цветов

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ RAYSTAR

PROSOFT® 25 ЛЕТ

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

Реклама

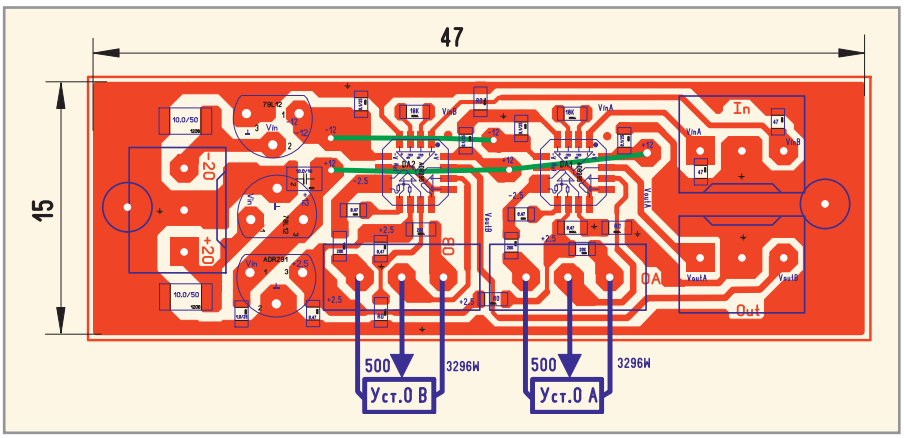


Рис. 4. Вариант разводки платы предварительного усилителя

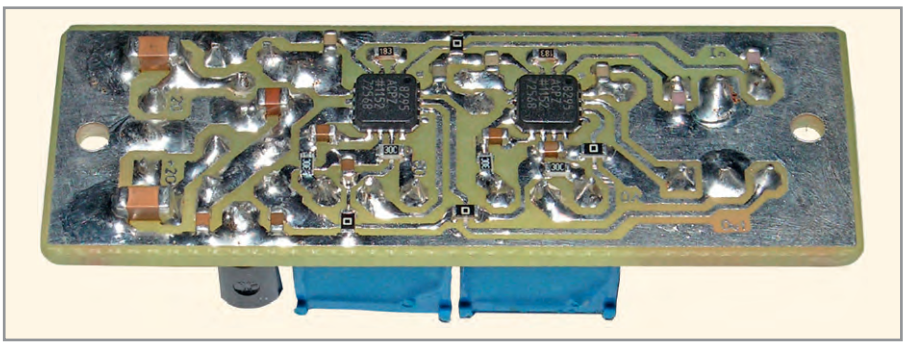


Рис. 5. Фотография платы предварительного усилителя

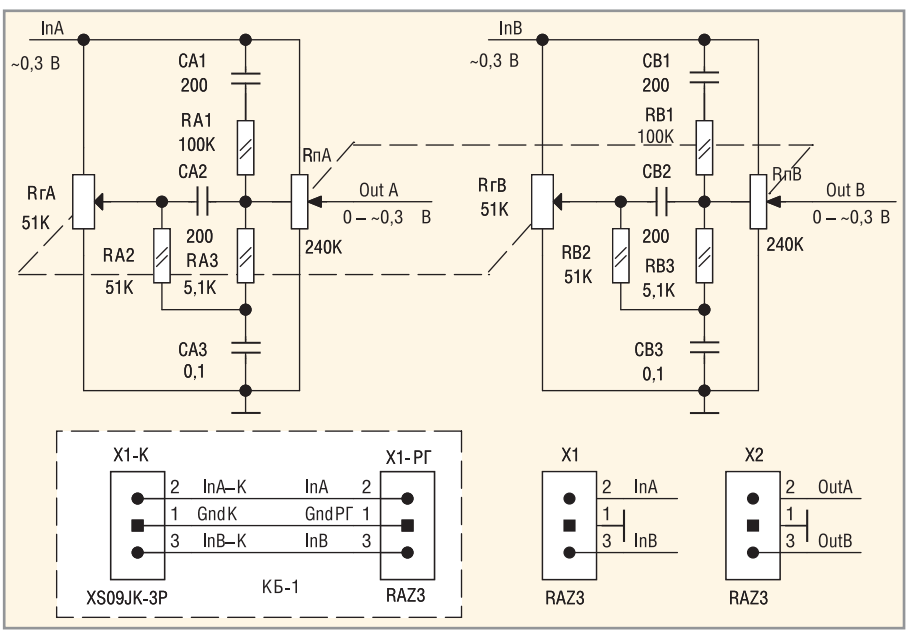


Рис. 6. Принципиальная электрическая схема двухканального тонкомпенсированного регулятора громкости

ющему входу. Последний ОУ используется для получения отрицательного опорного напряжения (–2,5 В) из положительного опорного напряжения (+2,5 В), которое выдаёт микросхема опорного напряжения ADR291 (DA5). Вместо источника опорного напряжения ADR291 можно использовать последовательно включённые стабилизатор +5 В (MIC5205-5.0) и микросхему источника опорного напряжения +2,5 В (MCP1525). Они обведены пунктиром внизу рисунка 3. Положительное и отрицательное опорные напряжения подключены, соответственно, к резисторам RA1 и RA3 (канал А) и RB1 и RB3 (канал В). Подстроечные резисторы RA2 и RB2 служат для установки нулевого постоянного смещения на выходе УМЗЧ. Регулируемое напряжение с помощью повторителя на первом ОУ подключено к входам Ref (вывод 6) каждой микросхемы AD8295. Следует отметить, что микросхема ADR291 в корпусе TO-92 дороже, чем обе ИС MCP1525 и MIC5205-5.0. Корпуса MIC5205-5.0 (SOT23-5) и MCP1525(SOT23-3) занимают всего 2,5 × 3 мм^2 площади каждый. Конденсаторы CA5 и CB5 подавляют высокочастотный шум.

Номиналы резисторов RgA и RgB выбраны равными 18 кОм. При этом коэффициент передачи ИУ составит Ку = 1 + 49,4 / Rg = 1 + 49,4 / 18 = 3,744. Если на вход ИУ подать синусоидальный сигнал ~0,3 В, то выходной сигнал ИУ составит ~1,13 В (размах 3,2 В). Если это напряжение усилить в 10 раз с помощью УМЗЧ, то амплитудное значение выходного напряжения на выходе УМЗЧ составит 16 В.

Плата предварительного усилителя (см. рис. 4) имеет размеры 47 × 15 мм. Она крепится ко дну корпуса двумя винтами М2 с пластмассовыми втулками. На разводке зелёным цветом показаны проводники, которые следует распаять с обратной стороны платы (питание +12 В и –12 В). Фотография платы в сборе (см. рис. 5) сделана со стороны печатных проводников.

Регулятор громкости

Схема тонкомпенсированного регулятора громкости (см. рис. 6) заимствована из работы А. Шихатова [4], однако для получения высокоомного регулятора номиналы всех резисторов увеличены в 5 раз. Входное сопротивление регулятора составляет около 42 кОм (RrA ‖ RnA) на канал.

Для регулировки глубины тонкомпенсации используется обычный переменный резистор, который для каналов А и В обозначается соответственно RrA и RrB (где «г» отражает слово «глубина»).

Для регулировки громкости используется хитроумный потенциометр с отводом. Поэтому для каналов А и В он обозначен соответственно RnA и RnB (где «п» – потенциометр).

Для сохранения постоянных времени всех RC-цепочек номиналы всех конденсаторов уменьшены в 5 раз. Входной сигнал от звукового источника подключается к входам InA и InB, а выходной снимается с резисторов RnA (Out A) и RnB (Out B). Этот выходной сигнал подключается к разъёму согласующего устройства X1 (сиг-

налы VinA и VinB, см. рис. 3). Глубина тонкомпенсации регулируется сдвоенным переменным резистором RrA-RrB, а громкость – сдвоенным переменным резистором с отводом RnA-RnB (типа РП1-57). Принцип работы такого регулятора подробно описан А. Шихатовым [4]. Проверка на трёх частотах 31 Гц, 1 кГц и 20 кГц показала полную идентичность работы регулятора с номиналами автора и оригинальными номиналами из работы А. Шихатова [4].

Плата регулятора громкости (см. рис. 7) размером 35 × 12,5 мм крепится ко дну корпуса двумя винтами М2 с пластмассовыми втулками.

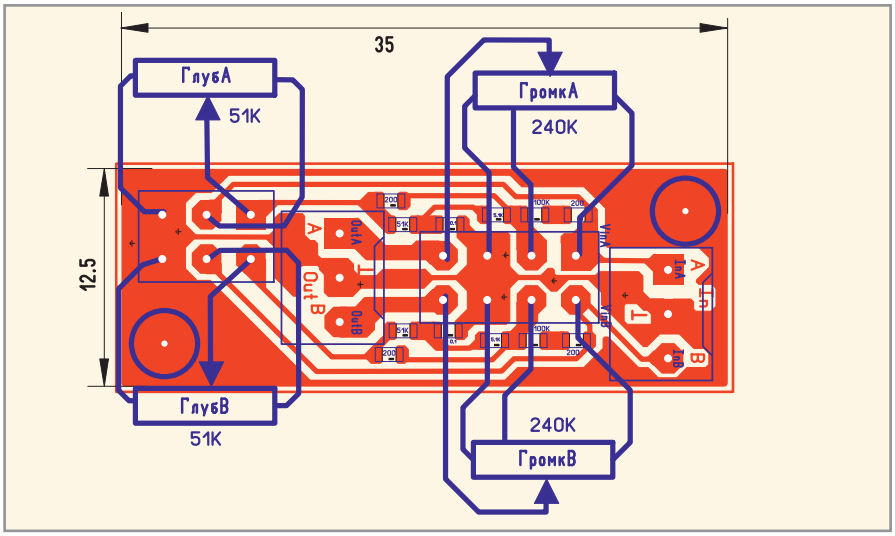


Рис. 7. Вариант разводки платы регулятора громкости

Усилитель мощности

Наиболее популярными микросхемами УМЗЧ в настоящее время являются: одноканальная TDA7293 [5], одноканальная LM3886 [6] и её двухканальная версия LM4780 [3]. Из анализа справочных листков на указанные ИС можно сделать следующие выводы:

- наибольший КНИ + шум имеет место на частоте 20 кГц;
- снижение напряжения питания при прочих равных условиях приводит к возрастанию КНИ + шум: с 0,03% при Uп = ±28 В до 0,06% при Uп = ±25 В;
- при одинаковом напряжении питания (±28...29 В), одинаковой нагрузке (4 Ом) и одинаковой частоте (20 кГц) КНИ + шум у микросхем LM3886/LM4780 в 2,3 раза меньше, чем у TDA7293 (0,03% против 0,07%).

Учитывая более высокие технические характеристики LM4780 по сравнению с TDA7293, было решено использовать микросхему LM4780, которая имеет две особенности. Первая состоит в том, что сопротивление обратной связи Roc (см. рис. 1а) должно быть в пределах 20...50 кОм. Вторая – коэффициент передачи УМЗЧ должен быть не менее 10 В/В. Поэтому номинал резистора обратной связи Roc = 47 кОм и номинал Rвх = 4,7 кОм

WIND RIVER

VxWorks — 20 лет в космосе — полет нормальный!

Особенности и преимущества VxWorks:

- Настраиваемые домены защиты памяти
- «Жесткое» реальное время: переключение контекста / реакция на прерывание – единицы микросекунд
- Поддержка POSIX API
- Ресурсоемкость: ОЗУ / ПЗУ – сотни килобайт
- Поддержка многопроцессорности (SMP/AMP) и многоядерных процессоров
- Расширенная поддержка сетей TCP/IP (IPv4, IPv6)
- Функции управления энергопотреблением
- Мощный графический пакет Tilcon Graphics Suite
- Мощная интегрированная среда разработки на базе Eclipse
- Поддерживаемые процессоры: x86, ARM, MIPS, PowerPC, ColdFire
- Сертификация МЭК 15408 («Общие критерии») EAL 4/4+/6+, DO-178B уровень A, МЭК 61508 SIL 3, CENELEC EN 50128 и FDA 510(k)
- Открытый исходный текст, возможность построения ОС из исходных текстов

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ WIND RIVER

ProSoft® 25 лет

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

Реклама

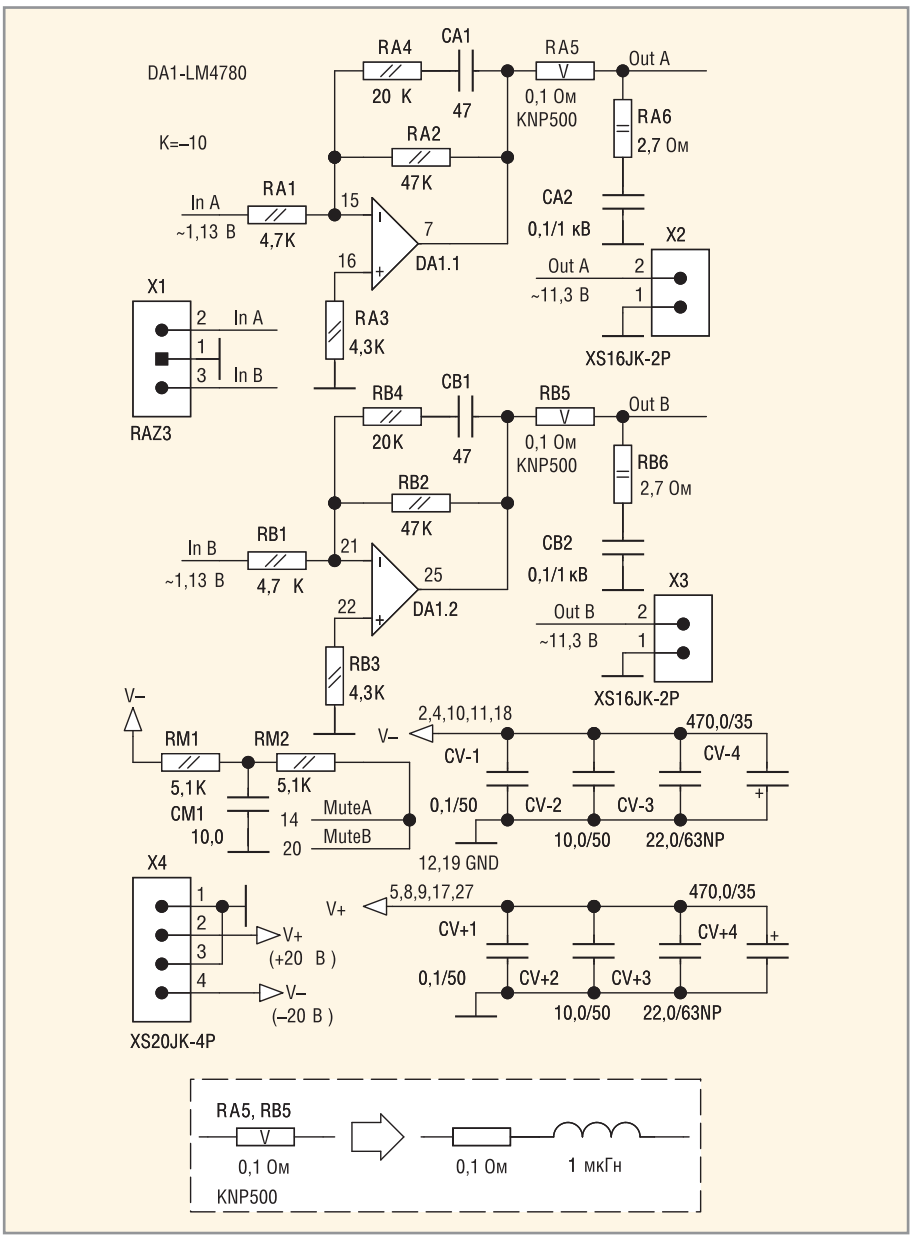


Рис. 8. Принципиальная электрическая схема УМЗЧ на базе ИС LM4780

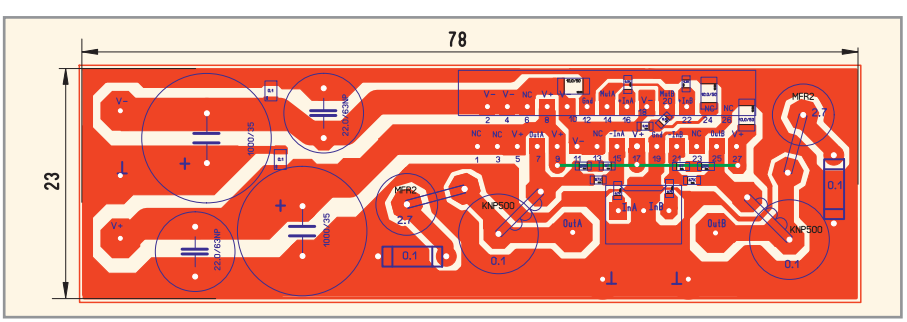


Рис. 9. Вариант разводки платы УМЗЧ

(на рисунке 8 это RA2 и RA1, соответственно, для канала А, и RB2 и RB1 – для канала В). Коэффициент передачи УМЗЧ равен Roc / Rвх = 47 / 4,7 = = 10 В/В. RC-цепочки RA4–CA1 и RB4–CB1, рекомендуемые производителем, устраняют самовозбуждение усилителя на высокой частоте. RC-цепочки RA6–CA2 и RB6–CB2, также рекомендуемые производителем, служат для компенсации индуктивной нагрузки акустических систем (АС), подключаемых к выходу усилителя. Кроме того, на всех схемах, рекомендуемых производителем, выход ИС подключен к АС через LR-цепочку (L = 0,7 мкГн параллельно R = 10 Ом). Вместо неё был установлен проволочный резистор KNP500 (RA5 и RB5) номиналом 0,1 Ом, мощностью 5 Вт и индуктивностью около 1 мкГн. Резисторы RA3 и RB3, равные RA2 ‖ RA1 и RB2 ‖ RB1 соответственно, в некоторой степени компенсируют постоянное смещение на выходе ИС. R2C-цепочка RM1, RM2 и CM1 служит для предотвращения слышимых щелчков при включении и выключении питания усилителя.

Как уже говорилось, максимальная амплитуда выходного напряжения усилителя составляет Amax = 16 В, что соответствует мощности 32 Вт на нагрузке Rн = 4 Ом. При этом максимальная амплитуда тока Amax / Rн = 16 В / 4 Ом = = 4 А на канал. Если используются два канала, то блок питания (БП) усилителя должен быть рассчитан на ток не менее 8 А.

В справочном листке LM4780 [3] из графика fig.27 можно определить, что при питании ±20 В напряжение ограничения (Clipping Voltage), т.е. разность между напряжением питания и максимальной амплитудой выходного сигнала составляет 3 В. Другими словами, если максимальная амплитуда выходного сигнала составляет 20 – 3 = 17 В, то сигнал воспроизводится без искажений. Если же максимальная амплитуда сигнала превысит 17 В, то верхушки сигнала будут «срезаться» на уровне 17 В. Поэтому сигнал с максимальной амплитудой 16 В при питании ± 20 В будет воспроизводиться без искажений.

В справочном листке LM4780 [3] из графика fig.16 следует, что при выходной мощности 32 Вт, нагрузке 4 Ом и питании напряжением ±20 В максимальная мощность, рассеиваемая микросхемой, составляет около 40 Вт, а при питании напряжением ±25 В – около 65 Вт. Хотя КНИ + шум и возрастает при снижении напряжения питания, этот рост компенсируется включением ИС в инвертирующем режиме. Поэтому для уменьшения тепловыделения используется напряжение питания ±20 В.

Настройка и конструкция усилителя

Если взглянуть на приведённые принципиальные схемы, можно заметить отсутствие разделительных конденсаторов во всём тракте устройства. Поэтому настройка постоянного смещения на выходе усилителя осуществляется следующим образом.

1. Заземляем оба входа на регуляторе громкости (разъём X1, сигналы

InA и InB, см. рис. 5), ручку громкости выводим против часовой стрелки в крайнее положение.

2. При подсоединённых нагрузочных резисторах номиналом 3,9 Ом (50 Вт) к выходным разъёмам усилителя (разъёмы X2 и X3, см. рис. 8) подключаем цифровой вольтметр.
3. Включаем питание и через 3–5 минут подстраиваем резисторы RA2 и RB2 (см. рис. 3), добиваясь выходного напряжения ±0,15 мВ.

Плата усилителя мощности (см. рис. 9) не имеет крепёжных отверстий, поскольку она держится на выводах микросхемы LM4780. Сама микросхема закреплена двумя винтами M3 к радиатору через теплопроводящую изолирующую прокладку с использованием теплопроводящей пасты (например, КПТ-8). На винты необходимо надеть обычные и распорные шайбы. Достаточно большое усилие прижима микросхемы к радиатору определяется не весом платы, который составляет всего несколько грамм, а хорошим тепловым контактом микросхемы с радиатором. Это усилие на порядок больше, чем требуется для прочного закрепления платы. На разводке (см. рис. 9) зелёным цветом показаны проводники, которые следует распаять с обратной стороны платы (это питание +V, т.е. +20 В). Размер платы 78 × 23 мм.

Слаботочные экранированные сигнальные кабели и кабели питания представляют собой два провода МС16-13 0,05 (или МГТФ 0,05), пропущенные через экран из плетёных лужёных проводников. К обоим концам кабелей припаяны трёхконтактные цанговые гнёзда с шагом 2,54 мм. На платах установлены трёхконтактные цанговые штыри, на которые надеваются цанговые гнёзда кабелей. На схемах такие трёхконтактные разъёмы обозначены как RAZ3. Два входных аудиосигнала (канал А и канал В) и земля подключаются к разъёму XS09JK-3P, установленному на задней стенке усилителя. К этому разъёму припаян экранированный слаботочный кабель с трёхконтактным разъёмом на конце, который подключается к трёхконтактному разъёму X1 на плате регулятора громкости.

Силовые сигнальные кабели представляют собой провода МС16-13 1,0, пропущенные также через плетёный экран, который, в свою очередь, заключён в трубку из ПВХ. Таких кабелей два. Одним концом кабели припаиваются к сигнальным линиям Out A и Out B и земле платы усилителя мощности, а другим – к двум выходным разъёмам марки XS16JK-2P (X2, X3 на рисунке 8), соответствующим каналу А и каналу В, укреплённым на задней стенке корпуса усилителя. К этим разъёмам подключаются ответные части, припаянные к кабелям АС. Разъёмы рассчитаны на максимальный ток 20 А.

Для питания устройства используется БП, выдающий стабилизированные напряжения ±20 В и рассчитанный на максимальный ток 10 А [7]. Усилитель подключается к БП кабелем длиной около метра. Силовой кабель питания имеет три жилы сечением 1,5 мм^2 каждая в общей трубке из ПВХ. Этот кабель пропущен через кабельный ввод, установленный на задней стенке корпуса, и припаян к трёхконтактному клеммнику 3ПС5-3 внутри корпуса. Второй конец кабеля припаян к разъёму XS20JK-4P, который подключается к БП. Разъём рассчитан на максимальный ток 25 А. От клеммника питание подаётся на плату усилителя мощности (см. рис. 9) тремя проводами сечением 1 мм^2 и на плату предварительного усилителя (см. рис. 4) с помощью описанного слаботочного кабеля.

На фотографии усилителя со снятой верхней крышкой корпуса (см. рис. 10) видно, что корпус усилителя практически пустой. Зелёной стрелкой показана плата регулировки громкости, синей – плата предварительного усилителя и красной – плата усилителя мощности. На плате предварительного усилителя видны два многооборотных подстроечных резистора синего цвета.

Радиатор крепится к задней стенке корпуса четырьмя винтами M4. Между задней стенкой и радиатором на крепёжных винтах установлены четыре карболитовые шайбы, исключающие тепловой контакт радиатора с корпусом. В задней стенке вырезано прямоугольное окно, через которое к радиатору крепится микросхема LM4780 с платой усилителя мощности.

Заключение

Применение инструментального усилителя AD8295 в качестве предварительного позволяет:

1. Использовать ИС УМЗЧ в инвертирующем режиме, что снижает коэффициент нелинейных искажений.

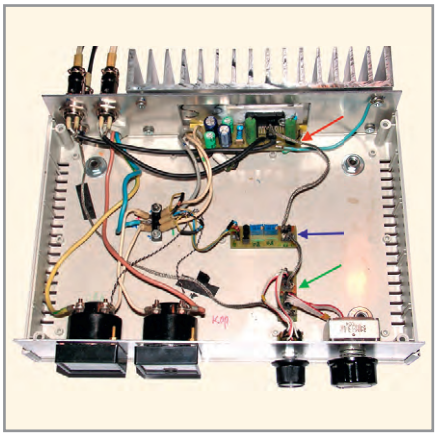


Рис. 10. Фотография общего вида усилителя в корпусе со снятой крышкой

2. Уменьшить коэффициент передачи УМЗЧ до минимального значения (т.е. реализовать максимальную глубину ООС).
3. Исключить разделительные конденсаторы из усилительного тракта.
4. Настроить постоянное смещение на выходе ИС УМЗЧ с точностью до ±0,15 мВ.
5. Использовать пониженное напряжение питания ИС УМЗЧ (например, ±20 В), чтобы уменьшить тепловыделение.

Описанный в статье усилитель является одним из возможных примеров применения предлагаемого согласующего устройства на базе ИУ, которое в данном случае реализовано в виде предварительного усилителя. Подобное устройство может использоваться в генераторах, измерительных и усилительных приборах.

Литература

1. *РутковскиДж.* Интегральные операционные усилители. Мир. 1978.
2. *Хоровиц П., Хилл У.* Искусство схемотехники. В 3 томах. Мир. 1993.
3. LM4780 Overture Audio Power Amplifier Series Stereo 60W, Mono 120W Audio Power Amplifier with Mute. Datasheet. Texas Instruments. 2003–2013.
4. *Шихатов А.* Тонкомпенсированные регуляторы громкости. Радио. 2000. №10.
5. TDA7293, 120-volt, 100-watt, DMOS audio amplifier with mute and standby. Datasheet. STMicroelectronics. 2010.
6. LM3886 Overture Audio Power Amplifier Series High-Performance 68W Audio Power Amplifier w/Mute. Datasheet. Texas Instruments Incorporated. 1999–2013.
7. *Кузьминов А.* Активный фильтр на мощном полевом транзисторе и ОУ с защитой от превышения тока. Современная электроника. 2016. №3.

Фотореле с нестандартным алгоритмом и функцией таймера

Александр Одинец (г. Минск, Беларусь)

В статье рассмотрен улучшенный вариант фотореле, полностью исключающий ложные срабатывания от посторонних засветок и не требующий оптической изоляции фотодатчика. Устройство дополнено функциями защиты лампы накаливания и регулятора мощности, что обеспечивает значительное увеличение срока службы лампы.

Общие сведения

Известные автору схемотехнические решения фотореле с классическим (стандартным) алгоритмом требуют оптической изоляции фотодатчика посредством расположения фотодиода на удалении от коммутируемой лампы, что требует дополнительной проводки. Кроме того, недостатком классических фотореле являются ложные срабатывания от посторонних засветок (при блеске молнии, засветке фарами автомобиля и т.п.), что является большим недостатком и значительно ухудшает технико-эксплуатационные характеристики устройства.

Предлагаемый вариант фотореле с нестандартным алгоритмом полностью свободен от перечисленных недостатков, благодаря реализации функции таймера. Как и две базовые версии, рассмотренные в статьях «Фотореле с нестандартным алгоритмом» [1] и «Фотореле со специальным алгоритмом» [2], данное фотореле работает в циклическом режиме с интервалом отсчёта 20...30 мин, при котором лампа кратковременно (на десятые доли секунды) гаснет и включается вновь при условии, если уровень внешней освещённости оказывается ниже заданного порога. По сравнению с базовой версией [1], предназначенной для работы со светодиодной лампой, а также её усовершенствованным вариантом [2], предназначенным для работы с лампой накаливания, в данном варианте фотореле значительно увеличена чувствительность фотодатчика за счёт более высокого напряжения питания фотодиода (15 В вместо 5 В). Также добавлена схема супервизора питания, улучшающая сброс таймера в исходное состояние и полностью исключающая ложное 20-минутное включение в светлое время суток в случае длительных провалов напряжения в питающей сети.

В отличие от известных конструкций фотореле, данный вариант дополнен функциями защиты (плавного включения) лампы накаливания и регулятора яркости, что является особенно актуальным в вечерние часы, когда число потребителей уменьшается и напряжение в сети возрастает. Известно, что лампа выходит из строя в большинстве случаев именно в момент включения, вследствие большого броска тока, амплитудное значение которого может достигать нескольких ампер. Происходит это из-за того, что сопротивление холодной нити в несколько раз меньше, чем в нагретом состоянии. Поэтому бросок тока большой амплитуды приводит к быстрому разрушению нити лампы накаливания. Также замечено, что если эксплуатировать лампу не на максимальной паспортной мощности в 100%, а несколько снизив её до 70...80% за счёт встроенного регулятора яркости, то можно добиться значительного увеличения срока службы лампы накаливания. Предлагаемое фотореле монтируется в корпусе светильника. При этом для нормальной работы устройства излучение коммутируемой лампы должно падать непосредственно на фотодиод.

Принципиальная электрическая схема устройства

Электрическая схема фотореле показана на рисунке 1. Фотореле содержит:

- стабилизатор и фильтр питания на элементах R1, R2, VD2...VD4, DA1, C1...C3;
- схему защиты и фазовый регулятор яркости на элементах DD1.1...DD1.4, VT1, VD5...VD7, C4...C7, R7...R13;
- фотодиодный усилитель на транзисторах VT3, VT4;
- супервизор питания на транзисторах VT5...VT7;
- две RC-цепочки сброса на элементах R17, C8 и R31, C9;
- генератор прямоугольных импульсов на основе триггера Шмитта DD2.4;
- счётчик-делитель на 2048 на микросхеме DD3;
- ключевой транзистор VT2 и коммутирующий симистор VS1.

При первом включении питания в светлое время суток фотореле включает лампу на две секунды, а затем переходит в режим ожидания до момента снижения уровня освещённости до заданного порога. При включении в тёмное время суток лампа также включается на две секунды, но затем фотореле переходит в нормальный рабочий режим с интервалом отсчёта таймера 20 минут до момента возрастания внешней освещённости до заданного порога.

Рассмотрим работу фотореле, считая, что оно было первоначально включено в светлое время суток. В начальный момент времени конденсаторы C8, C9 разряжены. При подключении к сети питающее напряжение на выходе стабилизатора появляется не мгновенно, а нарастает от 0 до 15 В в течение десятых долей секунды. В это время срабатывает супервизор, собранный на транзисторах VT5...VT7, который формирует короткий отрицательный импульс при изменении питающего напряжения от 1,5 до 10 В. Такой же отрицательный импульс формируется на выходе супервизора (на коллекторе VT5) и при снижении питающего напряжения от 10 до 1,5 В. В этом промежутке изменения питающих напряжений на выходе элемента DD2.1 поддерживается уровень логической «1». Конденсаторы C8 и C9 остаются разряженными благодаря току через диоды VD9 и VD10. После достижения питающим напряжением уровня 10 В и выше транзистор VT7 супервизора открывается, а VT6 и VT5 – закрываются. Диоды VD9 и VD10 закрываются и на дальнейшую работу схемы влияния не оказывают. Конденсатор C8 начинает заряжаться через резистор R17, а левая по схеме обкладка конденсатора C9 оказывается подключённой к напряжению источника питания через резистор R26. Теперь конденсатор C9 начинает

заряжаться через резистор R31 и на его правой по схеме обкладке формируется короткий импульс положительной полярности, который сбрасывает счётчик DD3 в исходное нулевое состояние.

На выходе старшего разряда счётчика DD3 появляется уровень логического «0», который разблокирует генератор на элементе DD2.4. На счётном входе счётчика появляются прямоугольные импульсы, увеличивающие его состояние. Светодиод HL1 при этом светится постоянно. Одновременно уровень логического «0» через резистор R8 постепенно заряжает конденсатор C4, что приводит к открыванию транзистора VT1 и плавному зажиганию лампы накаливания.

Работой лампы накаливания управляет фазоимпульсный регулятор яркости, собранный на микросхеме DD1. На элементах DD1.1 и DD1.2 собран одновибратор, формирующий из коротких отрицательных импульсов с частотой 100 Гц, снимаемых с диода VD2, короткие отрицательные, но уже прямоугольные импульсы необходимой амплитуды для работы фазоимпульсного регулятора яркости.

В начальный момент времени, при закрытом транзисторе VT1, каждый отрицательный импульс с выхода логического элемента DD1.2 через диод VD6 быстро разряжает конденсатор C6. Напряжение на входе элемента DD1.3 остаётся ниже порогового, поэтому ключевой транзистор VT2 и симистор VS1 закрыты, лампа обесточена. При появлении на выходе старшего разряда счётчика DD3 уровня логического «0», который приводит к заряду конденсатора C4 и открыванию транзистора VT1, через цепочку VD5–VT1–R11 начинает заряжаться конденсатор C6. Когда напряжение на нём достигнет порога переключения логического элемента DD1.3, на его выходе появится отрицательный перепад напряжения, который, дифференцируясь цепью C7-R12 и инвертируясь DD1.4, откроет ключевой транзистор VT2, а вслед за ним – и симистор VS1. Лампа накаливания окажется подключённой к сети ~220 В.

Этот процесс при открытом транзисторе VT1 будет повторяться с частотой 100 Гц, и яркость лампы накаливания будет определяться постоянной времени цепи R11–C6, а значит введённой частью сопротивления подстроечного резистора R11. Чем меньше сопротивление резистора R11, тем раньше заряжается конденсатор C6 до порогового

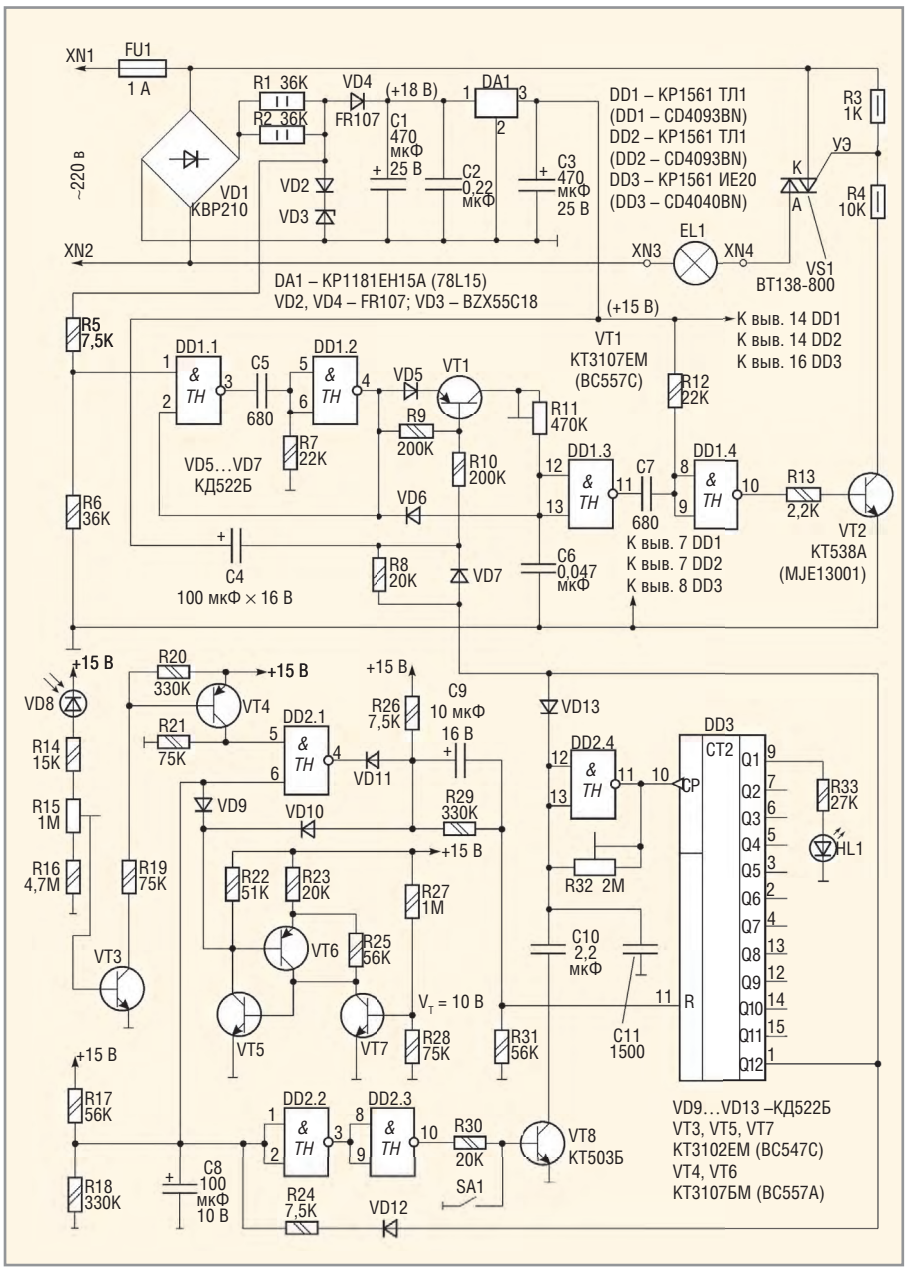


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема разработанного фотореле

напряжения элемента DD1.3, а значит тем раньше открывается транзистор VT2 и симистор VS1, считая с момента перехода сетевым напряжением нулевого значения. И наоборот – чем больше сопротивление резистора R11, тем позже заряжается конденсатор C6 до порогового напряжения, а значит тем меньше яркость лампы накаливания. Такой способ управления яркостью лампы называется фазоимпульсным.

После достижения счётчиком DD3 значения 2048 на выходе его старшего разряда появляется уровень логической «1», который через цепочку VD12-R24 быстро заряжает конденсатор C8 и устанавливает на выходе DD2.3 уровень логической «1». Транзистор VT8 открывается и подключает нижний по схеме вывод конденсатора C10 к общему проводу. Благодаря этому следующий запуск генератора произойдёт уже на частоте около 2 Гц. Одновременно уровень логической «1» через диод VD7 быстро разряжает конденсатор C4 и закрывает транзистор VT1. Фазоимпульсный регулятор яркости переходит в режим ожидания, а лампа накаливания – в выключенное состояние.

Как уже отмечалось, излучение лампы должно быть направлено на фотодиод VD8. Если уровень внешнего освещения при выключении лампы окажется достаточно высоким (в светлое время суток), то перезапуска таймера не произойдёт и лампа останется в выключенном состоянии. При этом фотодиод VD8 будет засвечен и сопротивление его перехода будет относительно невысоким, а транзисторы VT3 и VT4

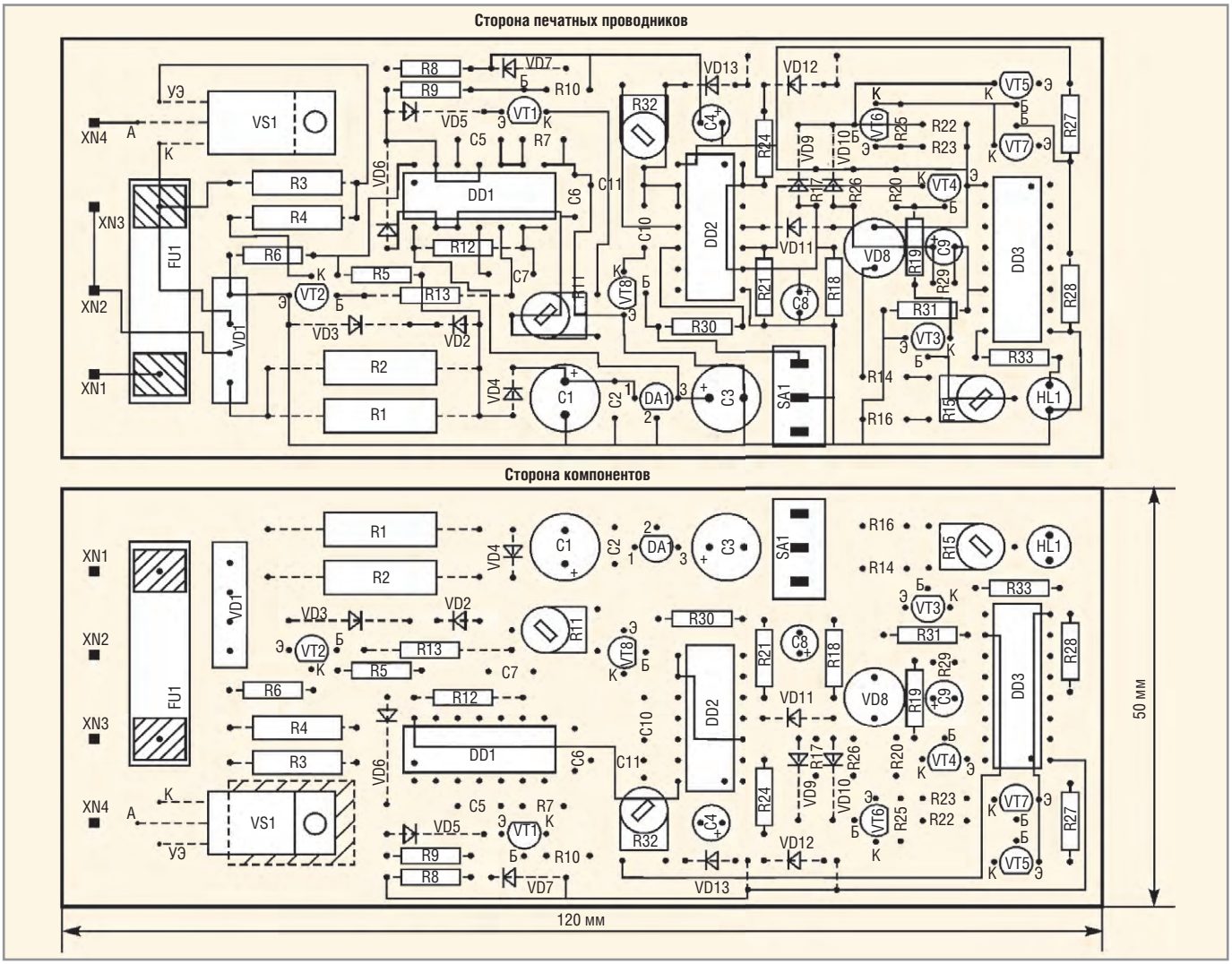


Рис. 2. Печатная плата разработанного фотореле

будут оставаться в открытом состоянии. В результате на входе 5 элемента DD2.1 будет поддерживаться уровень логической «1».

При снижении уровня внешней освещённости до заданного резистором R15 уровня сопротивление перехода фотодиода VD8 возрастёт настолько, что транзисторы VT3 и VT4 закроются, а на входе 5 элемента DD2.1 будет сформирован уровень логического «0». Соответственно на выходе DD2.1 будет сформирован положительный перепад напряжения, который, дифференцируясь цепочкой C9-R31, обнулит счётчик DD3 и разблокирует генератор DD2.4. Как отмечалось, генератор заработает на частоте около 2 Гц и таймер начнёт отрабатывать выдержку около 20 минут (точное значение 17 минут 4 секунды при частоте вспышек светодиода 1 Гц).

После завершения выдержки описанный процесс повторится: лампа погаснет на десятые доли секунды и включится вновь. Но при условии, что уровень внешней освещённости окажется ниже заданного порога (в тёмное время суток). Это будет повторяться с интервалами 20 минут и до тех пор, пока уровень внешней освещённости в момент очередного выключения лампы не достигнет заданного порога (на рассвете или в светлое время суток). В этом случае перезапуска таймера не произойдёт, а лампа будет оставаться в выключенном состоянии до момента уменьшения уровня внешней освещённости до заданного порога.

Конструкция и детали

Фотореле собрано на печатной плате из двустороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм размером 120 × 50 мм (см. рис. 2). Плата устанавливается в пластмассовую разветвительную коробку. В крышке коробки необходимо предусмотреть отверстия для фотодиода и переключателя SA1.

В устройстве использованы:

- постоянные резисторы типа МЛТ-2 (R1, R2), МЛТ-0,5 (R3, R4), подстроечные (R11, R15, R32) типа СП3-38б в горизонтальном исполнении, остальные – МЛТ-0,125;
- конденсаторы неполярные типа К10-17, оксидные типа К50-35 или импортные;
- интегральный стабилизатор DA1 типа КР1181ЕН15А (78L15).

Микросхему КР1561ТЛ1 можно заменить импортным аналогом CD4093BN, а КР1561ИЕ20 – микросхемой CD4040BN. Транзистор VT1 должен быть из серии КТ3107 с индексами «ГМ» или «ЕМ». Подойдёт и импортный BC557C. Транзистор VT2 КТ538А заменим на MJE13001. Транзисторы VT3, VT5, VT7 должны быть из серии КТ3102 с индексами «ГМ» или «ЕМ» или импортные BC547C. Транзисторы VT4, VT6 могут быть из серии КТ3107 с любыми индексами или импортные из серии BC557. Транзистор VT8 может быть из серий КТ503 или КТ3102 с любыми индексами. Стабилитрон VD2 должен быть с напряжением стабилизации 18 В, например, BZX85C18, КС518А или

аналогичный. От его напряжения стабилизации зависит правильная работа схемы идентификации нуля. При использовании стабилитрона с другим напряжением стабилизации необходимо подобрать номиналы резисторов делителя R5–R6 таким образом, чтобы напряжение на входе DD1.1 не превышало 15 В. В схеме использован фотодиод типа ФД263. Диоды VD2, VD4 малой или средней мощности должны быть с минимально допустимым рабочим напряжением не менее 400 В. Диоды VD5...VD7, VD9...VD13 могут быть любыми маломощными кремниевыми из серий КД503, КД521, КД522, 1N4148 или аналогичные. Для распайки переключателя SA1 типа П1Т-1-1В на плате предусмотрены отверстия соответствующей конфигурации. Диодный мост VD1 должен быть с минимальным рабочим напряжением не менее 400 В. Симистор VS1 может быть из серий BT137, BT138, BT139 с рабочим напряжением не менее 400 В. При мощности лампы накаливания до 100 Вт симистор в радиаторе не нуждается. Теплоотводом служит сама печатная плата, в которой предусмотрено отверстие диаметром 3 мм для фиксации симистора.

Настройка фотореле

Настройка фотореле заключается в установке требуемой чувствительности подстроечным резистором R15, яркости лампы – резистором R11 и времени выдержки – резистором R32. При настройке лампу EL1 направляют на фотодиод и подключают автомат к сети. Максимальную яркость лампы устанавливают резистором R11 в основном режиме при разомкнутом положении переключателя SA1. Подстройкой резистора R11 устанавливают максимальную яркость на уровне около 70...80% от максимальной паспортной яркости лампы. Подстроечным резистором R32 добиваются мигания светодиода с частотой около 1 Гц. Затем фотореле отключают от сети и переводят в сервисный режим переключением SA1 в положение «замкнуто». Лампа должна быть направлена на фотодиод, а уровень внешнего освещения должен быть минимальным (как в тёмное время суток). Автомат вновь подключают к сети и подстройкой резистора R15 устанавливают максимальную чувствительность. Теперь при низком уровне внешней освещённости лампа должна кратковременно гаснуть и включаться с периодом около двух секунд. Далее с помощью вспомогательного источника света (например, другой лампы) освещают фотодиод. Мигание лампы EL1 должно прекратиться, и она должна оставаться в выключенном состоянии. Затем фотореле снова переводят в основной режим (при отключённой сети). Настройка завершена. Фотореле готово к работе.

Важно помнить, что разработанное устройство не имеет гальванической развязки от сети. Во время настройки фотореле все элементы находятся под напряжением сети. Следует избегать прикосновений к элементам схемы, также необходимо использовать инструмент с ручкой из изоляционного материала.

Литература

1. *Одинец А.Л.* Фотореле с нестандартным алгоритмом. Электрик. 2013. №11.
2. *Одинец А.Л.* Фотореле со специальным алгоритмом. Электрик. 2015. №4.

Уменьшение объёма,

сокращение затрат и **повышение эффективности**
с применением новейших технологий
в создании **DC/DC-преобразователей**

XP Power

DC/DC-преобразователи средней и повышенной мощности

Серия ICH 50–150 Вт

- Диапазоны входных напряжений: стандартный (2:1) и широкий (4:1)
- КПД до 90%
- Диапазон рабочих температур –40…+100°C
- Одноканальные модели с выходными напряжениями от 2,5 до 24 В
- Габариты (Ш×Г×В): 61×57,9×12,7 мм

Серия IFH 200 Вт

- Диапазон входных напряжений стандартный (2:1)
- КПД до 90%
- Диапазон рабочих температур –40…+100°C
- Одноканальные модели с выходными напряжениями от 2,5 до 48 В
- Габариты (Ш×Г×В): 61×116,8×13,2 мм

Серия QSB 75–350 Вт

- Диапазоны входных напряжений: стандартный (2:1) и широкий (4:1)
- КПД до 92,5%
- Диапазон рабочих температур –40…+100°C
- Высокая удельная мощность
- Отвод тепла через основание корпуса
- Одноканальные модели с выходными напряжениями от 3,3 до 28 В
- Габариты (Ш×Г×В): 36,8×57,9×12,7 мм; 61×57,9×13,2 мм (QSB150-350)

Серия QSB600 600 Вт

- Диапазон входных напряжений стандартный (2:1)
- КПД до 92%
- Диапазон рабочих температур –40…+100°C
- Высокая удельная мощность
- Отвод тепла через основание корпуса
- Одноканальные модели с выходными напряжениями от 12 до 32 В
- Габариты (Ш×Г×В): 61×116,8×12,7 мм (формат Full Brick Package)

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ XP POWER

ProSoft® 25 лет

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

Реклама

Новости мира News of the World Новости мира

Малошумящий 12-разрядный широкополосный цифровой приёмник в формате PXIe

Компания Keysight Technologies представила высокоскоростной 12-разрядный дигитайзер / широкополосный цифровой приёмник M9203A в формате PXIe, имеющий частоту дискретизации до 3,2 Гвыб/с с мгновенной аналоговой полосой до 2 ГГц. Этот высокоскоростной дигитайзер идеально подходит для применения в беспроводной связи, мобильной связи новых стандартов, в радиолокации и спутниковой связи, а также для автоматизированного тестирования полупроводниковых приборов.

Являясь компонентом соответствующего решения Keysight, данный широкополосный цифровой приёмник позволяет выполнять измерения и в диапазоне СВЧ. Эти модульные решения легко настраиваются и реализуют базовые функции анализа сигналов с аппаратной скоростью и точностью, что позволяет инженерам адаптировать свои системы к конкретным требованиям.

В состав M9203A входит большая ПЛИС, позволяющая реализовывать функции в зависимости от выбранной микропрограммной опции, например:

- специальная микропрограммная опция (FDK), поддерживающая загрузку пользовательского алгоритма обработки с помощью пакета для проектирования ПЛИС U5340A. Встраивание алгоритмов сводит к минимуму потребность в дополнительных схемах и позволяет в полной мере воспользоваться компактностью и скоростью дигитайзера;
- одновременный синхронизированный захват и считывание (TSR), позволяющие выполнять длительные захваты по несколько тысяч выборок при частотах сигнала запуска в сотни килогерц без пропуска событий;

- широкополосное цифровое понижающее преобразование частоты в режиме реального времени (DDC) в каждом канале, позволяющее пользователю выбирать и масштабировать интересующие его сигналы. Фильтры и гетеродины полностью синхронизированы, что позволяет выполнять когерентную последующую обработку.

Кроме того, можно реализовать специальные встроенные функции, обеспечивающие поддержку различных пакетов приложений, таких как:

- цифровое потоковое понижающее преобразование частоты и запись (CB2), позволяющее захватывать и записывать длительные интервалы в широком частотном диапазоне с мгновенной полосой до 320 МГц в одном канале или до 200 МГц в двух когерентных каналах;
- потоковая оцифровка и запись (CB0), позволяющая записывать необработанные захваченные данные;
- дигитайзер высокого разрешения (BB1), обеспечивающий улучшенные характеристики за счёт компенсации искажений, возникающих в аналого-цифровом преобразователе (АЦП) и входном тракте, что позволяет минимизировать перемежающиеся выбросы и сократить общую полосу шума.

www.keysight.com

Лаборатория для тестирования телемедицинских технологий

Правительство Москвы и Институт развития интернета (ИРИ) подписали соглашение о сотрудничестве и взаимодействии в целях развития цифровых медицинских технологий.

В рамках сотрудничества предусмотрено создание совместной научно-практической лаборатории для разработки и опытного тестирования инновационных программно-технических решений в сфере телемедицины. Лаборатория будет создана на базе центра компетенций «Интернет + Медицина» ИРИ.

Соглашение также предусматривает пилотное внедрение инновационных технологий, создаваемых в рамках реализации проекта «Предоставление удалённых медицинских консультаций онлайн».

Со стороны правительства Москвы соглашение подписано заместителем мэра Москвы в правительстве Москвы по вопросам экономической политики и имущественно-земельных отношений Натальей Сергуниной. Со стороны ИРИ – председателем Совета ИРИ Германом Клименко. Оператором проекта со стороны города является Агентство инноваций города Москвы.

Ири.рф

АРБЕЛОС
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

РОССИЙСКИЙ РАЗРАБОТЧИК И ПРОИЗВОДИТЕЛЬ

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

PROCHIP POWERED BY PROSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИЛЕР НПП «АРБЕЛОС»

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

Реклама

E·X·P·O ELECTRONICA

20 ЛЕТ

20-я Международная выставка
электронных компонентов,
модулей и комплектующих

ufi Approved Event

25–27 апреля 2017
Москва, Крокус Экспо

Самая крупная в России выставка электронных компонентов, модулей и комплектующих

Забронируйте стенд: **expoelectronica.ru**

Совместно с выставкой electrontech EXPO

Организаторы: primexpo ITE

+7 (812) 380 6003/07/00
electron@primexpo.ru

0+

Реклама

Встраиваемый модуль распознавания жестов с функцией электронного замка
Часть 2

Павел Редькин (г. Ульяновск)

Статья рассказывает о промышленном датчике жестов PAJ7620U2 и реализованном на его основе встраиваемом модуле распознавания жестов. Во второй части представлены схемы и конструкция модуля, а также описана работа его встроенной управляющей программы.

Схемы и конструкция устройства

Функциональная схема модуля распознавания жестов показана на рисунке 5. Для аппаратной реализации устройства в качестве платформы был выбран микроконтроллерный модуль (отладочная плата) TE-TM4C123 [4]. Модуль выполнен на основе микроконтроллера (МК) TM4C123GH6PZI семейства TIVA компании Texas Instruments. Этот МК имеет процессорное ядро Cortex-M4 с максимальной тактовой частотой 80 МГц и память трёх типов: FLASH объёмом 256К, SRAM – 32К, EEPROM – 2К. Кроме МК плата TE-TM4C123 также содержит цветной ЖК-дисплей Nokia с диагональю 1,8 дюймов и разрешением 128 × 160 пикселей, пять пользовательских кнопок, кнопку сброса и четыре пользовательских светодиода. Цепи питания, общий провод и все линии ввода-вывода МК выведены на две линейки разъёмов на плате модуля. Программирование и отладка управляющей программы МК осуществляется с помощью встроенного в модуль JTAG-отладчика ICDI с внешним интерфейсом USB.

Модуль Grove-Gesture v1.0 в устройстве подключён к плате TE-TM4C123 по шине I^2C. Кроме того, используется его выход прерываний INT, подключённый к цифровому входу PC4 МК. К четырём штатным светодиодам платы, подключённым к линиям ввода-вывода МК, добавлено ещё шесть внешних, которые также подключены к линиям ввода-вывода, заданным в качестве выходов распознавания жестов и выхода электронного замка. На функциональной схеме выходы распознавания жестов условно разделены на две шины: шина с штатными и шина с внешними светодиодами.

Принципиальная схема всего устройства показана на рисунке 6. Схема состоит из трёх частей: главный контроллер – модуль TE-TM4C123, модуль преобразователя уровней UART-RS-232 MOD-RS232 производства Olimex [5] (обведены на рисунке жирной рамкой) и внешние по отношению к ним элементы и цепи. Обозначения и нумерация элементов внутри модулей TE-TM4C123 и MOD-RS232 на рисунке соответствуют обозначениям и нумерации на их оригинальных принципиальных схемах. На схеме внутри TE-TM4C123 условно не показаны элементы и цепи, не используемые в данном приложении, а также цепи JTAG-отладчика ICDI. Обозначе-

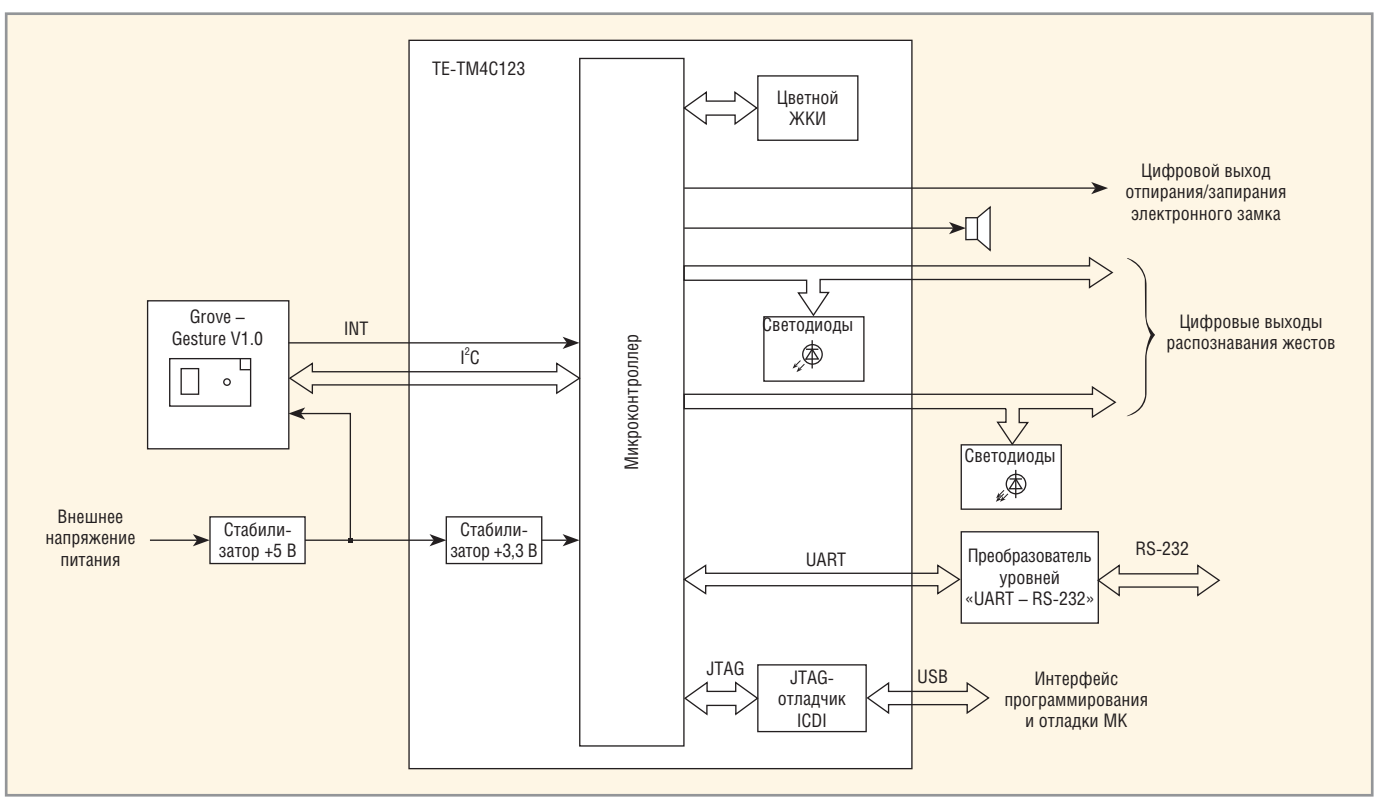


Рис. 5. Функциональная схема модуля распознавания жестов

ния и нумерация элементов, внешних по отношению к модулям TE-TM4C123 и MOD-RS232 цепей, самостоятельная и никак не связана с обозначениями и нумерацией элементов модулей.

Входное питающее напряжение поступает на вход первичного стабилизатора DA2 устройства через диодный мост VD1, что позволяет подавать его в любой полярности. Напряжение +5 В с выхода стабилизатора поступает на вход питания модуля Grove-Gesture v1.0, а также через разъём XT71 на вход встроенного стабилизатора +3,3 В модуля TE-TM4C123. Напряжением с выхода этого стабилизатора питаются МК DD3 и ЖКИ HG1. Этим же напряжением, снимаемым с контакта XT70 «+3V3» TE-TM4C123, питается модуль MOD-RS232.

Задание режима устройства осуществляется с помощью перемычки XT1 «Mode», замыкающей на общий провод вход PF1 МК (вывод 41 DD3). При снятой до старта начальной инициализации устройства перемычке оно переходит в режим простого распознавания жестов, при установленной – в режим распознавания жестов и электронного замка. Перемычка XT1 установлена параллельно штатной кнопке SW3 модуля, поэтому при её отсутствии для загрузки режима электронного замка достаточно в интервале времени от момента включения питания до момента появления на ЖКИ начальной заставки просто удерживать кнопку нажатой.

Подключённый к модулю TE-TM4C123 через токовый ключ VT1 внешний звуковой электромагнитный излучатель BQ1 «озвучивает» ход начальной инициализации устройства при включении питания, а также реакцию электронного замка на поступление комбинаций жестов. В качестве BQ1 используется «спикер» от материнской платы ПК. Внутреннее сопротивление BQ1 должно быть не менее 15 Ом.

В авторском варианте корпус для устройства не изготавливался, а разработка/отладка схемотехники и управляющей программы производилась на рабочем макете. Внешний вид макета устройства показан на рисунке 7.

Необходимо заметить, что в случае использования устройства в качестве электронного замка все варианты конструкции его корпуса должны предусматривать невозможность физического доступа извне к элементам схемы. Прежде всего, от физического доступа должны быть защищены линия выхода замка и шина I^2C, поскольку такой доступ открывает путь к программному или аппаратному «взлому» замка. (Кроме того, окно датчика должно быть надёжно защищено от возможных загрязнений и повреждений, иначе замок просто перестанет отпираться. – Прим. ред.)

Встроенная управляющая программа

Встроенная управляющая программа устройства осуществляет задание его режима в зависимости от состояния перемычки XT1 «Mode», запись и чтение регистров датчика PAJ7620U2, обработку прерываний от него по линии INT, вывод на ЖКИ распознанных датчиком жестов в виде прописных латинских букв U, D, L, R, F, B, C, A, генерацию активных уровней на соответствующих выходах, анализ и сравнение поступивших комбинаций жестов с отпирающим кодом электронного замка, хранящимся в EEPROM МК (последнее только в режиме электрон-

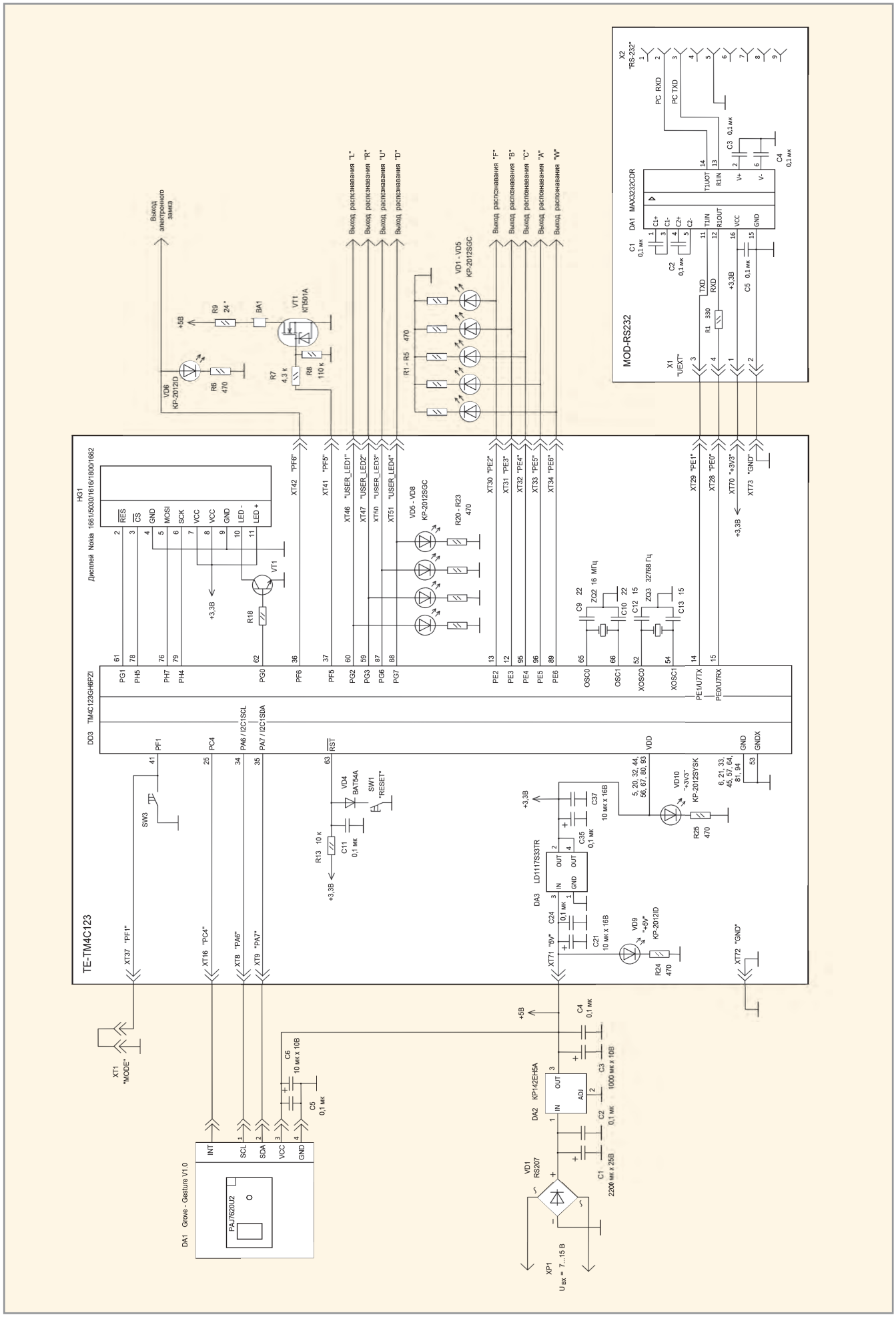


Рис. 6. Принципиальная схема устройства

ного замка), отпирание или неотпирание замка по итогам этого сравнения, вывод соответствующих сообщений на ЖКИ и генерацию соответствующих звуковых сигналов. Жест «волнообразное движение» (W) в перечень распознаваемых устройством жестов решено было не включать, поскольку, на взгляд автора, датчик PAJ7620U2 распознает его нестабильно, часто принимая за другие жесты. Однако соответствующий жесту W выход на схеме модуля имеется.

Программа также осуществляет выдачу через UART МК информации о распознанных датчиком жестах в виде прописных латинских букв U, D, L, R, F, B, C, A, сообщений об отпирании или неотпирании замка (последнее только в режиме электронного замка). Через UART осуществляется и конфигурирование устройства, состоящее в задании и контроле его параметров: отпирающего кода и интервала отпирания электронного замка, пароля доступа в режим администратора.

После включения питания и инициализации процессорного ядра и используемых в данном приложении периферийных узлов МК (аппаратные модули I^2C1, UART7, таймер системных сигналов времени SysTick, EEPROM), цветного ЖКИ, программа производит вывод аппаратно подключённого к МК датчика PAJ7620U2 из состояния сна – передаёт по шине I^2C адрес ведомого Slave ID = 0×73, для чего используется функция передачи по шине одного байта WR_1_byte_Slave_I2C(). Затем программа отслеживает окончание пробуждения PAJ7620U2, производя циклическое чтение регистра датчика с адресом 0×00 с помощью функции чтения одного регистра PAJ7620_ReadReg(). Если в пределах заданного лимита попыток чтения возвращается результат 0×20, то программа считает PAJ7620U2 пробудившимся и включает его путём записи значения 0×01 в его регистр с адресом 0×72 из банка «1». Для этого используется функция записи одного регистра PAJ7620_WriteReg(). Затем во включённый датчик загружается двумерный массив настроек инициализации для распознавания жестов initRegisterArray1[ ][2]. В ходе пробуждения и инициализации на ЖКИ выводится информация, отражающая старт и завершение указанных процессов («TEST PAJ7620...», «TEST–>OK», «INIT PAJ7620...», «INIT–>OK»), а также прочитанные программой значения регистров с адресом 0×00 («WAKE_UP=0032») и с адресом 0×72 из банка «1» («ENABLE=0001»). Программа полагает PAJ7620U2 исправным и готовым к работе, когда выводит на ЖКИ итоговое сообщение «INIT–>OK». Процесс пробуждения и инициализации длится около трёх секунд и сопровождается звуковыми сигналами высокого тона. Выведенный на ЖКИ набор значений регистров PAJ7620U2 и сообщений, соответствующих исправному датчику и успешному завершению инициализации периферии МК, показан на рисунке 8.

Если в ходе пробуждения при превышении заданного лимита попыток чтения прочитанное из регистра с адресом 0×00 значение не будет равно 0×20, то на ЖКИ выводится сообщение «TEST–>NO OK» и программа переходит к выполнению бесконечного пустого цикла. Использование модуля по назначению в этом случае невозможно.

После успешного завершения начальной инициализации устройство, в зависимости от наличия перемычки XT1 «Mode», автоматически переходит в состояние ожидания поступления жеста в одном из двух возможных режимов: простое распознавание жестов (заставка ЖКИ при загрузке «GESTURE Vx.x») или электронный замок (заставка «GESLOCK Vx.x»). В обоих режимах в центре экрана индицируется приглашение сделать жест – прописная буква G. При распознавании устройством сделанного жеста приглашение на экране немедленно заменяется на соответствующую этому жесту латинскую букву. Одновременно такая же буква однократно передаётся через UART, а соответствующий распознанному жесту цифровой выход МК примерно на 0,5 с переходит в активное (высокое) состояние. В режиме простого распознавания функционал устройства этим исчерпывается.

Дополнительно в режиме электронного замка при распознавании любого жеста в верхней части ЖКИ индицируется признак начавшегося накопления комбинации жестов – строка «Wait». Если в течение двух секунд следующий жест не поступает, строка «Wait» гаснет, а программный счётчик жестов накопленной комбинации обнуляется, то есть процесс накопления сбрасывается. Если до пропадания строки «Wait» поступает следующий жест, счётчик жестов инкрементируется, а индицируемое строкой «Wait» состояние накопления продляется ещё на две секунды.

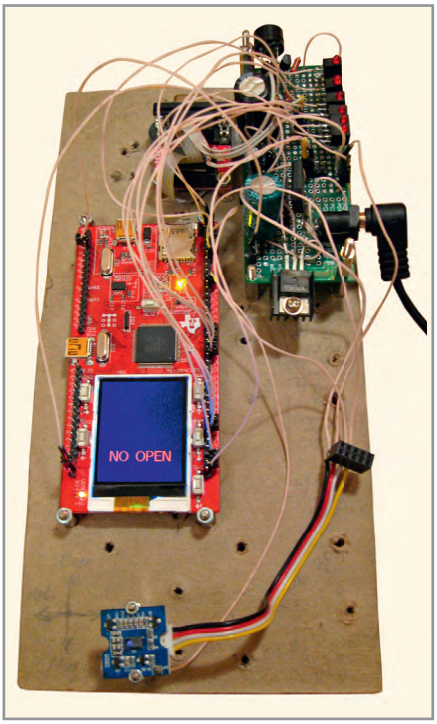


Рис. 7. Внешний вид макета устройства

Рис. 8. Отображаемая на ЖКИ информация, соответствующая успешной инициализации датчика PAJ7620U2 и периферии МК

При накоплении таким образом комбинации из заданного количества жестов производится её сравнение со считанным из EEPROM МК отпирающим кодом электронного замка. В случае их совпадения в нижней части ЖКИ в течение некоторого заданного интервала времени (интервала отпирания) индицируется строка «Open», такая же строка однократно передаётся через UART, цифровой выход электронного замка на указанный интервал переходит в активное (высокое) состояние, то есть замок открывается, генерируется звуковой сигнал высокого тона. При несовпадении комбинации в нижней части

ЖКИ в течение такого же интервала времени индицируется строка «No Open», такая же строка однократно передаётся через UART, цифровой выход электронного замка остаётся в пассивном (низком) состоянии, генерируется звуковой сигнал низкого тона. И в первом, и во втором случаях по истечении интервала открывания через UART однократно передаётся строка «Closed». В ходе интервала открывания, вне зависимости от того, открывался замок или нет, жесты пользователя устройством не воспринимаются.

Если в ходе набора отпирающей комбинации пользователь по показаниям ЖКИ видит, что какой-то его жест распознан устройством неверно или сам случайно делает неверный жест, то ему необходимо просто дождаться пропадания на экране строки «Wait», что указывает на сброс накопления, а затем заново набрать всю комбинацию.

Остановимся на особенностях работы интерфейса конфигурирования устройства с внешнего терминала, подключённого через RS-232. В качестве терминала можно использовать персональный компьютер с запущенной на нём программой эмуляции простого терминала. В качестве терминальных программ были успешно опробованы свободно распространяемые в Интернете программы Terminal v1.9b, CnCTerm v1.20, ModemSE v.2.1, Extem v1.2 и X-CTU v5.1.4.1.

Интерфейс представляет собой упрощённое подобие операционной системы, состоящей всего из нескольких команд. При обмене через RS-232 модуль может находиться в одном из двух возможных режимов: пользовательском (устанавливается по умолчанию после включения питания или сброса МК) и административном. В пользовательском режиме через RS-232 во внешнее устройство передаются символы распознанных жестов и строки изменения состояния выхода электронного замка. В административном режиме помимо этого поддерживается возможность задания отпирающего кода электронного замка, просмотра действующего отпирающего кода, задания пароля для входа в административный режим, а также задания интервала открывания замка. В пользовательском режиме приглашение устройства для ввода команд имеет вид «>», в административном – «#». В административный режим можно перейти из пользовательского, введя соответствующую команду, содержащую пароль. Обратный переход ввода пароля не требует. Все команды имеют следующий формат:

%xxxxYY.....Y,

где % – обязательный признак начала команды, xxxx – поле кода команды (поле фиксированной длины – четыре символа), YY.....Y – поле данных команды (поле переменной длины). Последнее может содержать значение пароля, отпирающего кода или интервала открывания электронного замка. Это поле является значащим только для команд, вводящих или задающих перечисленные параметры. Такие команды в конце трёхсимвольного поля кода содержат четвёртый символ – двоеточие. Команды, содержащие в конце трёхсимвольного поля кода четвёртый символ – знак вопроса, вводятся без поля данных.

Поддерживаются следующие коды команд:

- adm: – перейти из пользовательского в административный режим (команда поддерживается только в пользовательском режиме);
- pas: – задать (записать в EEPROM) пароль доступа в административный режим (команда поддерживается только в административном режиме);
- usc: – задать (записать в EEPROM) отпирающий код электронного замка (команда поддерживается только в административном режиме);
- usc? – показать (считать из EEPROM) действующий отпирающий код электронного замка (команда поддерживается только в административном режиме);
- tim: – задать (записать в EEPROM) временно́й интервал открывания электронного замка (команда поддерживается только в административном режиме);
- tim? – показать (считать из EEPROM) временно́й интервал открывания электронного замка (команда поддерживается только в административном режиме);
- ver? – показать номер версии встроенной управляющей программы (команда поддерживается только в административном режиме);
- exit – вернуться из административного в пользовательский режим (команда поддерживается только в административном режиме).

Все требуемые поля во вводимой команде набираются на клавиатуре ПК подряд без пробелов между ними, а вводится команда нажатием клавиши Enter. Необходимо заметить, что интерфейс чувствителен к регистру вводимых символов.

В составе пароля могут быть использованы как цифры, так и строчные и прописные русские и латинские буквы. Другие символы в составе пароля использовать не рекомендуется. Нельзя также использовать в пароле символ признака начала команды «%». Допустимая длина пароля составляет от 2 до 11 символов. В составе отпирающего кода могут быть использованы только прописные латинские буквы U, D, L, R, F, B, C, A. Допустимая длина отпирающего кода также составляет от 2 до 11 символов. Временно́й интервал открывания электронного замка задаётся одним символом – десятичным числом от 1 до 8, равным требуемой длительности интервала открывания в секундах. При попытке ввести пароль, отпирающий код или интервал с длинами, выходящими за указанные пределы, интерфейс выдаст сообщение об ошибке, а команда воспринята не будет. Сообщение об ошибке также будет выдано в случае попытки ввода отпирающего кода или интервала, содержащих недопустимые символы.

Реакция интерфейса на ввод команд может иметь следующий вид:

- «OK» – введённая команда корректна и воспринята интерфейсом;
- «ERR SIZE COMM», «ERR FORM COMM» – введённая команда неправильна или некорректна (имеет неверное содержание или неверную длину) и не воспринята интерфейсом;
- «ERR PASS», «ERR FORM CODE», «ERR SIZE CODE», «ERR FORM TIME», «ERR SIZE TIME» – введённый в команде пароль, код, интервал неправилен или некорректен и не воспринят интерфейсом.

При переходе в административный режим интерфейс выдаёт сообщение «OK: MODE ADMIN», при возврате обратно в пользовательский – «OK: MODE USER». Заметим, что перед завершением сеанса конфигурирования в целях соблюдения секретности замка необходимо вернуться из административного в пользовательский режим, введя команду %exit.

В случае, например, корректного ввода команды показа (считывания из EEPROM) отпирающего кода интерфейс выдаёт сообщение в формате: «USER CODE: YY.....Y».

При успешном завершении записи в EEPROM, например, отпирающего кода, интерфейс выдаёт сообщение «OK: PROG CODE EEPROM».

Необходимо заметить, что при первом включении устройства в EEPROM МК ещё не содержатся заданные пользователем значения отпирающего кода, пароля доступа и интервала открывания замка. Управляющая программа узнаёт об этом при выполнении команд интерфейса или отпирании замка, читая из EEPROM массивы данных по адресам хранения перечисленных параметров. Одна ячейка в каждом из этих массивов является контрольным маячком. Если по адресу маячка программа считывает значения, отличные от значений констант EEPROM_USER_CODE_ACTIVE, EEPROM_ADM_PASS_ACTIVE, EEPROM_TIME_LOCK_ACTIVE, то далее она начинает использовать в качестве активных значений соответствующих параметров жёстко заданные по умолчанию значения (массивы значений), прописанные в исходном коде: USER_CODE_ARR_DEFAULT[], ADM_PASS_ARR_DEFAULT[] и EEPROM_TIME_LOCK_DEFAULT. Отпирающий код по умолчанию представляет собой последовательность из шести жестов: F, B, F, B, F, B. Пароль доступа по умолчанию – PASSWORD. Значение интервала открывания замка по умолчанию – две секунды. Однако после первой же записи пользователем в EEPROM своего собственного отпирающего кода, пароля доступа или интервала открывания замка содержимое соответствующего маячка автоматически модифицируется значением соответствующей константы. Таким образом, при следующих чтениях из EEPROM программа уже начинает использовать в качестве активных значений не заданные по умолчанию, а считанные из EEPROM величины.

Необходимо заметить, что среди команд интерфейса отсутствует команда показа (считывания из EEPROM) пароля доступа в административный режим – для просмотра он недоступен. В случае его утраты единственный способ входа в административный режим заключается в перепрошивке флэш-памяти МК кодом программы, в исходном тексте которой произвольно изменено значение константы EEPROM_ADM_PASS_ACTIVE (содержится в файле GESLOCK_I2C.h). После такой перепрошивки и до первой записи пароля в EEPROM программа снова заменит утраченное значение пароля заданным по умолчанию значением PASSWORD.

Исходный текст управляющей программы модуля распознавания жестов версии 3.0 (и файл прошивки МК) содержится в каталоге проекта GESLOCK_I2C, архив которого доступен для загрузки с сайта журнала (дополнительные материалы к статье). Проект был подготовлен и отлажен в интегрированной среде разработки IDE µVision4 V4.72 от Keil Software (бесплатная версия с ограниченным размером кода). Программирование и отладка производились с помощью встроенного JTAG-отладчика ICDI.

Литература

1. www.pixart.com.tw/sensor.asp.
2. www.seeedstudio.com/wiki/File:PAJ7620U2_Datasheet_V0.8_20140611.pdf.
3. www.seeedstudio.com/wiki/Grove_-_Gesture_v1.0.
4. www.terraelectronica.ru/catalog_info.php?CODE=1210657.
5. www.olimex.com/Products/Modules/Interface/MOD-RS232/open-source-hardware.

Новости мира News of the World Новости мира

Большинство госзаказчиков игнорируют 188-ФЗ

Тема импортозамещения ИКТ в России была актуализирована выступлением Президента РФ на форуме ПМЭФ в 2014 г., где он заявил о приоритете отечественных программных и аппаратных ИКТ-разработок в госзакупках.

Прошло два года. Павел Хилов, руководитель Экспертного центра электронного государства, являющегося одним из соучредителей организуемого в стране центра компетенций по импортозамещению, рассказал на Международном форуме безопасного Интернета (ФИБ-2016) о текущем положении дел с импортозамещением ПО в органах российской власти.

Объёмы расходов на ПО в региональных структурах власти сопоставимы с расходами в федеральных властных структурах, поэтому проведённые в конце прошлого года Экспертным центром электронного государства исследования в регионах дают представление о положении дел с расходами в российских органах власти в целом.

Согласно результатам опроса, на 95% рабочих мест в региональных властных структурах используются операционные системы Windows и офисные программные пакеты MS Office. На 90% рабочих мест в качестве почтового клиента применяют MS Outlook. Из находящихся в эксплуатации СУБД около 80% составляют Oracle и MS SQL Server. Примерно 72% публикуемых контрактов на закупки ПО приходится на иностранное ПО, что в денежном выражении составляет 77% (или 72 млрд рублей) средств, выделяемых на эти закупки.

После принятия в прошлом году закона 188-ФЗ, согласно наблюдениям Экспертного центра электронного государства, происходят положительные сдвиги (в части реализации программы импортозамещения). Так, господин Хилов отметил работу правительств Калужской и Московской областей и Республики Бурятия. В этих регионах ведётся тестирование российских аналогов импортного ПО, есть опыт замены иностранных СУБД в системах электронного документооборота.

Есть и первые экономические показатели импортозамещения в ПО. Так, перевод СМЭВ в Республике Бурятия на российские разработки (это стоило региону не более 3 млн рублей) позволяет республике сэкономить на поддержке и закупках лицензий около 10 млн. рублей в год (примерно 20% годового ИТ-бюджета региона).

При решении задач импортозамещения всем властным организациям нужно провести инвентаризацию используемого ПО, определить приоритеты, разработать концепции импортозамещения в регионе, скорректировать региональные ИТ-программы, выбрать аналоги для замещения, оценить типовые угрозы процесса перехода на замещающее ПО.

Использование единого реестра российского ПО, который заработал с начала этого года, пока эффективным признать нельзя из-за слабого контроля исполнения запрета на приобретение импортного ПО и отсутствия механизмов воздействия на нарушителей запрета, считает господин Хилов. По его словам, около 85% госзаказчиков пока игнорируют 188-ФЗ, зачастую не предоставляя предусмотренных законом обоснований для закупки иностранных программных продуктов: в прошлом году только 5% госзаказчиков в достаточной мере аргументировали закупки импортного ПО.

www.pcweek.ru

Сетевое хранилище на базе одноплатного компьютера Raspberry Pi 2

Сергей Крыжный (г. Ростов-на-Дону)

В статье описываются сборка и подключение серверного хранилища на основе мини-ПК Raspberry Pi 2 и внешнего HDD, настройка сети для пользователей Windows и Linux, а также получение доступа к хранилищу вне локальной сети.

Сетевое хранилище жизненно необходимо системным администраторам, обслуживающим корпоративные сети с большими объёмами трафика. К тому же такое устройство можно устроить у себя дома, создав на его базе своеобразный «файловый склад». К сожалению, нынешняя экономическая ситуация такова, что далеко не каждый пользователь может позволить себе такую покупку, поэтому умельцам приходиться идти на различные ухищрения.

В данной статье рассмотрена реализация полноценного файлового хранилища, созданного на базе одноплатного мини-ПК Raspberry Pi 2. Представленное устройство умещается на ладони, а его производительности более чем достаточно для решения поставленной задачи. Нам понадобятся:

- компьютер Raspberry Pi 2;
- карта памяти microSD на 8–16 ГБ;
- работающий роутер;
- кабель microUSB–USB;
- блок питания с USB-разъёмом (5 В, 2 А);
- внешний HDD-накопитель;
- USB-Hub с внешним питанием от сети 220 В;
- Ethernet-кабель или USB-адаптер беспроводной сети (для подключения к роутеру).

Установка ОС и настройка Raspberry

Первоначально необходимо подключить к Raspberry монитор и клавиатуру. На microSD-карту записываем образ официальной операционной системы – Raspbian. Питание Rasbperry Pi 2 осуществляется через microUSB-порт. При первом же запуске мы увидим меню настроек (см. рис. 1), которое также можно вызвать командой sudo raspi-config.

Здесь же рекомендуется включить SSH-протокол, выбрать удобную раскладку клавиатуры, а также изменить стандартный пароль пользователя на более простой. Сохраняем настройки и перезагружаемся.

Затем подключаемся к домашней сети посредством беспроводного USB-адаптера или же кабеля с патч-кордом. Как только вы убедитесь, что Raspberry подключена к Интернету, введите следующие команды: sudo raspi-update, затем sudo apt-get update и sudo apt-get upgrade.

Этими действиями мы обновили операционную систему и все установленные пакеты.

Статический IP

Для удобства следует присвоить Raspberry постоянный IP-адрес. Делается это изменением соответствующего конфигурационного файла. Вводим в терминале команду sudo nano/etc/network/interfaces. Удаляем всё содержимое и вставляем свои данные:

```
iface <сетевой_интерфейс(eth0
или wlan0)> inet static
address <IP_Raspberry>
netmask 255.255.255.0
network 192.168.0.0
broadcast 192.168.0.255
gateway 192.168.0.1
```

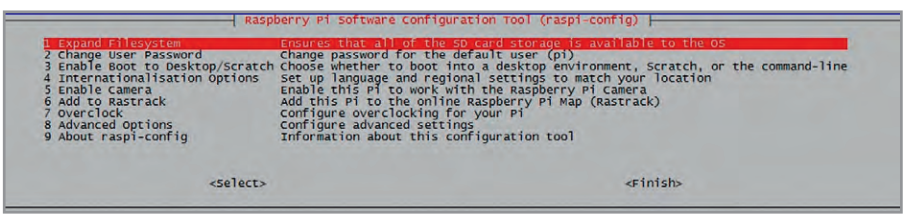


Рис. 1. Меню настроек

Адрес broadcast и маску сети можно узнать при помощи команды sudo ifconfig. Geteway выводится командой sudo route -nee. Перезагружаемся командой sudo reboot.

Дальнейшие наши действия будут зависеть от типа операционной системы, установленной на основном компьютере. Это может быть либо Windows, либо Linux и ему подобные системы. Рассмотрим оба варианта.

SSH-подключение для Windows

Этот вариант самый простой. Первым делом подключаемся к Raspberry через SSH-клиента. Можно использовать Putty – простой клиент, открывающий доступ к удалённому терминалу. Ключ безопасности для клиента и сервера генерируется автоматически при первом же подключении. Для подключения с помощью клиента Putty достаточно перейти на вкладку SSH, создать новое соединение на основе IP-адреса и подключиться. Программа так же попросит ввести комбинацию логин-пароль от Raspberry. Скриншот рабочей области описанного клиента представлен на рисунке 2.

Если соединение установлено успешно, вы увидите соответствующее сообщение в новом окошке терминала.

Подключение для Linux

Обычно на Linux-дистрибутивах ключи для SSH-соединения генерируются самим пользователем. Поэтому переключаемся на основной ПК и вводим: ssh-keygen -t rsa -C “your_email@ex.com”.

Далее копируем ключи на Raspberry, используя команду ssh-copy-id pi@<IP_Raspberry>.

Затем соглашаемся с подключением и вводим пароль от своей учётной записи. На этом всё. Подключиться к будущему серверу можно командой ssh pi@<IP_Raspberry>, где «pi» – имя основного пользователя. Кстати, можно создать нового пользователя. Для этого необходимо зайти от имени root и ввести usermod -l <New_name> -d /home/<New_name> -m pi.

Теперь можно отключать монитор и клавиатуру от Raspberry, поскольку для нашего же удобства дальнейшие процедуры будут выполняться с основной машины по SSH-соединению.

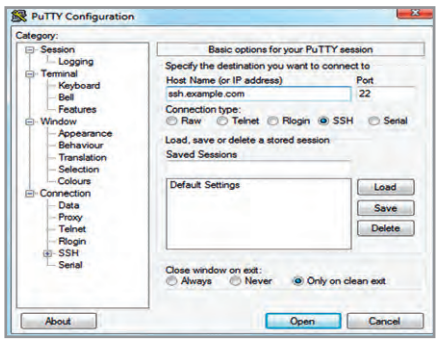


Рис. 2. Рабочая область SSH-клиента Putty

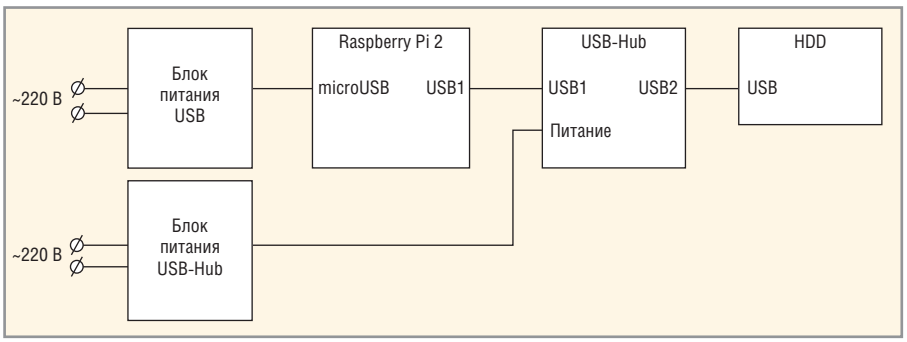


Рис. 3. Общая схема подключения Raspberry, HDD и USB-Hub

Безопасность SSH-соединения

Как обезопасить свой SSH-канал и упростить процесс подключения? Запрещаем вход под «рутом», отключаем проверку пароля и меняем стандартный SSH-порт в соответствующем файле sudo nano/etc/ssh/sshd_config.

Требуемые изменения выглядят следующим образом:

```
PasswordAuthentication no
PermitRootLogin no
Port 22222 (пример нового порта)
```

Перезагружаем Raspberry. Однако теперь, чтобы подключиться по SSH, нам потребуется указывать новый порт и новое имя пользователя, если таковой имеется. Такая команда будет слишком громоздкой: ssh -p 22222 <имя_пользователя>@<IP_Raspberry>.

Упростим эту процедуру, перейдя в домашний каталог и открыв файл-конфиг nano .ssh/config.

Добавляем сюда следующий код:

```
Host <IP_Raspberry>
Hostname <имя хоста>
User<имя пользователя>
Port 22222
```

Теперь подключение по SSH выполняется по упрощённой команде ssh <IP_Rasbperry>.

Подключаем HDD

Raspberry Pi 2 не всегда способна работать с внешними HDD – сказывается нехватка питания. Именно поэтому потребуется USB-Hub с отдельным питанием. Необходимо подключить хаб к Raspberry через USB-интерфейс. Накопитель подключается к хабу. Общая схема подключения изображена на рисунке 3.

Теперь подключаемся к Raspberry по SSH и создаём папку, в которую будет монтироваться содержимое нашего HDD. Создаём новую директорию: sudo mkdir hdd. Далее – sudo blkid. Это специальная утилита, позволяющая узнать UUID жёсткого диска. На выходе мы получим следующее: /dev/sda1: LABEL=”Seagate Expansion Drive” UUID=”7CD8ECADSF2A6” TYPE=”NTFS”.

Нам требуется поле UUID. Запоминаем его значение и работаем над совместимостью новой файловой системы: sudo apt-get install ntfs-3g. Затем открываем текстовый файл fstab (sudo nano /etc/fstab) и дописываем туда короткую строку: UUID=”<полученный_UUID>” <путь_к_папке_hhd> ntfs-3g rw,force,exec,users 0 0.

Сохраняем и перезагружаемся. Нами получено серверное хранилище, содержимое которого отображается на компьютере Raspberry Pi 2 в папке hhd.

Работаем с Raspberry вне локальной сети

Иногда у пользователя нет возможности перенастроить сервер по локальной сети. Поэтому рассмотрим вариант удалённого подключения к нашему устройству извне. Если пользователь является обладателем статического IP внешней сети, то процесс значительно упрощается – делаем переадресацию внешнего адреса на внутренний.

Обладателям динамического IP потребуется использовать dynamic DNS. Рекомендую использовать www.noip.com. Заходим на этот сайт, регистрируемся и переходим к ADD A HOST. В соответствующем поле вводим наш IP и добавляем хост. Затем, ищем DDNS-опции в настройках роутера и забиваем в соответствующих полях данные с полученного аккаунта и, собственно, доменное имя. Если таких настроек нет, пользователю потребуется скачать программу Dynamic DNS Update Client и настроить аналогичным образом. Так сервис Noip будет знать ваш новый IP.

Теперь переадресуем внешний IP на локальный. Открываем настройки роутера, находим вкладку «Переадресация», затем «Виртуальные серверы» и вносим изменения:

```
Порт сервиса: 22222
Внутренний порт: 22222
IP-адрес: <исходный IP>
Протокол: Все
```

Заходим на Raspberry через SSH и открываем файл .ssh/config. Добавляем сюда:

```
Host <имя домена>
Hostname <имя домена>
User <имя пользователя>
Port 22222
```

Теперь можно соединяться с сервером из любой точки мира, главное, чтобы под рукой был стабильно работающий Интернет.

Ставим SSHFS

Раз уж мы затронули тему подключения к серверу извне, то смонтируем удалённую папку по SSHFS. Таким образом, пользователь сможет пользоваться хранилищем вне локальной сети, что достаточно удобно в наши дни.

Сначала следует установить SSHFS на основную машину (в данном случае рассматривается компьютер с Linux) – команда: sudo apt-get install sshfs.

Затем создадим каталог, в который будет монтироваться Raspberry: mkdir pi.

Сразу же монтируем Raspberry в новый каталог: sshfs <IP_Raspberry>: /home/<имя_пользователя>/hdd pi.

Теперь все данные с жёсткого диска можно брать из папки pi, которая расположена на основной машине. Пользователь может пользоваться «новым» хранилищем не только дома, но и за его пределами.

Литература

1. www.geekelectronics.org/raspberry-pi/raspberry-pi-pervyj-zapusk.html.
2. www.nixp.ru/articles/5.html.
3. www.beget.ru/articles/ssh_windows.

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

Средства разработки систем-на-кристалле для космических применений

Денис Адамов (Москва)

Разработка и проектирование бортового оборудования космических комплексов и систем требует создания специализированной элементной базы в части СБИС, систем-на-кристалле и видеосистем на кристалле, стойких к дестабилизирующим факторам космического пространства, в первую очередь, ионизирующего излучения. Для расчёта радиационной стойкости электронных компонентов и определения технически обоснованных норм испытаний требуются специальные средства САПР. Такие средства входят в отечественную САПР СИМИКА, описанию которой посвящена данная статья.

Введение

Современная экономическая и политическая ситуация требует от отечественных разработчиков аппаратуры использовать в разработках преимущественно отечественную элементную базу. Однако её выбор для применения в бортовой аппаратуре космических комплексов и систем ограничен. Это связано как с общим уровнем развития российской электронной промышленности, так и со сложностями в реализации государственной программы импортозамещения.

Одним из основных факторов расширения производства и использования современной радиоэлектронной аппаратуры является динамичный научно-технический и производственный процесс развития радиоэлектронных технологий и организация выпуска необходимых электронных и радиоэлектронных компонентов. Создание специализированной электронной компонентной базы (ЭКБ) для работы в космическом пространстве подразумевает выполнение специфических требований. Разработка оборудования для оптико-электронных комплексов и систем требует создания развитой элементной базы в виде СБИС, систем-на-кристалле и видеосистем на кристалле, действующих в жёстких условиях космического пространства. Требования к радиационной стойкости отражено в Федеральной целевой программе «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники».

Решение этой задачи возможно через развитие всей инфраструктуры разработки современной ЭКБ:

- предоставление отечественным дизайн-центрам возможностей изготовления опытных образцов;
- доступность отечественных полнофункциональных средств САПР;
- создание единой базы для разработчиков по отечественным квалифицированным микросхемам.

Выбор САПР для разработки интегральных схем

САПР является ключевым элементом при проектировании интегральных схем (ИС). Это высокоинтеллектуальный «станок», который должен обеспечить полный процесс разработки, начиная от замысла и заканчивая выводом топологии ИС для передачи на фабрику изготовителя кристаллов. Большинство пользователей слабо представляют внутреннее устройство САПР, но они чётко знают, что хотят от неё получить. Современные методы и способы автоматизированного проектирования настолько сложны, что профессиональное освоение возможностей системы может занимать от двух до пяти лет. Зачастую даже профессиональные пользователи с многолетним стажем не знают до конца всех возможностей САПР, с которой они работают. Быть интуитивно понятной и обеспечивать быстрое и без «лишних» вопросов создание законченных устройств с предельными характеристиками – это одна из основных задач современных САПР ИС.

САПР должна учитывать все аспекты создания изделия: физику функционирования, математические методы моделирования, различные методики проектирования, графические интерфейсы и т.д. Создание отечественной САПР, как и любого штучного высокотехнологичного станка, является основой технологической безопасности страны и демонстрирует высокий уровень российских инженеров.

Российская микро- и наноэлектроника не играет существенной роли на мировом рынке электронных компонентов, да и рынок средств проектирования крайне незначителен. Рынок услуг по проектированию ИС является высоко рискованным, а также требует значительных капиталовложений. В силу своей специфики, на этом рынке в России практически отсутствуют малые и средние дизайн-центры, а те центры, которые были организованы в рамках различных федеральных целевых программ, комплектовались САПР централизованно. При таком подходе учесть требования каждого конкретного создаваемого дизайн-центра невозможно. Соответственно, для таких дизайн-центров была выбрана одна из крупных зарубежных САПР, являющаяся «индустриальным стандартом», которая включает в себя все необходимые инструменты. Понятно, что такой подход к приобретению САПР далёк от рыночных отношений, поскольку применительно к каждой конкретной задаче разработчик сам должен выбирать наиболее производительный, удовлетворяющий заданным требованиям и доступный по бюджету инструмент.

На зарубежном рынке основными потребителями крупных САПР являются большие корпорации, которые обеспечивают до 80% продаж. Малый и средний бизнес обычно вынужден приобретать минимальный пакет САПР от крупного поставщика, что обусловлено необходимостью использовать PDK (Process Design Kit – комплект разработчика) от фабрики-производителя кристалла. Все оставшиеся рабочие места небольших дизайн-центров, как правило, оборудуются более дешёвыми или даже бесплатными инструментами, поставляемыми по лицензиям типа GPL (General Public License).

Выбор фабрикой в качестве основного САПР для разработки PDK какого-либо крупного зарубежного производителя автоматически заставляет всех клиентов этой фабрики использовать данную САПР. Стоимость одного рабочего места разработчика в этом

АО «Объединенная ракетно-космическая корпорация «ЭХО» Роскосмос

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ

ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Единый Центр Закупки и Сертификации АО «ЭХО» осуществляет снабжение предприятий ракетно-космической промышленности надежными электрорадиоизделиями иностранного и отечественного производства, сырьем, материалами, оборудованием и другими материальными ценностями. Главная задача АО «ЭХО» – полное и своевременное обеспечение потребностей заказчиков качественной продукцией в рамках законодательства Российской Федерации. Компания открыта к сотрудничеству со всеми заинтересованными сторонами.

Реклама

info@eho-roscosmos.ru • (495) 614-46-39 • www.eho-roscosmos.ru

случае начинается от нескольких сотен тысяч долларов и может превышать один миллион долларов. Приобрести такие лицензии в российских условиях могут только крупные компании, которые практически все работают на государственный заказ. Мелкие и средние компании будут вынуждены пользоваться серыми лицензиями на ПО.

Значительную долю прибыли компаний, поставляющих САПР, составляют дополнительные услуги по обслуживанию и настройке программного обеспечения, выпуск на заказ инструментов, учитывающих специфические требования заказчика, разработка IP-блоков и др. Фактически данный сервис является не дополнительным, а необходимым для любого поставщика САПР.

При развитии отечественной САПР ИС необходимо учитывать её инфраструктурный характер. САПР ИС – это дорогостоящий инструмент, который используют не конечные потребители, а разработчики ИС. Для того чтобы в России возник рынок САПР ИС, сначала должен возникнуть рынок услуг по разработке ИС. Начинать развивать отечественную САПР ИС тогда, когда САПР уже будет востребован, будет явно поздно, поскольку создание конкурентного продукта потребует до 10 лет даже при наличии высококвалифицированных разработчиков с опытом. К сожалению, ни один из известных нам способов государственной поддержки инновационных проектов в России не годится для инфраструктурных проектов.

В силу специфичности рынка, практически все крупные и средние компании-разработчики САПР ИС находятся в США. Возможно, это связано с законопослушностью разработчиков, трудящихся в этой стране, поскольку они всё время должны выбирать лучший продукт по соотношению цена-качество. Или же это связано с тем, что уже на начальном этапе формирования рынка в США компаниям-разработчикам САПР ИС обеспечивалась серьёзная поддержка в виде государственного заказа. В настоящее время самые передовые разработки в этой области попали под экспортные ограничения. Также ограничен доступ российских разработчиков и к передовым микроэлектронным технологиям.

Особенности разработки интегральных схем

При уменьшении топологических размеров элементов ИС (менее 100 нм) микроэлектроника постепенно переходит в наноэлектронику. Одной из принципиальных особенностей наноэлектроники является учёт квантовых эффектов, которые могут иметь паразитное влияние на работу активного прибора, или даже работа самого прибора может строиться на основе квантовых эффектов.

Возможность применения SPICE-моделирования (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) для разработки наносхем подтверждается успешной разработкой моделей перспективных полупроводниковых наноэлементов. В основе таких моделей лежат алгоритмы решения систем нелинейных дифференциальных уравнений. Так, например, уже существуют SPICE-модели для одноэлектронных транзисторов и нанотранзисторов на углеродных нанотрубках. С другой стороны, при изготовлении полупроводниковых наносхем возникает необходимость учёта большого количества специфичных для каждого производства технологических особенностей, не обязательно квантовых. Ведущие мировые компании-производители ИС, такие как TSMC (Тайвань), предоставляют специальный программный комплект, позволяющий учитывать технологические особенности в моделях наноэлементов для программ SPICE-моделирования – iSDK (interoperable SPICE Design Kit). Этот программный комплект позволяет учесть особенности изготовления 65 и 40 нм ИС.

С другой стороны, с увеличением степени интеграции создаваемых СБИС, с объединением на кристалле различных функциональных блоков, зачастую выполненных по различным технологическим процессам, от разработчика требуется предварительное моделирование всей системы на транзисторном уровне. Огромный объём вычислений не позволяет «в лоб» провести моделирование переходных процессов в таких системах-на-кристалле и требует использования специальных методов эффективного распараллеливания вычислений для использования возможностей многопроцессорной архитектуры суперкомпьютеров.

Наиболее показательными с этой точки зрения являются видеосистемы на кристалле, которые объединяют фотоприёмный массив пикселов, выполненный по технологии 180–90 нм, и контроллеры с напряжениями питания 1,8–1,3 В. Эти параметры являются критическими для обеспечения приемлемого качества видеоинформации, в особенности реализации аналого-цифрового преобразования с достаточным динамическим диапазоном. В то же время расположенные рядом схемы обработки изображения, сжатия видеопотока и формирования выходных сигналов могут быть изготовлены в рамках процессов с более низкими проектными нормами и напряжениями питания. При этом необходимо учитывать взаимное влияние таких подсистем как на тепловом уровне, так и на электромагнитном – по цепям земли и питания, а также через подложку кристалла.

Данный пример ещё раз показывает, что развитие передовых методов изготовления и проектирования электронных схем идёт одновременно с совершенствованием средств автоматизированного проектирования. И одно без другого невозможно. В условиях отсутствия доступа к исходным программным кодам и квалифицированной поддержке разработчиков САПР ИС Россия обречена бесконечно долго повторять зарубежные разработки с отставанием на десятилетия.

Ещё одним немаловажным аргументом за необходимость развивать и использовать отечественную САПР ИС является обеспечение технологической безопасности. В рамках стратегии закупки зарубежных средств проектирования нельзя гарантировать отсутствие утечки проектной информации. Известны случаи, когда средства проектирования скрытно собирали такую информацию в процессе работы в целях отладки и совершенствования САПР самими разработчиками. Также, в этом случае, не может идти речь и о безопасном хранении кодов моделей элементов специального назначения, например, с учётом ионизирующего воздействия, поскольку все такие коды пишутся на открытых высокоуровневых языках описания поведения модели.

САПР интегральных схем СИМИКА

История разработки отечественной САПР для создания современных СБИС отмечена интересными вехами на протяжении последних 35 лет. Одним из первых интересных решений был комплект программного обеспечения КИПАРИС, созданный на кафедре проектирования и конструирова-

ния интегральных схем Московского института электронной техники в конце 1970-х гг. В начале 2000-х гг. в российском дизайн-центре ООО «Юник Ай Сиз» была создана САПР АВОКАД, которая предложила набор инструментов, обеспечивающий замкнутый цикл для разработки аналого-цифровых ИС, в том числе с распараллеливанием вычислений на платформе суперкомпьютеров. ООО «Интегральные решения» в 2011 г. показало вариант дальнейшего развития этого направления САПР, способного интегрировать в своей структуре необходимые элементы, ставшие индустриальным стандартом при разработке современных СБИС и систем-на-кристалле [1].

В настоящее время система СИМИКА обеспечивает весь процесс проектирования аналоговых схем с возможностью проектирования смешанных аналого-цифровых схем (см. рис. 1).

Проект в СИМИКА создаётся в подсистеме SIMCapture и имеет знакомую для разработчика ИС архитектуру: библиотека–ячейка–вид. Такая структура позволяет организовать смешанный проект прозрачным образом, когда разработчик в любой момент может заменить одно представление элемента на другое. SIMCapture является полнофункциональным редактором электронных схем с полным набором инструментов для построения сложных проектов (см. рис. 2).

Одним из основных достоинств системы СИМИКА является подсистема схемотехнического моделирования SIMSpice, которая предназначена для быстрого и точного аналогового (SPICE) моделирования и разработана специально для использования в процессе проектирования сверхбольших интегральных схем. SIMSpice относится к классу программ Fast-SPICE (быстрый и точный симулятор). Благодаря применению оригинальных математических методов SIMSpice обеспечивает более высокую скорость моделирования при сохранении заданной точности.

Отличие существующих программ быстрого и неточного моделирования смешанных схем, построенных на событийных алгоритмах, от программ класса Fast-SPICE можно продемонстрировать на примере результатов моделирования схемы 10-битного аналого-цифрового преобразователя АЦП-10 (см. рис. 3).

Видно, что результаты моделирования существенно различаются для

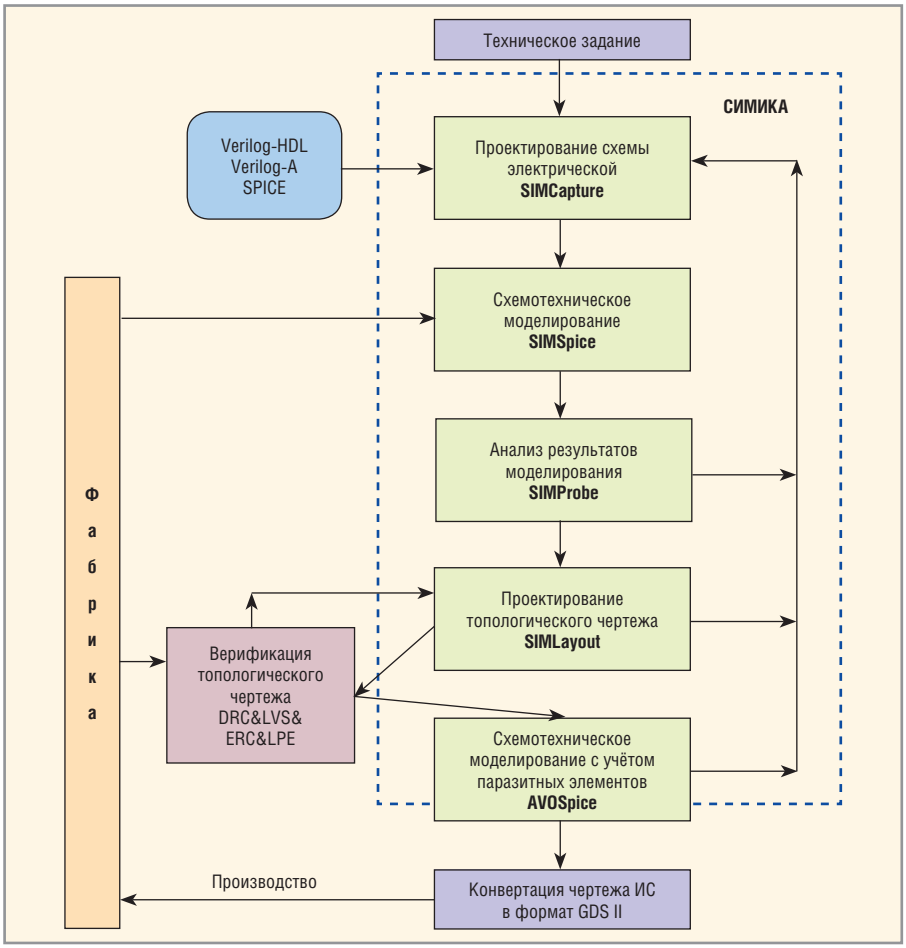


Рис.1. Процесс проектирования аналоговых и цифроаналоговых ИС в САПР СИМИКА

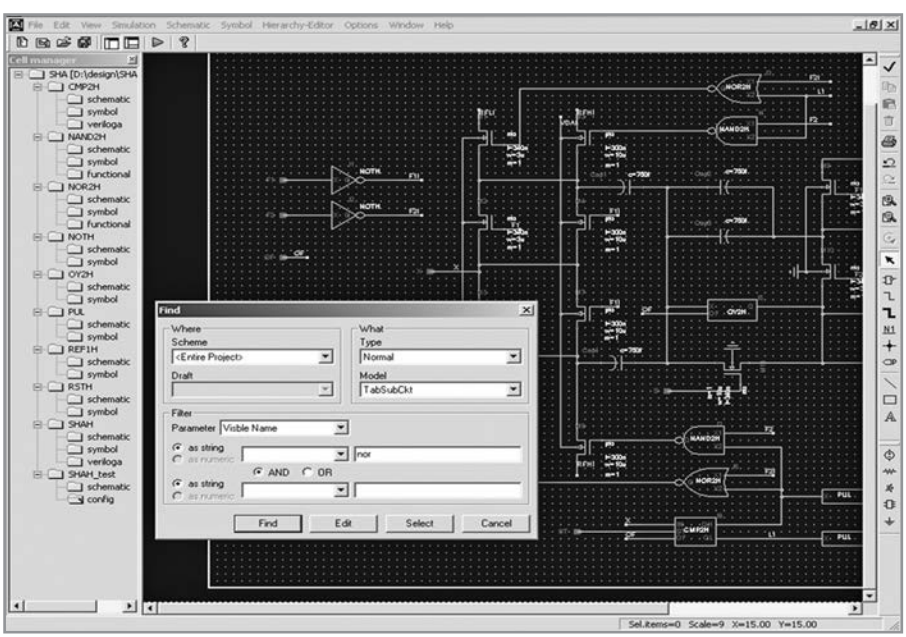


Рис. 2. Схемотехнический редактор SIMCapture

режима по умолчанию (нелинейная цифровая модель), аналогового режима (аналоговая модель с постоянными конденсаторами) и режима без ускорения (точная SPICE-модель). Причём правильный результат достигается именно при моделировании в режиме без ускорения, когда скорость моделирования соответствует классическим SPICE-программам. В отличие от быстрых и неточных программ, программы класса Fast-SPICE гарантируют правильный результат при моделировании аналоговых схем. Скорость моделирования в программах Fast-SPICE зависит от особенности строения электронной схемы и, как правило, в разы выше, чем в классических SPICE-симуляторах.

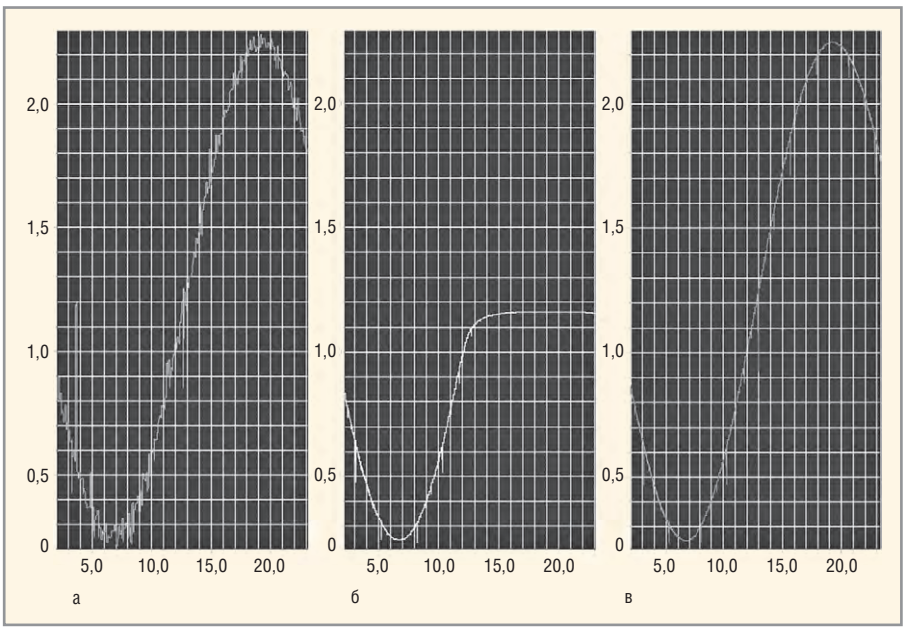


Рис. 3. Результаты моделирования схемы АЦП 10 для различных моделей точности:
а – нелинейная цифровая модель; б – аналоговая модель с постоянными конденсаторами;
в – точная SPICE-модель

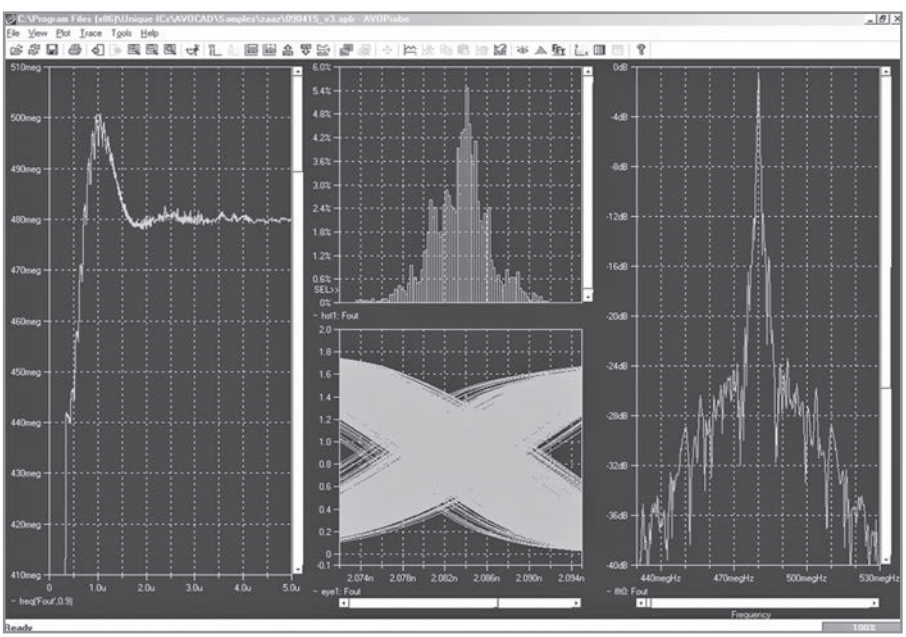


Рис. 4. Обработка результатов моделирования в программе SIMProbe

Для визуализации и анализа полученных результатов моделирования в рамках системы СИМИКА была разработана программа SIMProbe.

Поскольку при моделировании электронных схем сверхбольшой степени интеграции результаты могут занимать десятки гигабайт, при разработке SIMProbe много внимания было уделено скорости работы с данными и их последующей обработке. Также в SIMProbe предусмотрено более 50 различных функций обработки аналогового сигнала, включая быстрое преобразование Фурье, индикаторные (EYE) диаграммы, гистограммы и другие виды анализа (см. рис. 4).

Для обеспечения моделирования смешанных аналого-цифровых систем-на-кристалле большой размерности за приемлемое для разработчиков время СИМИКА предоставляет возможность так называемого смешанного моделирования, когда, например, цифровые подсистемы могут быть описаны на языке логического моделирования Verilog, а аналоговые подсистемы представлены на транзисторном уровне или описаны на языке Verilog-A. Также в СИМИКА встроена поддержка разных вариантов представления подсхем и СФ-блоков, автоматическое формирование интерфейса между цифровой и аналоговой частями схемы и поддержка совместной работы цифрового и аналогового симуляторов.

В комплексе это обеспечивает существенное сокращение времени моделирования и позволяет проводить верификацию проектов большого объёма, моделирование которых на транзисторном уровне практически невозможно. Так, например, замена аналоговых функциональных блоков кристалла фотоприёмника со схемой обработки моделями на языке Verilog-A и описание цифровой части на языке Verilog позволило сократить время моделирования почти на два порядка. Это, в свою очередь, позволило проводить верификацию всего кристалла на всех этапах его оптимизации и доводки.

Такой подход позволяет реализовать методологию проектирования «сверху вниз», когда сначала отдельные блоки системы описываются на языке высокого уровня, отлаживается работа системы с нужными характеристиками в целом, а затем проводится реализация отдельных блоков на транзисторном уровне, что сокращает сроки и повышает надёжность проектирования.

Моделирование воздействия на ИС ионизирующего излучения

В настоящее время технические требования, предъявляемые к аппаратуре систем управления и контроля различного назначения (ракетно-космической и военной техники, связи и энергетики, а также научной аппаратуре), определяют возможность их эксплуатации в условиях воздействия ионизирующих излучений. Выделяют два типа ионизирующих излучений: стационарные и импульсные. Среди радиационных факторов естественного и искусственного происхождения наибольшим поражающим действием по отношению к микроэлектронной элементной базе аппаратуры (по энергетическому критерию) обладает импульсное ионизирующее излучение. В ряде случаев достаточно учитывать воздействие постоянного ионизирующего излучения.

Задача проектирования радиационно-стойких схем требует использования специализированных методов и программ моделирования, учитывающих поведение схем при воздействии ионизирующего излучения. Доступные импортные САПР позволяют оценить

влияние стационарного ионизирующего излучения только косвенным образом, через процедуру подгонки параметров транзисторов под экспериментальные данные. Однако, как отмечают сами разработчики, этого часто бывает недостаточно, поскольку, получив отрицательный результат, разработчик не находит ответа на вопрос «Как модифицировать схему, чтобы соответствовать требованиям?». В результате процесс проектирования, по существу, является методом проб и ошибок, который тянется годами. Таким образом, можно утверждать, что в настоящее время в России не применяются полноценные современные средства моделирования поведения ИС с учётом ионизирующих излучений. Доступные в России зарубежные САПР ИС общего назначения не обладают инструментами для схемотехнического моделирования радиационных эффектов. Такие средства разрабатываются специализированными фирмами и не предназначены для продажи или попадают под санкции.

Для полноценного развёртывания работ по созданию системы схемотехнического моделирования нано- и микросхем с учётом действия дестабилизирующих факторов космического пространства (ДФКП), в том числе и ионизирующих излучений, необходим доступ к исходным кодам программы моделирования. САПР СИМИКА может служить основой для развёртывания таких работ.

Проведённые в инициативном порядке эксперименты по встраиванию в модель МОП-транзистора всего двух эффектов деградации показали существенное отличие поведения схемы типа инвертор при различных дозах радиации (см. рис. 5).

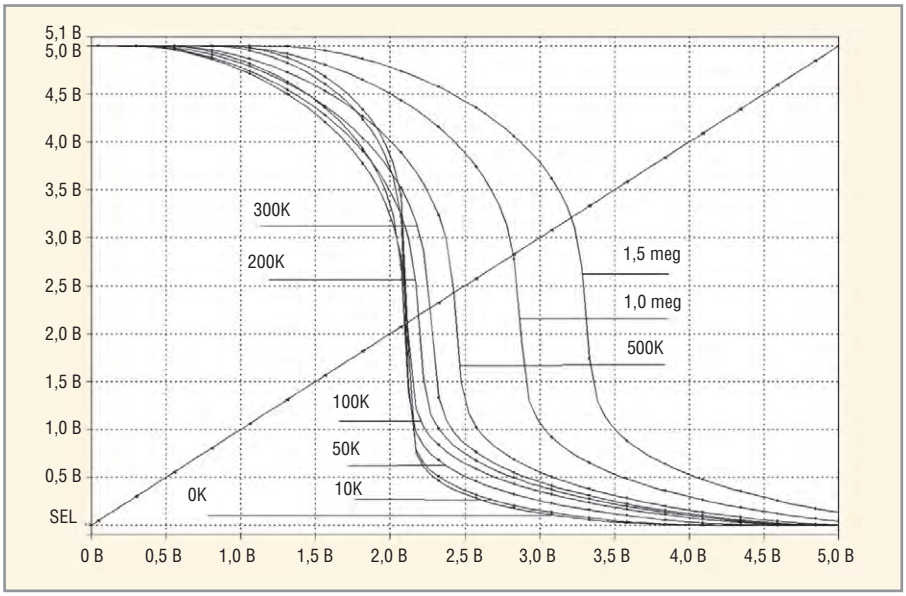


Рис. 4. Обработка результатов моделирования в программе SIMProbe

Заключение

Доступный для российских разработчиков полнофункциональный САПР СИМИКА, разработанный российским дизайн-центром ООО «Интегральные решения», является набором инструментов, обеспечивающим полный цикл разработки аналого-цифровых интегральных схем, в том числе фотоприёмных КМОП-матриц и видеосистем на кристалле.

По ряду показателей разработанное программное обеспечение превосходит САПР СБИС мировых лидеров. Реализованная в САПР полнофункциональная программа моделирования, учитывающая эффекты деградации элементов ИС при воздействии ДФКП, позволит разработчикам ИС рассчитать работоспособность интегральной схемы до этапа изготовления опытного образца и проведения испытаний, что существенным образом сэкономит время и ресурсы.

Литература

1. САПР интегральных схем СИМИКА. www.symica.ru.
2. *Бумагин А., Гулин Ю., Заводсков С., Кривякин В., Руткевич А., Стешенко В., Сухоруков А., Шишкин О.* Специализированные СБИС для космических применений: проблемы разработки и производства. ЭЛЕКТРОНИКА. Наука. Технология, Бизнес. 2010. №1.

Новости мира News of the World Новости мира

«Росэлектроника» за 5 лет нарастит замещение импортной ЭКБ в три раза

Холдинг «Росэлектроника» (входит в Госкорпорацию Ростех) планирует к 2021 г. увеличить замещение импортной электронно-компонентной базы (ЭКБ) на российском рынке более чем в три раза – до 70%. Об этом сообщил генеральный директор АО «Росэлектроника» Игорь Козлов.

По его словам, на сегодня импортозамещение в секторе ЭКБ находится на уровне 20%.

При этом Игорь Козлов отметил, что холдинг стремится наращивать производство не обычных компонентов, а так называемой «критической базы», обеспечивающей надёжность и безопасность функционирования национальных электронных систем. «Производить отечественные обычные конденсаторы, резисторы, – в этом нет никакого смысла, потому что сегодня этот товар уже является массовым, скоро будут в «рассыпуху» продавать, – сказал он. – А вот радиационно-стойкая база – да, связные процессоры, отечественная операционная мобильная система – да, потому что это вопрос национальной безопасности. Уровень локализации отечественного производства по радиационно-стойкой и критической базе к 2021 г. будет, я думаю, в районе 70%», – сказал глава госхолдинга.

Говоря о перспективах развития отечественной электронной промышленности, Игорь Козлов выразил мнение, что в течение 10 лет она станет конкурентоспособной по всем показателям и займёт достойное место на мировом рынке. «У нас появился свой собственный задел. Я имею в виду задел Российской Федерации, не задел Советского Союза, на котором мы так долго жили. У нас есть люди, которые в состоянии этот задел реализовать. Нам нужно время для концентрации усилий, нам нужно время, чтобы перевести этот задел в практическую плоскость», – заявил глава «Росэлектроники».

www.ruselectronics.ru

Снижение уровня шума в устройствах зарядки аккумуляторов

Боб Золло, Keysight Technologies

Стандартные источники питания, как правило, имеются в любой исследовательской лаборатории. Они могут оказаться удобнее специальных аккумуляторных тестеров, поскольку стандартные источники питания и электронные нагрузки можно запрограммировать так, чтобы проверить широкое разнообразие профилей зарядки и разрядки в соответствии с требованиями конкретного приложения.

На этапе разработки устройств с питанием от аккумуляторных батарей инженеры должны оценивать пригодность аккумуляторов для данного приложения. И хотя такие испытания рекомендуется проводить с помощью специального контрольно-измерительного оборудования, иногда инженеры используют стандартные источники питания для зарядки аккумуляторов и стандартные электронные нагрузки для их разрядки.

Рассмотрим применение стандартного источника питания на этапе зарядки типичного цикла зарядки/разрядки литий-ионного аккумулятора (см. рис. 1). Зарядка выполняется с помощью источника питания, запрограммированного на нужный ток зарядки аккумулятора и работающего в режиме стабилизации тока (CC). По мере зарядки аккумулятора напряжение на нём растёт. Со временем аккумулятор заряжается до своего напряжения холостого хода. К этому моменту источник питания достигает запрограммированного предельного значения напряжения (которое должно быть равно напряжению на аккумуляторе в режиме холостого хода) и переходит в режим стабилизации напряжения (CV). В режиме CV ток, втекающий в аккумулятор из источника питания, начинает спадать, а напряжение остаётся постоянным. Когда ток спадёт до некоторого заданного предела, зарядку нужно прекратить. Например, если заряжать аккумулятор большой ёмкости (электромобиля и пр.), то при максимальном токе зарядки 20 А ток отключения может равняться лишь 50 мА. По достижении тока отключения аккумулятор считается полностью заряженным, зарядка прекращается, а цикл зарядки/разрядки переходит к следующему этапу – обычно, к некоторому периоду покоя.

Какой прибор применить для измерения тока зарядки аккумулятора? Поскольку речь идёт о зарядке большим током, измерение тока простым амперметром непрактично, так как максимальный ток может превысить допустимый измеряемый ток цифрового мультиметра. Предположим, что для измерения тока зарядки используется встроенный амперметр источника питания.

Как уже было сказано, для определения момента окончания зарядки мы измеряем ток и сравниваем его с током отключения. Но если в измеряемом токе присутствует шум, то определить точный момент отключения будет непросто: по сравнению с максимальным током зарядки ток отключения мал (доли процента, то есть ниже класса точности популярных амперметров), поэтому шум может представлять собой достаточно серьёзную проблему. Так, если при полном токе зарядки 20 А присутствует шум в 100 мА (погрешность измерения 0,5%), то он замаскирует ток отключения 50 мА и затруднит точное определение момента окончания зарядки.

Источники шума при измерении тока

Обычно схема измерения очень проста – источник питания подключён к аккумулятору, который надо зарядить (см. рис. 2). Аккумулятор условно представляют в виде идеального источника ЭДС, последовательно с которым включён резистор, имитирующий внутреннее сопротивление. Последнее можно измерить как сопротивление по переменному току с помощью специального контрольно-измерительного оборудования для аккумуляторов или с помощью измерителя иммитанса. Внутреннее сопротивление аккумулятора лежит в диапазоне от нескольких десятков мОм для больших аккумуляторов до сотен мОм для аккумуляторов

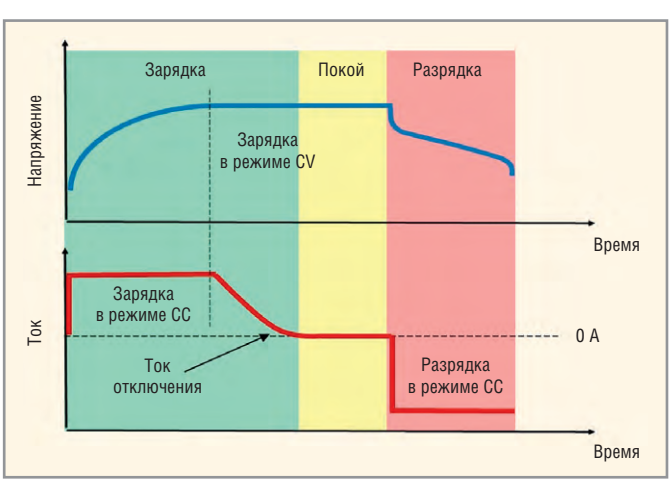


Рис. 1. Типичный цикл зарядки/разрядки литий-ионного аккумулятора

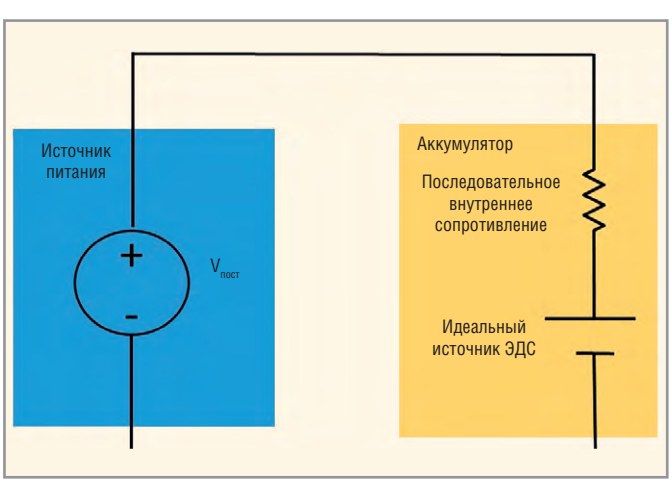


Рис. 2. Схема зарядки аккумулятора с малым внутренним сопротивлением

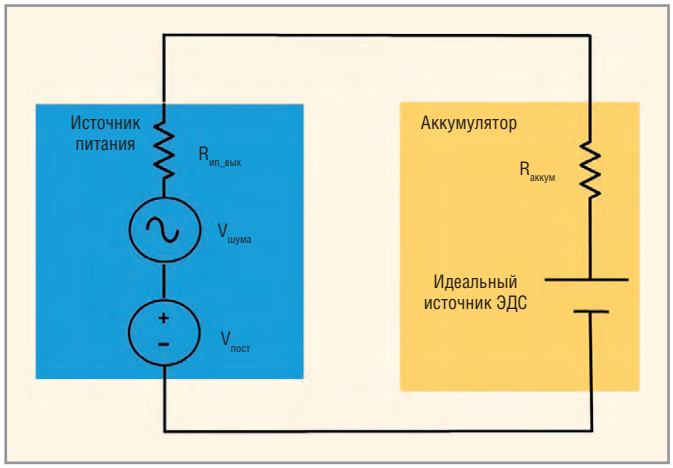


Рис. 3. Схема зарядки аккумулятора с учётом внутреннего сопротивления и шума источника питания

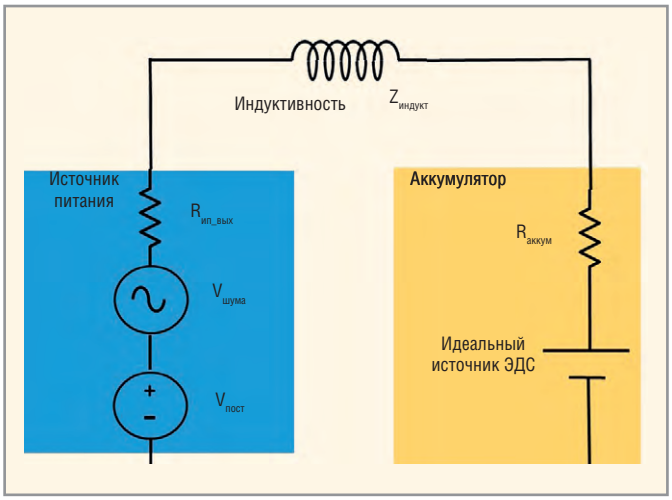


Рис. 4. Добавление индуктивности для снижения шума

среднего размера (и до 1 Ом и более для очень маленьких, например, дисковых аккумуляторов). Но в этой статье мы рассматриваем аккумуляторы, рассчитанные на большой ток, поэтому будем предполагать, что внутреннее сопротивление лежит в диапазоне нескольких десятков мОм.

Выход источника питания, заряжающего аккумулятор, имеет свой шум. Типовое значение напряжения шума может составлять 10 мВ$_{пик\text{-}пик}$ для источника питания с выходным напряжением 10 В. На рисунке 3 показана эквивалентная схема аккумулятора и источника питания, учитывающая внутреннее сопротивление и шум последнего. Шум напряжения на выходе источника питания представлен источником переменного напряжения, включённым последовательно с выходом постоянного тока. Это переменное напряжение (шум) будет выглядеть как переменный ток, протекающий через очень малое последовательное сопротивление аккумулятора, и по закону Ома: $I_{шума} = V_{шума} / (R_{ип\_вых} + R_{аккум})$. Когда частота падает ниже 100 Гц, величина $R_{ип\_вых}$ стремится к нулю.

Таким образом, шум измеряемого тока – это не шум, обусловленный измерением, а реальный шум тока, порождённый шумом выходного напряжения источника питания, который проявляется в виде тока через внутреннее последовательное сопротивление аккумулятора. Даже малошумящий источник питания может создавать шум тока в аккумуляторе, несмотря на то, что внутреннее сопротивление аккумулятора весьма мало.

Чтобы определить, когда ток зарядки достигнет порога отключения в присутствии шумового тока, можно использовать усреднение результатов измерения. Выполнив интегрирование в течение нескольких секунд или даже одной минуты, можно существенно подавить переменную составляющую шума и получить стабильное значение постоянного тока, которое затем сравнить с порогом отключения. Но что если источник питания не позволяет усреднять измеряемый ток? В этом случае нужно выполнить несколько измерений, ввести их в компьютер, усреднить и использовать среднее значение для определения момента достижения тока отключения.

Другой метод заключается в использовании индуктивности, включённой последовательно с аккумулятором, как показано на рисунке 4. Индуктивность обладает малым импедансом на низких частотах и большим импедансом на высоких частотах. Из закона Ома следует, что $I_{шума} = V_{шума} / (Z_{ип\_вых} + Z_{индукт} + Z_{аккум})$. С ростом частоты величина $Z_{индукт}$ возрастает и становится доминирующим членом знаменателя, в результате токовый шум $I_{шума}$ снижается с ростом частоты. Таким образом индуктивность создаёт фильтр нижних частот и подавляет шум на высоких частотах. Это позволяет снизить шум и точнее определить, достигнут ли порог тока отключения.

В идеальном случае частота среза этого фильтра должна быть менее 10 Гц, что позволяет сильно подавить токовый шум вблизи постоянной составляющей. Если предположить, что ток зарядки равен 20 А, а последовательное сопротивление аккумулятора равно 10 мОм, то потребуется индуктивность в несколько сотен мкГн. Заметьте, что индуктивность должна пропускать полный ток зарядки 20 А, так что маленький компонент для поверхностного монтажа тут не подойдёт. Тем не менее, нет ничего сложного в том, чтобы вручную намотать провод на тороидальный сердечник и сделать подходящую индуктивность.

Новости мира News of the World Новости мира

Altium Limited – партнёр Национального чемпионата WorldSkills Russia 2016

Altium Limited, ведущий мировой разработчик в области автоматизации проектирования электронных устройств, выступил официальным партнёром Национального чемпионата «Молодые профессионалы (WorldSkills Russia) 2016», который прошёл с 23 по 27 мая 2016 г. на площадке Крокус-Экспо в Красногорске. В чемпионате приняли участие молодые представители рабочих специальностей в возрасте от 18 до 22 лет, а также юниоры в возрасте от 10 до 17 лет.

Компания Altium Limited поддержала мероприятие в компетенции «Электроника». В рамках партнёрства Altium предоставил несколько лицензий последней версии своего флагманского решения Altium Designer 16.1 для проведения конкурса по проектированию печатных плат.

www.altium.com

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

Удобство ведения базы радиоэлектронных компонентов в САПР Delta Design

Часть 2

Георгий Шаманов (Москва)

Статья продолжает описание новой отечественной САПР Delta Design, которая обеспечивает полный цикл проектирования радиоэлектронных устройств. В первой статье цикла рассказывалось о системе в целом. В этой статье подробно рассматривается, почему вести базу данных радиоэлектронных компонентов в системе Delta Design удобно и эффективно.

Вариативный интерфейс системы

В зависимости от сложности проекта, описание компонентов может требовать различных интерфейсных форм. Конструктору неудобно работать в САПР со сложным интерфейсом, поскольку при вводе простых данных это только мешает. Поэтому интерфейс системы Delta Design вариативен – он раскрывается от простого варианта к сложному, позволяя в рамках одной и той же формы вводить как простые, так и сложные описания.

Рассмотрим такое «раскрытие» на примерах:

- ведение стека контактных площадок;
- альтернативные представления компонента на электрической принципиальной схеме.

Ведение стека контактных площадок в простом варианте показано на рисунке 1. Форма предлагает конструктору ввести минимально необходимый набор данных для создания стека контактных площадок. В простом варианте требуется описание только одного параметра – формы контактной площадки на сигнальных слоях (маска и паста в примере введены для полноты описания).

Полностью же планарный стек контактных площадок описывается множеством форм:

- формой площадки при монтаже на верхний слой платы, на нижний слой платы;
- формой маски и пасты при монтаже на верхний слой платы, на нижний слой платы;
- формой термобарьера;
- формой зазора при огибании областью металлизации на плате.

Во многих случаях ввод этих данных не требуется, поэтому интерфейс изначально открывается в простом виде. Но конструктор всегда может перейти в расширенный режим (галочка в верхней части формы). При смене режима интерфейс раскрывается, отображая дополнительные параметры (см. рис. 2). Интерфейсная форма запоминает последний режим, в котором она была закрыта, и при повторном обращении сразу открывается в нужном виде.

Кроме дополнительных параметров форма позволяет вести различные формы контактных площадок для различных плотностей монтажа (стандарт IPC-7351A). При этом ведение данных для различных плотностей организовано таким образом, что не загружает интерфейс и требует ввода минимального количества данных. Для перехода к другой плотности конструктор может воспользоваться списком технологий в верхней части формы. При этом сам интерфейс формы не меняется. Изменяется только заполнение таблицы форм контактных площадок (см. рис. 3).

После выбора плотности монтажа конструктор заменяет только отличающиеся формы контактных площадок. Изменённые контактные площадки в таблице будут описаны шрифтом чёрного цвета (см. рис. 3).

Рассмотрим «раскрытие» интерфейса на примере ведения альтернативных представлений компонента на электрической принципиальной схеме. Каждое представление является набором услов-

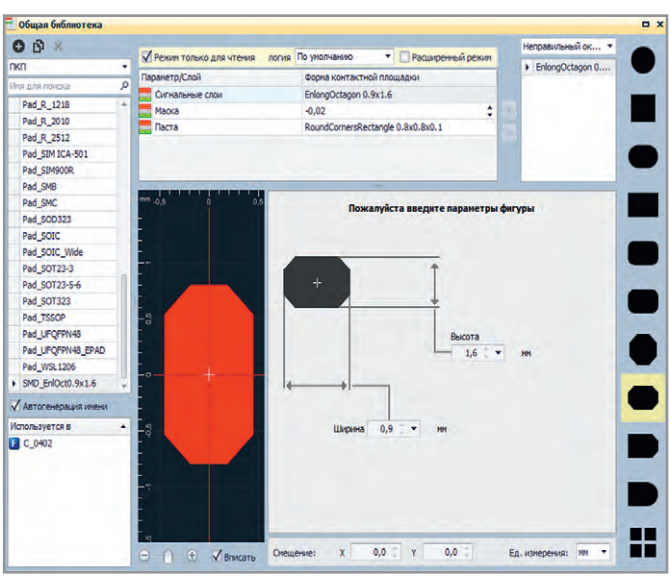


Рис. 1. Пример работы с используемым стеком контактной площадки

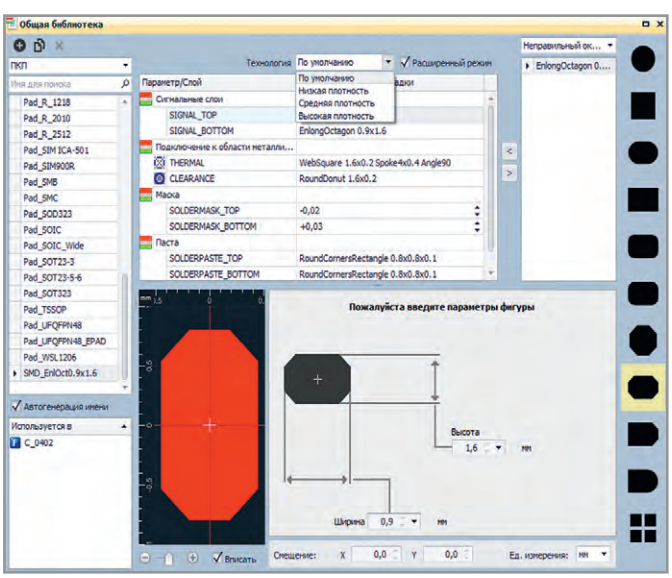


Рис. 2. Дополнительные параметры работы со стеком контактной площадки

Технология	Средняя плотность	Расширенный режим
Параметр/Слой	Форма контактной площадки	
Сигнальные слои		
SIGNAL_TOP	Rectangle 0.5x0.5	
SIGNAL_BOTTOM	Rectangle 0.4x1.35	
Подключение к области металлизации		
THERMAL	WebSquare 1.6x0.2 Spoke4x0.4 Angle90	
CLEARANCE	RoundDonut 1.6x0.2	
Маска		
SOLDERMASK_TOP	-0,02	
SOLDERMASK_BOTTOM	0,03	
Паста		
SOLDERPASTE_TOP	RoundCornersRectangle 0.8x0.8x0.1	
SOLDERPASTE_BOTTOM	RoundCornersRectangle 0.8x0.8x0.1	

Рис. 3. Таблица форм контактных площадок

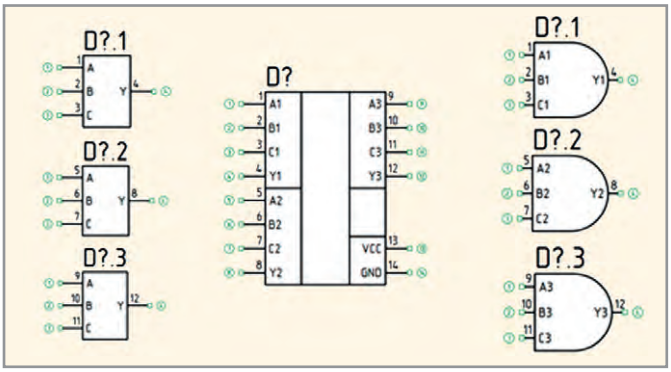


Рис. 4. Альтернативные представления для микросхемы

ных графических обозначений (УГО) компонента на схеме. Различные представления одного компонента необходимы в случаях:

- использования одного компонента в проектах, документация которых выпускается по разным стандартам (ГОСТ и ISO);
- представления компонента (например, резисторной сборки), в зависимости от проекта, либо в виде набора отдельных УГО, либо в виде единого УГО.

Например, цифровая микросхема может иметь несколько различных представлений (см. рис. 4). Конструктор при описании компонента в большинстве случаев работает с одним представлением. Однако, в случае необходимости, конструктор может создать альтернативные представления и переключаться между ними (управляющие элементы расположены в правом верхнем углу формы на рисунке 5). Поскольку каждое представление настраивается независимо, то интерфейс формы не содержит дополнительных управляющих элементов и полей ввода данных.

Превентивный контроль целостности

Время исправления ошибки прямо пропорционально времени её обнаружения: чем раньше ошибка найдена, тем быстрее её можно исправить. Поэтому система Delta Design построена на принципе «превентивного» контроля целостности. Контроль целостности компонента и всех входящих в его состав данных выполняется при правке и, частично, при сохранении данных.

Некорректные данные будут сохранены, только если конструктор считает это необходимым. При этом все компоненты, использующие некорректные данные, не будут доступны для применения в проектах.

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

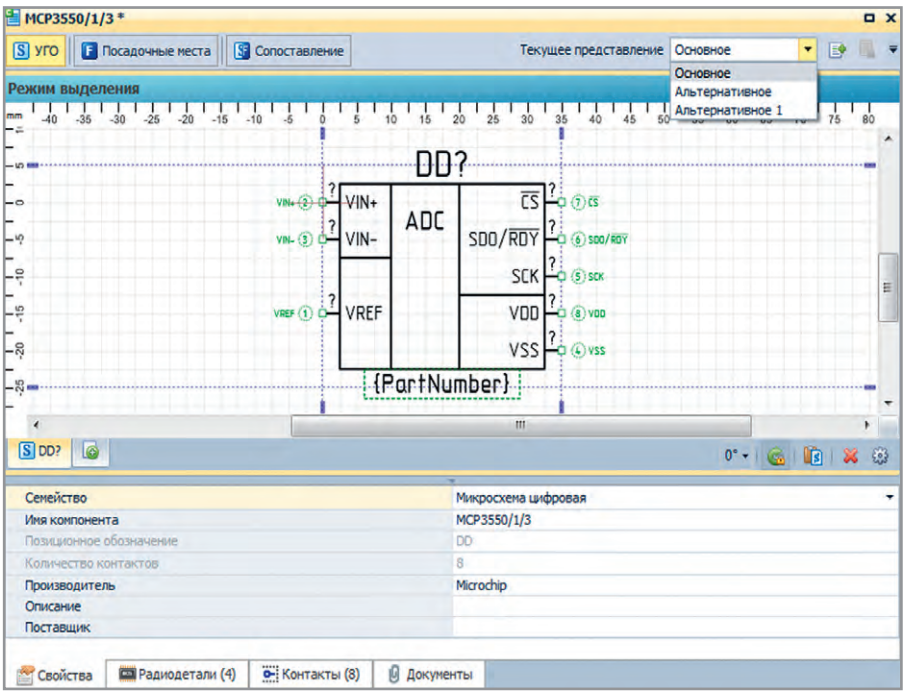


Рис. 5. Создание условного графического обозначения

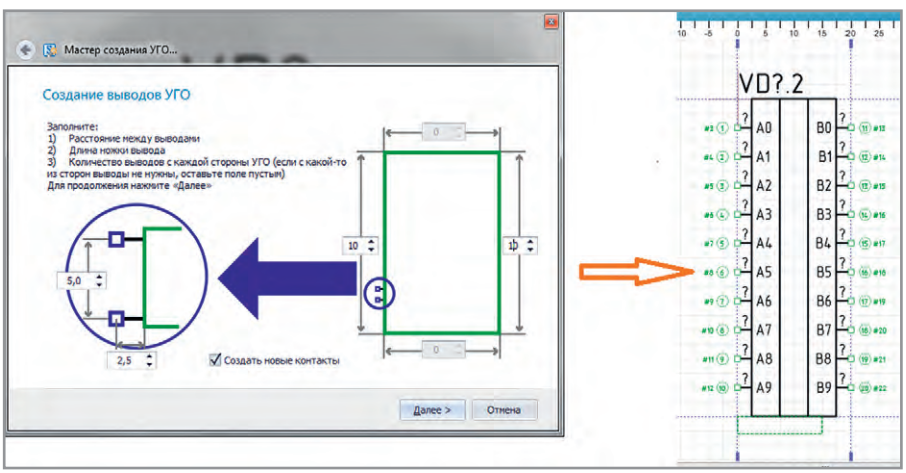


Рис. 6. Один из шагов мастера создания УГО и результат его работы

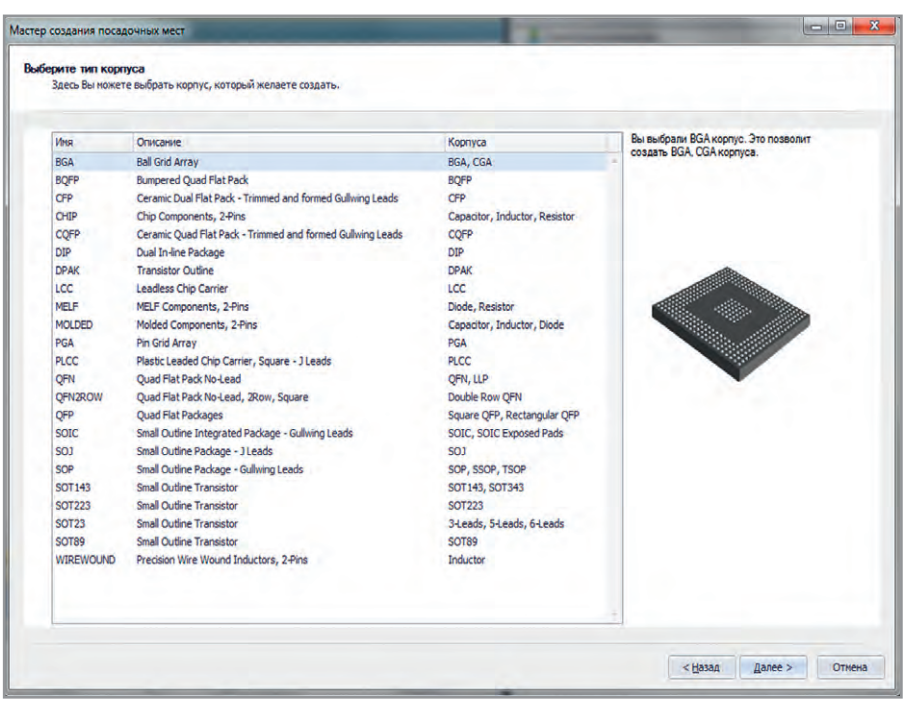


Рис. 7. Мастер создания посадочных мест, выбор типа корпуса

Контроль целостности обеспечивается как самой системой Delta Design, так и используемой в системе СУБД IRP. Двойной контроль уменьшает вероятность ошибки и снижает затраты на ведение базы компонентов.

Автоматизация рутинных операций

Рутинные операции отнимают много сил и времени, поэтому крайне важна возможность их автоматизации. Рассмотрим примеры автоматизации рутинных операций в системе Delta Design. Это:

- база готовых форм контактных площадок;
- мастера создания УГО и посадочного места.

Готовые формы контактных площадок экономят время при их описании. Количество форм контактных площадок не велико, а уникальные формы чаще всего используются не для описания формы металла на плате, а для описания маски и паяльной пасты. Поэтому система Delta Design изначально предлагает пользователю готовые формы, при этом позволяя настраивать контактные площадки вручную. В форме редактора контактных площадок (см. рис. 1) справа отображаются формы площадок, предлагаемые изначально. Форм достаточно много, чтобы охватить описание подавляющего большинства компонентов.

Мастера создания УГО позволяют всего за несколько минут создать это обозначение для микросхемы. На рисунке 6 отображён один из шагов мастера и созданное в результате УГО.

Использование мастера создания посадочных мест также существенно облегчает работу конструктора. Мастер на первом этапе предлагает конструктору выбрать тип корпуса и позволяет создать посадочные места для большинства типов корпусов (см. рис. 7).

В зависимости от выбранного типа корпуса конструктор определяет параметры посадочного места в привычных для конструктора понятиях (см. рис. 8). Посадочное место будет создано сразу в трёх вариантах (для различных плотностей монтажа). В дальнейшем конструктор сможет использовать все эти варианты в проектах создаваемых устройств.

Заключение

САПР Delta Design обеспечивает максимальное удобство для конструктора при описании радиоэлектронных ком-

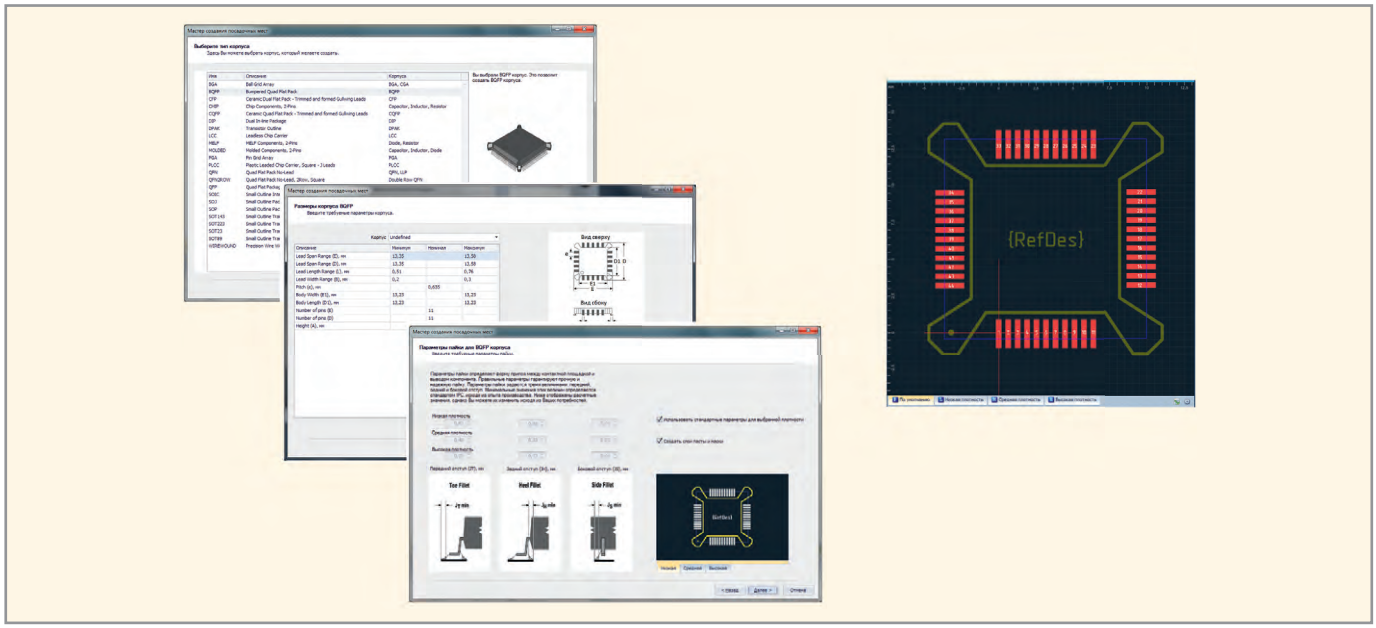


Рис. 8. Задание размеров для посадочного места корпуса BQFP

понентов. Достигается это за счёт следующих функциональных возможностей:

- единого информационного пространства для классификации, ведения характеристик и поиска компонентов;
- максимального визуального соответствия данных компонента в системе и исходных данных в спецификации;
- сокращения времени ввода данных и превентивного контроля их целостности;
- максимальной автоматизации рутинных операций.

Всё вышеперечисленное позволяет системе Delta Design сократить общие затраты на ведение базы данных радиоэлектронных компонентов по предприятию в целом и увеличивает эффективность работы конструктора.

Новости мира News of the World Новости мира

Перспективы микроэлектроники в России

Уже много десятилетий отечественная микроэлектроника занимает одно из лидирующих мест на мировом рынке. Ещё в 1970–1980 гг. вопросы микроэлектроники активно обсуждались на Гурзуфской всесоюзной школе микроэлектроники. Её формат позволял охватить огромный пласт актуальных проблем бурно развивающейся отечественной микроэлектроники и задавать эффективный, положительный импульс её развитию.

За два десятилетия гурзуфских встреч воспиталось целое поколение высококвалифицированных специалистов в разных областях микроэлектроники, что в итоге позволило в советское время отечественным производителям выйти на лидирующие позиции в мире.

На сегодняшний день в России вновь появилась необходимость в обсуждении актуальных вопросов рынка микроэлектроники, а именно – перспектив разработки и производства отечественной электроники, господдержки отрасли, частно-государственных инвестиций в её развитие, гражданской радиоэлектроники и выхода российских продуктов на глобальный рынок, а также стимулирования внутреннего рынка и кластерного подхода.

Для достижения этой цели в минувшем году была проведена Международная конференция «Микроэлектроника 2015». Она собрала более 300 представителей микроэлектронной индустрии из 50 компаний России, стран ближнего зарубежья, Европы и Юго-Восточной Азии. Подводя итоги, оргкомитет конференции признал результаты прошедшего мероприятия успешными и постановил провести «Микроэлектронику 2016» в формате Международного форума.

Международный форум «Микроэлектроника 2016» – это независимая высокоинтеллектуальная площадка для ведения конструктивного диалога между научным сообществом, производственными объединениями и представителями бизнес-структур микроэлектронного кластера и смежных высокотехнологичных отраслей.

Форум состоится 26–30 сентября 2016 г. в Республике Крым (Алушта, отель Riviera Sunrise Resort & SPA) и будет прямым преемником знаменитых крымских конференций по различным актуальным проблемам

микроэлектроники, которые проходили в 1970–1980 гг. в Гурзуфе.

Задачами форума являются поддержание экспертного диалога по ключевым вопросам, направленным на развитие отрасли, отражение основных трендов и обсуждение последних тенденций использования микроэлектронных разработок и конечных продуктов в смежных отраслях, организация диалога специалистов различных направлений и разных поколений микроэлектронной отрасли, создание продуктивных алгоритмов взаимодействия между участниками рынка.

www.microelectronica.pro

Инструменты проектирования быстродействующих печатных плат на примере САПР Altium Designer

Часть 1

Александр Фень (Москва)

Постоянное увеличение скоростей переключения интегральных устройств усложняет обеспечение целостности и латентности (тайминга) сигнала. В статье рассмотрено применение инструментов САПР Altium Designer 16.0, помогающих решить данную проблему при проектировании быстродействующих печатных плат.

Введение

Современная цифровая электронная аппаратура характеризуется постоянным увеличением быстродействия интегральных устройств, что усложняет обеспечение целостности и латентности сигнала при проектировании топологии печатных плат [1, 2]. Целостностью сигналов можно управлять посредством контроля импеданса печатных проводников, который достигается с помощью порядка конструкции слоёв печатной платы и шириной дорожек, которые будут использоваться на каждом слое. Основной способ решения проблем латентности сигнала (проблема синхронизации сигналов со стороны приёмника, задержка распространения сигналов, расфазировка сигналов) – это выравнивания длин проложенных дорожек, по которым проходит сигнал [3]. Рассмотрим инструменты решения задачи синхронизации сигналов в САПР Altium Designer 16.0.

Проблема и решение

Для группы сигнальных печатных проводников, состоящих из двух контактов, соединяющих выходной контакт источника сигнала и единственный входной контакт приёмника сигнала, вычисление и сравнение длин является стандартным процессом. Дело обстоит иначе, когда есть серия элементов на пути прохождения сигнала или есть более двух контактов в сигнале, который может быть разведён с использованием различных методов трассировки: древовидная / Т-образная топология (см. рис. 1а), шлейф / «гирляндная» топология (см. рис. 1б), сеть / Fly-By-топология (см. рис. 1в).

Т-образный подход к трассировке подразумевает прохождение сигнала от единственного контакта выходного устройства и разделение его на два ответвления одинаковой длины к принимающим устройствам, что приводит к появлению отражений и переменной сумме дополнительных искажений сигнала на другом ответвлении в каждой точки ветвления.

Fly-By-трассировка – это, по существу, разновидность «гирляндной» топологии. Она представляет собой последовательное прохождение сигнала от источника до приёмника, далее – до следующего приёмника и останавливается на последнем устройстве. Эта топология устраняет отражения, но недостаток её состоит в том, что задержка сигнала увеличивается для каждого последующего устройства в цепочке. Такая топология применяется, когда выходное устройство может компенсировать смещение сигнала для каждого приёмного устройства, используя метод выравнивания сигнала.

Решением обозначенной задачи является перенос конструктивных требований, позволяющих обеспечить синхронизацию сигналов (например, максимальная длина трассировки), в ряд правил проектирования, таких, как правило «длины», чтобы гарантировать синхронизацию и правило «соответствия длины», чтобы выявить потенциальные несоответствия синхронизации.

Теперь конструктор рассматривает сигналы с точки зрения их функции (см. рис. 2).

В данном случае (см. рис. 2) имеется адресный сигнал, который должен быть разведён от источника сигнала к каждому устройству памяти. Чтобы добиться этого, применяется Fly-By-топология с нагрузочным резистором в конце линии. Также можно задать терминирующие резисторы у источника сигнала. Даже если адрес A0 проходит через терминирующий резистор, то для конструктора с другой стороны этого резистора сигнал всё ещё имеет адрес A0.

Топологический редактор САПР рассматривает каждый сигнал просто как ряд связанных контактов (обычно называемый цепью). Цепь A0 идёт от

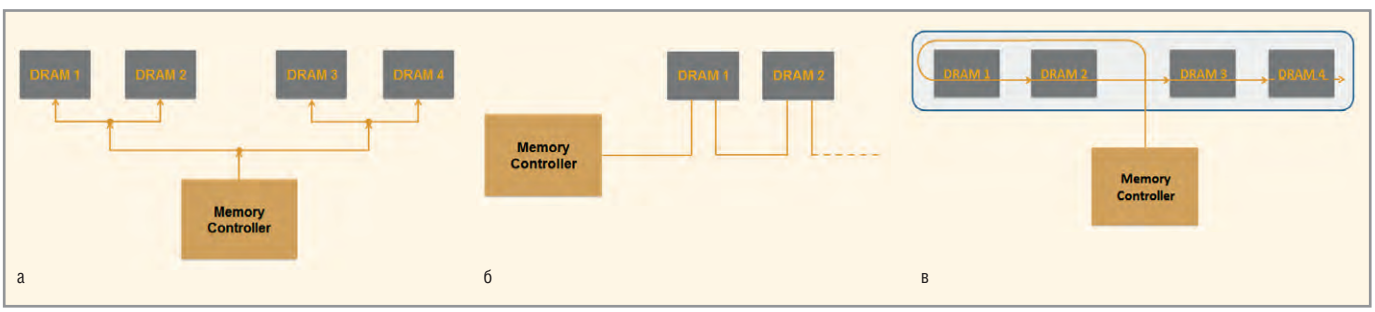


Рис. 1. Методы трассировки цепей: а – древовидная / Т-образная топология; б – шлейф / «гирляндная» топология; в – сеть / Fly-By-топология

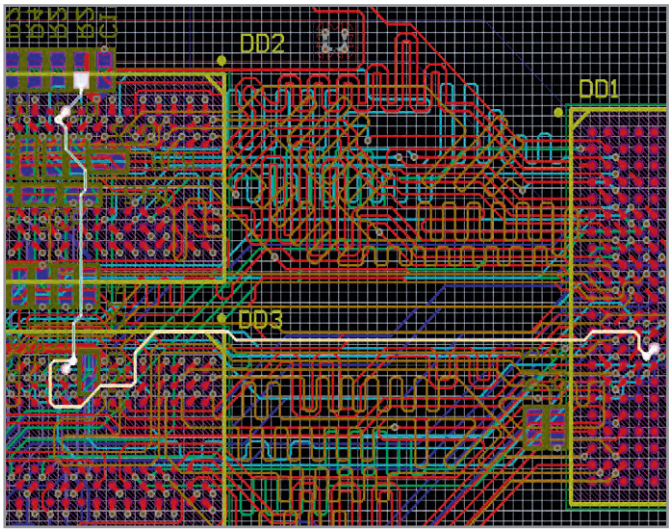


Рис. 2. Fly-By-топология трассировки цепей

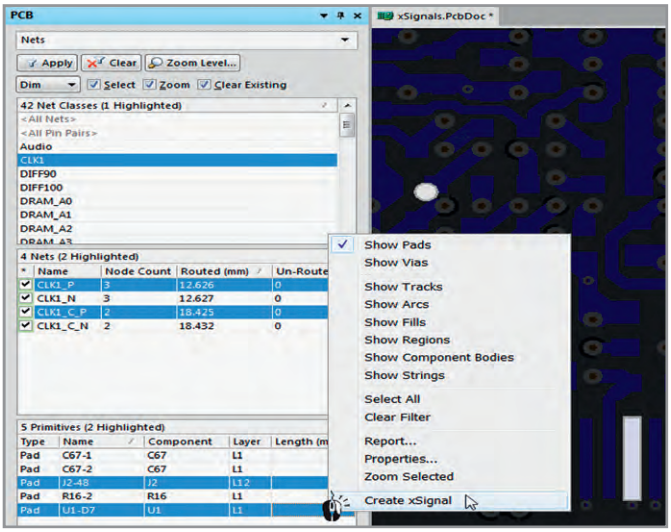


Рис. 3. Формирование xSignals командой Create xSignals

входного контакта к одному контакту компонента памяти, затем к контакту другого компонента памяти и т.д. Как только в цепь последовательно включается терминирующий резистор, адресная цепь становится двумя дискретными цепями. Это мешает конструктору контролировать выполнение ключевых конструктивных требований, таких как «длина» и «соответствие длины». Начиная с версии Altium Designer 15.0, для разрешения этой проблемы введена новая функция, названная xSignals. Эта функция обеспечивает корректную обработку пути прохождения высокоскоростного сигнала.

xSignals – это определяемый конструктором маршрут прохождения сигнала между двумя узлами. Это могут быть два узла в одной цепи или два узла в связанных цепях, разделённых компонентом. Функция xSignals необходима для определения правил проектирования, таких как Length (Длина сигнала) и Matched Length (Соответствие длины), которые используются во время проектных задач, например, для интерактивной настройки длины путём формирования зигзагообразной дорожки.

Создание объектов xSignals

Формирование объектов xSignals производится только в топологическом редакторе. В отличие от обычных цепей, которые создаются на этапе проектирования электрической схемы, формирование xSignals производится следующими методами:

- Create xSignals – создать xSignals;
- Create xSignals from Selected Pins – создать xSignals по выбранным контактам;
- Create xSignals Between Components – создать xSignals между компонентами;
- Create xSignals from Connected Nets – создать xSignals из связанных цепей.

Рассмотрим различные варианты создания одиночных xSignals:

1. Установите PCB Panel (Панель печатной платы) в режим Nets (Цепи), выберите требуемые цепи, определите и выберите требуемые контактные площадки в нужных цепях в разделе Primitives (Примитивы), затем щёлкните правой кнопкой по одной из выбранных контактных площадок и выберите команду Create xSignals (Создать xSignals) из контекстного меню (см. рис. 3).
2. Выберите два контакта (контакта компонента) в рабочей области редактора печатной платы, затем щёлкните правой кнопкой по нужному контакту и выберите xSignals > Create xSignals from Selected Pins (xSignals > Создать xSignals из выбранных контактов) из контекстного меню (см. рис. 4).

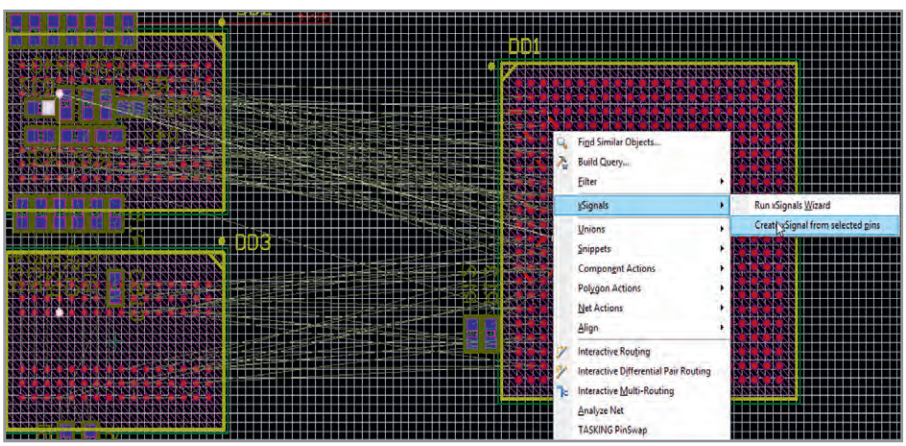


Рис. 4. Формирование xSignals командой Create xSignal from Selected Pins

В случаях, когда требуется сформировать группу xSignals, применяются команды Create xSignals Between Components и Create xSignals from Connected Nets [4], которые доступны в подменю Design > xSignals.

Работа с объектами xSignals

Для работы со списком классов xSignals, отдельными маршрутами xSignals и их примитивами предназначен подрежим xSignals рабочей панели PCB, включаемый выбором из выпадающего списка вверху панели (см. рис. 5).

При выборе требуемого объекта xSignals Classes или xSignals в соответствующем разделе панели в контекстном меню доступны следующие команды:

- для элементов в xSignals Classes: Add (Добавить), Delete (Удалить) или Edit (Редактировать); формирование классов xSignals важно для корректного создания правил проекта;
- команда Change xSignals Color (Выбор цвета всех соединительных цепей xSignals) доступна отдельно как для

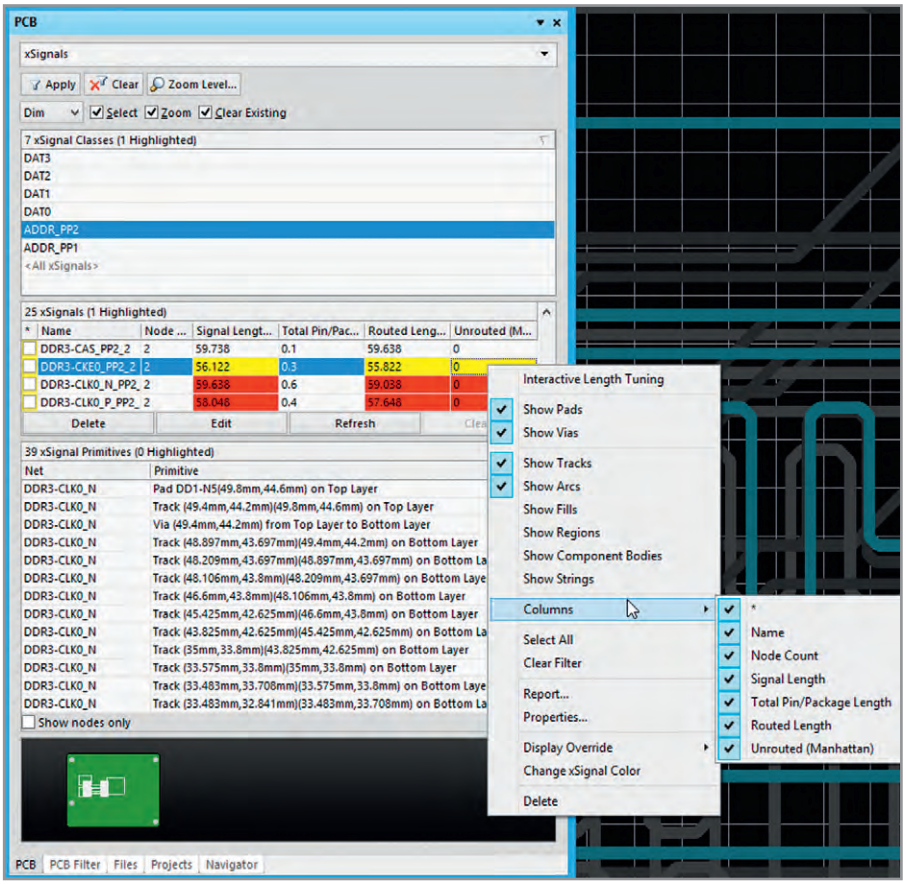


Рис. 5. Режим xSignals панели PCB

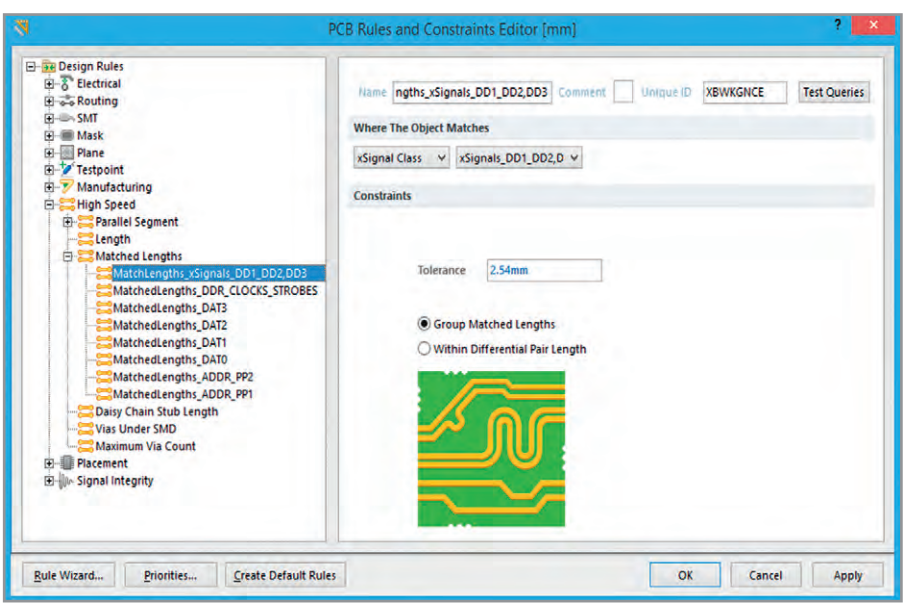


Рис. 6. Диалоговое окно редактора правил проектирования

xSignals Classes, так и для одиночного xSignals; использование цвета помогает идентифицировать связанные цепи во время трассировки.

Формирование правил проектирования

После определения объектов xSignals, для них формируются соответствующие конструкторские требования в редакторе правил, раздел High Speed в Design > Rules (см. рис. 6), где определяются правила Length (Длина сигнала) и Matched Length (Соответствие длины).

Правило Length устанавливает максимально разрешённую длину прохождения сигнала.

Правило Matched Length устанавливает соответствие длины сигнала относительно выбранного объекта. Возможны два варианта исполнения правила:

- Group Matched Lengths – выравнивание длин в заданной группе;
- Within Differential Pairs – выравнивание длин внутри дифференциальной пары.
- Для определения области действия правила используются следующие выражения для запроса фильтрации:
- InxSignal – объект в выбранном маршруте xSignals, например, InxSignals('DRAM_A0_PP1');
- InxSignalClass – объект в выбранном классе xSignals, например, InxSignalClass('PCIE');
- IsxSignal – объект xSignals с указанным именем, например, IsxSignals('DRAM_A0_PP1');
- ключевые слова атрибутов;
- InAnyxSignal – объект в любом маршруте xSignal, например, InAnyxSignal.

Выполнение правил проверяется во время размещения объектов (так называемый Online DRC) или после проектирования (так называемый Batch DRC (Пакетная проверка)). Контроль правила Matched Length производится в рабочей панели PCB в режиме xSignals (см. рис. 5), результат отображается в строке состояния (количество узлов, длина маршрута, неразведённая длина, длина трассировки, суммарная длина выводов микросхем) трассируемой цепи в виде цветовой индикации:

- белый цвет – в пределах заданного значения;
- жёлтый цвет – если длина дорожки меньше длины, заданной правилом;
- красный цвет – если длина дорожки превышает максимум заданного значения.

Заключение

Во второй части статьи будет описан xSignal-мастер, используемый для формирования групп xSignals. Также будет рассказано о расчёте Signal Length (Длина маршрута сигнала) и расчёте суммарной длины трассы маршрута сигнала в САПР Altium Designer 16.0.

Литература

1. *Кечиев Л.Н.* Проектирование печатных плат для цифровой быстродействующей аппаратуры. М. ООО «Группа ИТД». 2007.
2. *Джонсон Г. Грэхем М.* Высокоскоростная передача цифровых данных: высший курс чёрной магии. М. ИД Вильямс. 2005.
3. *Попов С., Попов Ю.* Выравнивание задержек сигнала. Проблемы и решения. Печатный монтаж. 2013. №5.
4. Altium. High Speed Design with xSignals. www.techdocs.altium.com/display/ADOH/High+Speed+Design+with+xSignals.

Fastwel

Российская электроника для ответственных применений

Компьютерные модули для сокращения сроков разработки РЭА

CPB906

Компьютерный модуль стандарта FCOM на базе процессора Vortex86DX

- Процессор Vortex86DX
- DDR2 SDRAM 256 Мбайт
- 10/100 Мбит/с Fast Ethernet
- PCI 32 бит, ISA 8 бит
- 2×USB 2.0
- IDE интерфейс
- 2×RS-232, PS/2
- 8 портов дискретного ввода-вывода

CPC1311

Компьютерный модуль стандарта COM Express mini Type 10 на базе процессоров Intel Bay Trail

- Процессор Intel Atom E38xx
- DDR3L до 4 Гбайт с поддержкой ECC
- SSD SATA Flash-диск 4 Гбайт
- Видеоконтроллер с интерфейсом LVDS/eDP (разрешение до 2560×1600 пикселей)
- Разъём COM Express COM.0 Type 10 (1×Gb Ethernet, 5×USB 2.0, 1×USB 3.0, 2×SATA II, 3×PCIe ×1, CAN 2.0 B)

CPC1302

Компьютерный модуль стандарта COM Express Basic Type 6 на базе процессоров Intel BroadWell

- Процессоры Intel BroadWell-H
- DDR3L-1600 SDRAM до 8 Гбайт с поддержкой ECC
- Разъём COM Express Type 6 (1×PCIe ×16 GEN3, 7×PCIe ×1 GEN2, 8×USB 2.0, 4×USB 3.0, 4×SATA III, 1×GbE, 1×LVDS, 3×DDI, 1×VGA, CRT, LPC, SMBus, I²C, HD Audio, Speaker Out, 4×GPIO, 2×RS-232
- Накопитель SSD 8 Гбайт на интерфейсе SATA
- Часы реального времени, сторожевой таймер
- Цифровой датчик температуры процессора, двухзонный датчик температуры

- **диапазон рабочих температур: –40…+85°C/0…+70°C**
- **поддержка: DOS; Windows; Linux; QNX; AstraLinux**

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ FASTWEL

ProSoft® 25 лет

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

Реклама

Навигационный форум 2016: новые горизонты навигации

С 10 по 13 мая 2016 года в Москве в Экспоцентре на Красной Пресне состоялся юбилейный X Международный Навигационный форум, который является центральным событием и главной коммуникационной площадкой для обсуждения новейших технологических и рыночных тенденций в навигационной отрасли, в том числе развития технологий ГЛОНАСС в России и мире.

Стратегия развития навигационного рынка в России и мире, новые интеграционные услуги и сервисы на основе спутниковой навигации, беспилотники, Интернет вещей, безопасные города, «умные» автомобили и дома, высокоточная навигация, дальнейшее развитие проекта «ЭРА-ГЛОНАСС» обсуждались ведущими мировыми и российскими экспертами в рамках Недели высоких технологий в Москве.

Совместно с форумом проходила 8-я Международная выставка «Навитех-2016», которая является уникальным специализированным проектом, где представлены мировые лидеры рынка спутниковой навигации, навигационно-информационных технологий, геодезии и картографии.

В этом году выставка «Навитех-2016» прошла в единые сроки с выставками «Связь» и «СТЛ. Системы транспорта и логистики» в рамках «Российской недели высоких технологий». Такой формат значительно расширил аудиторию профессиональных посетителей выставки, повысил уровень и масштаб деловых встреч.

В выставочной экспозиции «Навитех-2016» свои разработки продемонстрировали 53 компании из Белоруссии, Канады, Китая, Литвы и России. Достижения отечественных производителей в этом направлении посетители выставки смогли по достоинству оценить на стендах российских участников, в числе которых: «Российские космические системы», «Навтелеком», «Евромобайл», «Спутниковая система «Гонец», «Старлайн», «Аруснави/Gelios Soft», «Форт-Телеком», «МТ-Систем», ГК «СКАУТ»/«Современные технологии мониторинга» и другие. Свои разработки также представили и зарубежные компании Sierra Wireless (Канада), Shenzhen Meitrack Group (Китай), «Гуртам» (Белоруссия), Teltonika (Литва).

Организатором форума выступила Ассоциация ГЛОНАСС/ГНСС-форум. Оператором форума стала компания «ПрофКонференции».

В рамках пленарного заседания Навигационного форума помощник Президента Российской Федерации **Игорь Левитин** отметил успехи развития навигационной отрасли за последние десять лет в первую очередь за счёт запуска масштабного государственного проекта «ЭРА-ГЛОНАСС» (государственная автоматизированная система экстренного реагирования при авариях). По словам Игоря Левитина, сегодня по автодорогам страны курсируют более 25 тысяч автомобилей, оборудованных терминалами «ЭРА-ГЛОНАСС». В перспективе к этой системе будет подключён весь автомобильный транспорт.

Заместитель министра промышленности и торговли Российской Федерации **Александр Морозов** рассказал о внедрении системы и установке устройств вызова экстренных оперативных служб на этапе автопроизводства как о конкурентном преимуществе производимых в России транспортных средств.

Развитие инфраструктуры «ЭРА-ГЛОНАСС» в настоящее время является основным драйвером не только российского навигационного рынка, но и автомобильной, и радиоэлектронной отраслей. Одно из дальнейших направлений – это экспорт решений и технологий ГЛОНАСС за рубеж, в первую очередь, в страны Евразийского экономического союза.

Надо отметить, что международное сотрудничество в области создания технических требований активно развивается. Российская Федерация возглавляет международную группу по разработке Правил ООН в отношении требований к транспортным средствам, оснащённым устройствами вызова экстренных оперативных служб. Опыт создания и внедрения российской системы «ЭРА-ГЛОНАСС» ляжет в основу глобальных международных требова-

Игорь Левитин

Александр Гурко

Алексей Цыденов

ний, которые будут универсальными для европейской e-Call и других аналогичных систем.

Уже сейчас созданы все условия для проведения сертификационных испытаний автомобилей. В ЕАЭС аккредитованы семь органов по сертификации и три испытательных центра. Результаты испытаний взаимно признаются на территории всех государств – членов ЕАЭС.

По мнению **Алексея Цыденова**, заместителя министра транспорта Российской Федерации, за последнее время действительно создана целая отрасль новых услуг на основе навигации. Сейчас уже воспринимается как обыденность, что школьные автобусы, кареты скорой помощи, автомобили полиции оснащены оборудованием ГЛОНАСС. Когда на место происшествия в автоматическом режиме направляется помощь – это не воспринимается как какое-то новшество, а как само собой разумеющееся, и как – то, что должно быть априори. Такими же темпами развиваются дополнительные виды услуг, в которых используются навигационные технологии.

Александр Гурко, президент некоммерческого партнёрства «ГЛОНАСС», также прогнозирует активное развитие беспилотных навигационных систем. Основное направление деятельности НП на ближайшие годы – развитие навигационных технологий, прежде всего, в сфере беспилотного транспорта, системы управления трафиком и контроля беспилотными навигационными системами. В 2015 году продано уже более миллиона беспилотников, по прогнозам к 2025 году эта цифра будет составлять более ста миллионов беспилотных навигационных систем. Этот рынок активно растёт. Сегодня насчитывается около 120 различных приложений, в которых дроны используются для промышленного, коммерческого и бытового назначения. При этом очень важно сформировать эффективную нормативную базу, найти компромисс между развитием рынка технологий и безопасностью для пользователей беспилотного транспорта и окружающей среды. Задача НП «ГЛОНАСС» – снять барьеры, в том числе законодательные, для развития технологий, чтобы Россия могла стать частью глобального рынка. Деятельность по беспилотным навигационным системам будет вестись в четырёх основных направлениях: создание инфраструктуры, разработка регуляторики, разработка экосистемы сервисов и разработка требований к бортовому оборудованию.

Возвращаясь к рассмотрению системы «ЭРА-ГЛОНАСС», как драйвера навигационного рынка, стоит отметить итоги работы системы. Генеральный директор АО «ГЛОНАСС» **Андрей Недосеков** рассказал участникам форума: «По состоянию на сегодняшний день в информационном ресурсе системы зарегистрировано 25 607 транспортных средств, оснащённых терминалом вызова экстренных служб. За это время операторы фильтрующих контактных центров «ЭРА-ГЛОНАСС» приняли более 23 500 вызовов, из которых 26 были признаны истинными (22 вызова были произведены в ручном режиме, 4 – при тяжёлых ДТП – в автоматическом режиме). Время доставки информации о ДТП составляет в среднем 10 секунд. Существенно сократилось время реагирования экстренных служб». Также Андрей Недосеков отметил, что система работает в полном объёме, нареканий от автопроизводителей и автовладельцев нет.

Отдельное внимание на форуме было уделено аспекту применения технологий для безопасности движения. Применение информационно-навигационных технологий позволит решить задачи в области обеспечения безопасности дорожного движения, включающие техническую поддержку безопасной эксплуатации автомобиля; сокращение негативных последствий ДТП (освобождение дорог); экстренное реагирование при авариях и предупреждение об опасности на дороге; взаимодействие с системой-112, АПК «Безопасный город», а также другими информационными системами по обмену данными о ДТП и результатах реагирования на происшествие.

Эксперты также выделяют в качестве основных драйверов мирового развития навигационной отрасли в ближайшие 3–5 лет капитализацию посредством коммерческих сервисов – информационных, безопасности, платёжных, страховых, технической поддержки; возможности «подключённого автомобиля» (connected car) и Connected People, применение пользовательских интерфейсов в области автомобилестроения.

Основные тренды на транспорте – это «умный» автомобиль, «умный» беспилотный автомобиль и в целом «умные» виды транспорта. Стремительно развивается сегмент in vehicle infotainment – автомобильные информационно-развлекательные системы.

Перспективным трендом является развитие indoor-навигации (навигации внутри помещений) и, в целом, сквозной (бесшовной) навигации, когда пользователь уже не замечает, какая технология работает внутри помещения, а какая снаружи, имея при этом надёжное навигационное решение. «При этом спутниковая навигация, как составная часть сервисов на основе определения местоположения (LBS), будет продолжать развиваться и совершенствоваться во всём прогрессивном мире наряду с развитием других методов позиционирования – навигации по маякам ближнего радиу-

са действия и точкам доступа, инерциальных систем определения местоположения, триангуляции по сотовым вышкам и прочие», – отмечает **Игорь Кузнецов**, технический директор международных проектов НП «ГЛОНАСС».

По словам **Василия Шпака**, генерального директора АО «НИИМА «Прогресс», в ближайшие 2–5 лет основными драйверами мирового развития навигационной отрасли станут повсеместное использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), развитие беспилотной автомобильной индустрии и робототехники в целом в интересах массового потребителя. При этом эксперт отмечает основную проблему развития навигационного рынка для российских предприятий такую, как недостаток инвестиций в разработку конкурентоспособной российской продукции для продажи на мировом навигационном рынке.

Необходимо отметить, что на сегодняшний день существуют сложности с внедрением одной из трендовых технологий v2x (обобщённое название технологий автономного взаимодействия между участниками дорожного движения и дорожной инфраструктурой: v2i – vehicle-to-infrastructure, v2v – vehicle-to-vehicle, v2p – vehicle-to-pedestrian и др.). Эксперты отмечают, что пока в России этой теме уделяется недостаточное внимание, а проекты по теме v2x активно не реализуются.

В области разработки потребительских навигационных устройств, как и в предыдущие годы, всё движется к мультисистемности. Полномасштабно функционирует российская спутниковая группировка ГЛОНАСС и американская GPS, активно развиваются китайская Beidou и европейская Galileo, активизировалось развитие индийской IRNSS.

Александр Соколов, заместитель директора по развитию НПП «ИТЭЛМА», так характеризует основные тенденции развития навигации: «Основная тенденция на ближайшие 2–5 лет, состоит в том, что навигационные приёмники станут мультисистемными – с поддержкой четырёх спутниковых систем, и более автономными – смогут определять координаты в помещениях, без видимости неба, а также увеличится их точность до десятков сантиметров, уменьшатся размеры, сократится потребление энергии. Это позволит встраивать их куда угодно как неотъемлемую часть экосистемы Интернета вещей».

Александр Соколов отметил, что сегодняшняя проблема отрасли состоит в том, что отсутствует законодательная база, регулирующая новые направления в отрасли «умное страхование», беспилотный транспорт, «умный город». По его оценке, это серьёзно сдерживает развитие отрасли.

Говоря о проблемах законодательной базы, стоит отметить непосредственную зависимость развития отрасли от этого аспекта. По словам **Андрея Платонова**, заместителя генерального директора навигационного холдинга «СпейсТим», развитие навигационных технологий в регионах, например, активно продолжается, но напрямую зависит от окончательного формирования нормативной правовой базы, в том числе от принятия новой редакции ФЗ «О навигационной деятельности», также от гармонизации региональных навигационно-информационных систем на основе ГЛОНАСС с федеральными проектами – системой экстренного реагирования при авариях ЭРА-ГЛОНАСС, системой взимания платы с автомобилей массой свыше 12 тонн и проектом «Безопасный город» (регион).

Для новых российских навигационных проектов рынок также открыт. Один из ярких примеров – конкурс навигационных стартапов.

Владимир Пучков, старший проектный менеджер кластера космических технологий и телекоммуникаций Фонда «Сколково», рассматривая навигационную отрасль, выделил два основных тренда. Во-первых, это комплексирование навигационных данных, полученных от различных источников: GNSS/RNSS, беспроводных сетей (Wi-Fi, BT, Zigbee), MEMS, магнитных полей. Второй тренд, только начинающий формироваться благодаря развитию таких рынков, как БПЛА, IoT, v2x и массовому применению технологий 3D лазерного сканирования, – это возможность выхода на новый уровень относительного и абсолютного позиционирования с использованием новых данных, получаемых от инфраструктуры: маяков BTLE, базовых станций высокоточной навигации, псевдоспутников, данных высокоточной 3D-картографии. По мнению эксперта, в ближайшие 5 лет должно произойти достаточное оснащение инфраструктуры, которое позволит сформироваться единому «полю» высокоточной навигационной информации, хотя бы на том же уровне качества и охвата, на котором сейчас доступен сигнал сотовой связи.

Владимир Пучков также обратил внимание на такую проблему российского рынка, как большой процент (95–99%) импортных или локализованных с применением импортных чипсетов навигационных модулей. Развитие рынка такое положение дел конечно не остановит, но экономический и научно-технический эффект от роста внутреннего навигационного рынка будет значительно скромнее.

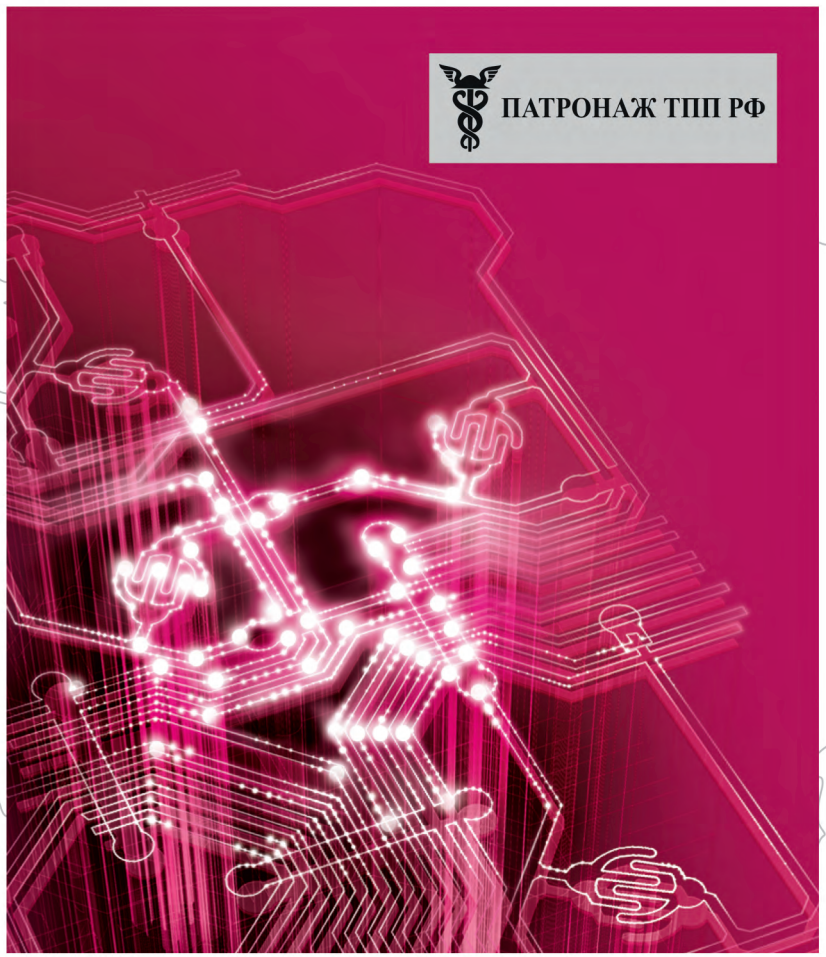
В целом, при рассмотрении рынка навигационных услуг эксперты отмечают, что главными игроками всё равно будут оставаться именно российские компании.

www.glonass-forum.ru,
www.navitech-expo.ru

В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ФОРУМА
«РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ. АВТОМАТИЗАЦИЯ»

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

XVI МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА



Реклама

- **Электронные компоненты**
- **Комплектующие**
- **Печатные платы**
- **Светотехника**
- **Материалы**
- **Конструктивы**
- **Технологии**
- **Промышленное оборудование и инструменты**
- **Контрольно-измерительные приборы и лабораторное оборудование**

Организатор выставки:

FarEXPO IFE
PROFESSIONAL EXHIBITION & CONGRESS ORGANIZER

www.farexpo.ru/radel
тел.: +7 (812) 777-04-07
radel2@farexpo.ru

Место проведения: Санкт-Петербург, ПСКК, пр. Ю. Гагарина, 8, м. «Парк Победы»

19-21 октября 2016

Санкт-Петербург, ПСКК

Юбилей журнала «ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес»

В этом году журналу «ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ» исполнилось 20 лет. Юбилей отметили внеочередной конференцией, посвящённой развитию электроники в России.

12 апреля 2016 года в Москве в РАН (Отделение нанотехнологий и информационных технологий) состоялась научная сессия «Электроника России: новые вызовы». Сессия и общественное обсуждение были приурочены к 20-летию журнала «ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ».

Научная сессия прошла в формате серии круглых столов под общей эгидой «Судьба электроники России». На мероприятии присутствовали и выступали ведущие специалисты академической науки, представители правительственных учреждений (Минпромторг), руководители государственных радиоэлектронных предприятий, частных фирм.

С приветственным словом к собравшимся обратился главный редактор журнала «ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес» академик *Александр Сергеевич Сигов*. Он поделился с аудиторией своим видением и перспективами развития электроники России, отметив важность тщательной подготовки специалистов и необходимость организации новых производств.

Затем с докладом выступил заместитель Департамента радиоэлектронной промышленности (Минпромторг) *Павел Павлович Куцько*, чей доклад был посвящён программно-целевым документам развития отечественной радиоэлектронной промышленности. Он рассказал о важности выполнения госпрограммы, которая заключается в повышении эффективности, конкурентоспособности и технологического уровня электронной и радиоэлектронной промышленности в интересах социально-экономического развития Российской Федерации.

Вопросы развития российской радиоэлектроники раскрыл в своём выступлении заместитель генерального директора по стратегическому развитию, реализации государственных программ АО «Росэлектроника» *Арсений Валерьевич Брыкин*. Его доклад был посвящён проблемам унификации при применении и импортозамещении электронных компонентов.

Продолжил и актуализировал тему важности унификации доктор технических наук *Евгений Сергеевич Горнев*. Его доклад так и назывался: «Проблемы унификации электронной компонентной базы».

Директор ИРЭ РАН, академик *Юрий Васильевич Гуляев* уделил особое внимание наиболее приоритетным направлениям развития электроники – вакуумной электронике и СВЧ.

О современном состоянии и перспективах развития терагерцовой электроники рассказал директор ИСВЧПЭ РАН *Пётр Павлович Мальцев*.

С интересным докладом выступил *Сергей Владиленович Щербаков* (АО «НПП «Исток»»). Он не только обрисовал перспективы развития СВЧ-электроники в России, но и выступил с конкретными предложениями к представителям Минпромторга.

Виктор Алексеевич Быков (НТ-МДТ, Нанотехнологическое общество России) в своём выступлении остановился на развитии отечественного научного приборостроения. Он показал возможности отечественных разработок и обозначил основные проблемы.

Приборную тему продолжила *Галина Владимировна Смирнова* (генеральный директор представительства Keysight Technologies в России). Её доклад был посвящён импортозамещению в российской электронной промышленности. Как ни странно, но благодаря оборудованию и приборам этого известного бренда можно повысить эффективность проектирования и производства РЭА.

Александр Сергеевич Сигов

Павел Павлович Куцько

Арсений Валерьевич Брыкин

Евгений Сергеевич Горнев

Юрий Васильевич Гуляев

Сергей Владиленович Щербаков

Виктор Алексеевич Быков

Галина Владимировна Смирнова

Борис Николаевич Авдонин

В своём докладе Леонид *Александрович Моргун* (Таврида-М) рассказал о проектировании систем в корпусе для ответственных применений. Презентация сопровождалась иллюстрациями, которые вызвали интерес у аудитории.

Подводя итоги научной сессии с заключительным словом выступил *Борис Николаевич Авдонин* (ЦНИИ «Электроника»). Он призвал собравшихся обратить внимание на важность развития не только военной, но и гражданской электроники.

Оживлённая дискуссия во время сессии выявила главные проблемы современной российской электроники: необходимость развития импортозамещения, создание единой электронной компонентной базы и согласованность работы всех участников производства – от проектировщиков и конструкторов до конечного потребителя.

РОССИЙСКИЙ БРЕНД
ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

ProVS®

Обнаружить. Распознать. Предупредить.

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

- ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ
- БИЗНЕС-ЦЕНТРЫ
- ТРАНСПОРТ
- СИСТЕМЫ «БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД», «УМНЫЙ ДОМ»

- Комплексные программно-аппаратные решения любой сложности
- IP-видеокамеры любых типов и исполнений
- Видеорегистраторы IP и гибридные
- Аналоговые видеокамеры и регистраторы
- Видеорегистраторы специализированные
- Видеорегистраторы на базе промышленных компьютеров AdvantiX, Advantech, MEN
- Периферийные устройства и аксессуары, коммутаторы
- Программное обеспечение

ProSoft® 25 лет

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

Реклама

Выставка
ЭЛЕКТРОНИКА
Урал

Идеальный контакт

«ЭЛЕКТРОНИКА—Урал 2016»

II Международная специализированная выставка

8–10 ноября
Екатеринбург, ЦМТЕ

Реклама

Проходит одновременно с выставкой «Передовые Технологии Автоматизации. ПТА-Урал 2016»

Тематика выставки

- Электронные компоненты и комплектующие
- Источники питания
- Программное обеспечение и услуги
- Оборудование и технологии для производства электроники

В деловой программе

- Электронные компоненты и технологии
- Промышленная электроника

www.pta-expo.ru/ural/electronics

Организатор:
Экспоэлектроника

Екатеринбург Тел. +7 (343) 376-24-76 • info@pta-expo.ru
Москва Тел. +7 (495) 234-22-10 • info@pta-expo.ru

Доломант

Производство электроники ответственного применения
для сложных условий эксплуатации

www.FACTORY.DOLOMANT.RU

СОВРЕМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО –
универсальный инструмент для индивидуальных проектов

- **15 лет импортозамещения:** контрактное производство в России на европейском уровне
- **Весь цикл производства:** от образцов и макетов изделий до серийной партии, от модуля до блока
- **Полный комплекс услуг:** участие в ОКР, поддержание склада для серийных программ, сервисное обслуживание, все виды работ по стандартам ГОСТ, ОСТ и рекомендациям IPC

ИМПОРТОЗА- и СОВМЕЩЕНИЕ ГОСТ, ОСТ, рекомендации IPC

(495) 739-07-75 product@dolomant.ru www.dolomant.ru

Реклама