

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

WWW.SOEL.RU

4

2020

ОСТАВАЙТЕСЬ ДОМА —
ЧИТАЙТЕ ЭЛЕКТРОННУЮ ВЕРСИЮ



В номере:

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ
КОНФИГУРАЦИИ САПР

ЛАЗЕРНАЯ ГРАВИРОВКА
ДЛЯ МАРКИРОВАНИЯ ЭК

ОЦЕНКА СИЛОВОГО ПРИБОРА МЕТОДОМ
ДВУХИМПУЛЬСНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЯЕМОГО ДЖИТТЕРА
ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОМЕХОЭМИССИИ

ПОИСКОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ
ФАЗОВЫХ КОРРЕКТОРОВ

ИННОВАЦИИ
«ТЕРРИТОРИИ NDT 2020»

и многое другое...



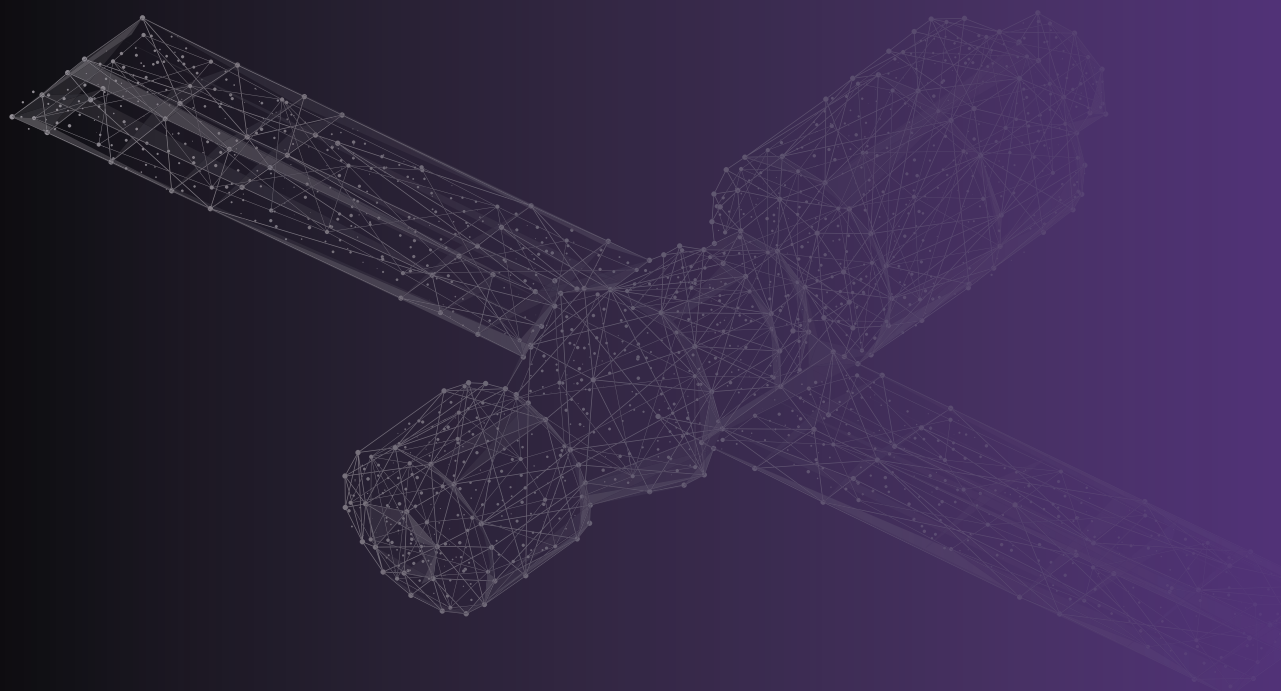
App Store



Google Play



Поверьте и настройте Ваши СИ в ЦСМ **Keysight**



Ваши технические системы, критически важные для решения ответственных задач, должны обеспечивать безотказную работу в любых условиях. Именно поэтому Центр Сервиса и Метрологии Keysight получил аккредитацию на право поверки СИ и готов обеспечивать комплексное ТО измерительных приборов Keysight, Agilent, HP.

Оригинальные запчасти, автоматизированные ПО для проведения полного тестирования, калибровки и настройки СИ по методике завода-изготовителя, опытный персонал - все это позволяет выполнять полное обслуживание СИ в соответствии с требованиями завода-изготовителя максимально качественно и в сжатые сроки. Будьте уверены в точности Ваших измерений и надёжности Вашей продукции!

Аттестат Аккредитации ООО «Кейсайт Текнолоджиз» (ЦСМ Keysight) на право поверки СИ № RA.RU.310579 от 02.02.2015

80
лет

опыта в электронных
измерениях

50
лет

сотрудничества и
инноваций в России

www.keysight.com/find/poverka

 **KEYSIGHT**
TECHNOLOGIES

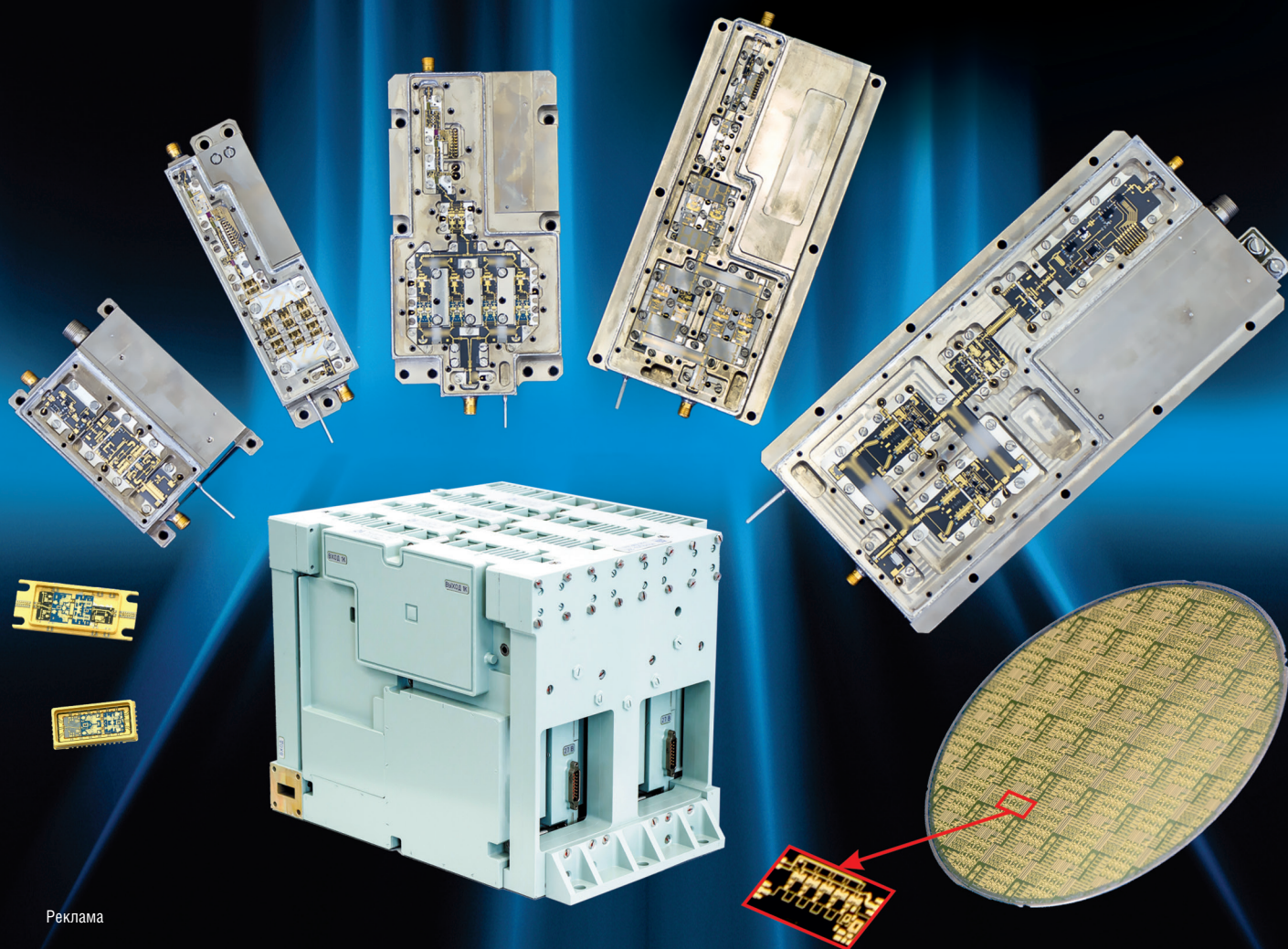


ИНТЕЛЛЕКТ. КАЧЕСТВО.

АО «МИКРОВОЛНОВЫЕ СИСТЕМЫ»
Москва, Щелковское шоссе, д.5, стр.1
Тел. (499) 644-21-03, (499) 644-25-62
(многоканальный)
Факс +7(499) 644-19-70
E-mail: mwsystems@mwsystems.ru
www.mwsystems.ru

- СОВРЕМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ТЕХНОЛОГИИ
- ОПТИМАЛЬНОЕ СООТНОШЕНИЕ ЦЕНА/КАЧЕСТВО
- ПОЛНЫЙ СПЕКТР УСЛУГ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ПРОИЗВОДСТВУ МОНОЛИТНЫХ И ГИБРИДНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ, ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ, МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВЧ-УСТРОЙСТВ И БЛОКОВ РЭА (0,3 - 22 ГГц)

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «МИКРОВОЛНОВЫЕ СИСТЕМЫ»



MARKET

4 Russian Market News

12 Cadence Allegro CAD Configuration Recommendations

Alexander Akulin

TOOLS AND EQUIPMENT

18 The Laser Engraving Features for Marking Electronic

Components and Modules

Evgeny Denisenko

MODERN TECHNOLOGIES

24 RFID: There is a Place for Everything

Maxim Selivanov

26 The Use of UV-Curable Protective Coatings to Increase Production

Speed and Product Quality in the Electronics Industry

Sergey Makhhlakov

DEVICES AND SYSTEMS

34 Evaluating Power Device Efficiency With Double Pulse

Testing Using an AFG

Andrea Vinci

DESIGN AND SIMULATION

42 Controlled Jitter in Digital Systems and Experimental Evaluation of its

Effectiveness to Reduce Electromagnetic Emission

Nikolay Lemeshko, Pavel Strunin

52 Search Engine Design for Digital Phase Corrector

Vladimir Bugrov, Ivan Vorobyov

60 Design for Manufacturing (DFM)

Part 3. Preparation of the Design Strategy for the Board Assembly

Igor Zyrin, David Marrakchi

66 How to Create an Application Program for Altium Designer?

Vadim Ivanov, Dmitry Chaykin, Alexey Krasilnikov, Ilya Levin

PAGES OF HISTORY

72 A Hero of Our Time: Dedicated to the 90th Anniversary of the Nobel

Laureate and Academician Z.I. Alferov

Vladimir Bartenev

EVENTS

78 Innovations of the tradeshow "Territory NDT 2020"

Журнал «Современная электроника»

Издаётся с 2004 года

Главный редактор А.А. Смирнов

Заместитель главного редактора Д.А. Трофимов

Редакционная коллегия А.Е. Балакирев, В.К. Жданкин,

С.А. Сорокин, Р.Х. Хакимов

Верстка А.М. Бабийчук

Обложка Д.В. Юсим

Распространение С.Ю. Чепурова (info@soel.ru)

Реклама И.Е. Савина (advert@soel.ru)

Учредитель и издатель ООО «СТА-ПРЕСС»

Генеральный директор К.В. Седов

Адрес учредителя и издателя:

117279, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 108, пом/ком/эт 1/67/тех

Почтовый адрес: 119313, Москва, а/я 26

Тел.: (495) 232-0087 • Факс: (495) 232-1653

info@soel.ru • www.soel.ru

Производственно-практический журнал

Выходит 9 раз в год. Тираж 10 000 экз. Цена свободная

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 г.)

Свидетельство № 00271-000 о внесении в Реестр надёжных партнёров ТПП РФ.

Отпечатано: ООО «МЕДИАКОЛОР».

Адрес: Москва, Сигнальный проезд, 19, бизнес-центр Вэлдан

Тел./факс: (499) 903-6952

Перепечатка материалов допускается только с письменного

разрешения редакции. Ответственность за содержание

рекламы несут рекламодатели. Ответственность за

содержание статей несут авторы. Материалы, переданные

редакции, не рецензируются и не возвращаются. Мнение

редакции не обязательно совпадает с мнением авторов.

Все упомянутые в публикациях журнала наименования

продукции и товарные знаки являются собственностью

соответствующих владельцев.

© СТА-ПРЕСС, 2020

ПОДПИСКА

Концепция распространения журнала –

БЕСПЛАТНАЯ ПОДПИСКА ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ.

Предусмотрена подписка на печатную или электронную

версию журнала. Условие сохранения такой подписки –

своевременное её продление каждый год.

ПЛАТНАЯ ПОДПИСКА С ГАРАНТИРОВАННОЙ ДОСТАВКОЙ

Преимущества:

- гарантированная доставка журнала, тогда как при бесплатной подписке редакция гарантирует только отправку, но не доставку журнала;
- подписка доступна любому желающему по всему миру.

ОФОРМЛЕНИЕ ПЛАТНОЙ ПОДПИСКИ

В любом почтовом отделении России,

подписное агентство «Роспечать»:

Тел.: (495) 921-2550.

Индексы на полугодие – 46459, на год – 36280.

Подписное агентство «Урал-Пресс»:

Тел.: (499) 700-0507 • http://www.ural-press.ru

СОДЕРЖАНИЕ 4/2020

РЕКЛАМОДАТЕЛИ

ABEBA	23
AdvanteX	51
EREMEX (Delta Design)	21
Grayhill	59
ICAPE Group	4, 22
Innodisk	74
JTAG	33
Keysight Technologies	2-я стр. обл.
Litemax	11
Raystar	10, 11
RF Core	58
TDK-Lambda	80
Tektronix	7, 37
XP EMC0	57
XP Power	8, 75
АРБЕЛОС	19
ВЗПП-С	9, 40
Главкон	5, 67
ДиОД	5
Компонента	8, 71
Конференция ЭМС	31
Микроволновые Системы	1
Микроволновая Электроника	7, 32
МОРИОН	11
Мэдрик Кристалл	9
ПРОТЕХ	27
ПСБ СОФТ	5, 13
Роде и Шварц	4-я стр. обл.
РТСофт	6
ТАИР	7, жёсткая вклейка
ТЕСТПРИБОР	69
ЭЛЕКОНД	10
ЭЛМ (ALTIUM)	4, 61
ЭРКОН	10, 41

РЫНОК

- 4** Новости российского рынка
- 12** Рекомендации по выбору конфигурации САПР Cadence Allegro
Александр Акулин

ИНСТРУМЕНТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

- 18** Особенности применения лазерной гравировки для маркирования электронных компонентов и модулей
Евгений Денисенко

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 24** RFID: всему своё место
Максим Селиванов
- 26** Использование защитных покрытий с УФ-отверждением для повышения скорости производства и качества продукции в электронной промышленности
Сергей Махлаков

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- 34** Оценка эффективности силового полупроводникового прибора методом двухимпульсного тестирования
Андреа Винчи

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 42** Управляемый джиттер в цифровых системах и экспериментальная оценка эффективности его использования для снижения помехозащиты
Николай Лемешко, Павел Струнин
- 52** Поисковое проектирование цифровых фазовых корректоров
Владимир Бугров, Иван Воробьёв
- 60** Проектирование для производства (DFM)
Часть 3. Подготовка стратегии конструирования печатного узла
Игорь Зырин, Дэвид Марракчи
- 66** Как создать прикладную программу для Altium Designer?
Вадим Иванов, Дмитрий Чайкин, Алексей Красильников, Илья Левин

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

- 72** Герой нашего времени: к 90-летию Нобелевского лауреата и академика Ж.И. Алфёрова
Владимир Бартенев

СОБЫТИЯ

- 78** Инновации «Территории NDT 2020»

Новости российского рынка

РЫНОК

АЙКЕЙП ГРУПП РАСШИРЯЕТ СВОЙ РЫНОК В СТРАНАХ СНГ

Переехав в новый офис в 2019 году, АЙКЕЙП РУС продолжает развивать бизнес и расширять своё присутствие на территории стран Содружества Независимых Государств.

15 лет назад компанией АЙКЕЙП ГРУПП был реализован проект по выходу на российский рынок электроники. Уверенный рост объёмов и расширение географии поставок поставили вопрос о необходимости учреждения представительства компании в Российской Федерации. В 2013 году в Москве был открыт офис компании АЙКЕЙП РУС.

В течение этих лет АЙКЕЙП РУС демонстрирует устойчивый рост товарооборота, значительное расширение номенклатуры поставок и постоянную работу над улучшением качества сервиса.

2019 год стал для АЙКЕЙП ГРУПП одним из самых успешных. Годовой доход достиг рекордных \$140 млн, а объём товарооборота составил 27 млн электронных печатных плат в месяц. Таким достижением АЙКЕЙП ГРУПП во многом обязана росту именно российского рынка.

«Такой значительный показатель во многом стал возможен благодаря талантливым менеджерам, присоединившимся к нашей команде в течение прошлого года, а также парт-

нёрскому слиянию российского офиса с бизнес-партнёрами в Гонконге. Двукратное увеличение объёмов продаж обеспечило выход за пределы российского рынка и укрепление присутствия АЙКЕЙП РУС на территории Белоруссии и Казахстана. Мы очень оптимистично настроены и мотивированы сохранить этот результат, который строится также и на доверии наших клиентов, за что мы им очень благодарны», — прокомментировал Йоанн Винсент, генеральный директор АЙКЕЙП в России.

После многообещающего начала 2020 года вспышка коронавируса в Китае стала одним из главных вызовов для мировой экономики.

«Китай по праву считается фабрикой мира и наш рынок электронных товаров уже ощутил на себе пагубное влияние этого кризиса. Компания АЙКЕЙП ГРУПП незамедлительно отреагировала на угрозу и предприняла все меры предосторожности, которые позволили создать безопасные условия труда для 210 наших коллег в офисном центре в Китае, а IT-команда обеспечила возможность удалённой работы с целью минимизации негативных последствий кризиса для наших клиентов.

Мы благодарим всех наших клиентов и партнёров со всего мира, которые оказали нам неоценимую моральную поддержку, проявили участие и также отправили защитные маски в сервисный центр в Китае.



Это большая трагедия, но мы стараемся сделать всё возможное, чтобы помочь нашим клиентам преодолеть этот кризис с минимальными потерями. Мы очень гордимся нашими клиентами и благодарим их за поддержку», — прокомментировал ситуацию Сирил Кальвиньяк, исполнительный директор АЙКЕЙП ГРУПП.

Несмотря на сложную ситуацию в Китае, АЙКЕЙП ГРУПП обеспечивает исполнение заказов в течение 5–6 недель благодаря 75 заводам-партнёрам в азиатском регионе.

На сегодняшний день компания АЙКЕЙП ГРУПП насчитывает 1700 клиентов, и это позволяет оставаться главным игроком на рынке электронной промышленности.

По всем интересующим вопросам обращайтесь в российский офис компании ICAPE по телефону 8 (495) 668-11-33 или e-mail: order@icaperussia.com.

АКЦИЯ

Воспользуйтесь уникальными условиями на обновление до Altium Designer 20!

Компания Altium, ведущий мировой разработчик в области проектирования электронных устройств, и ООО «ЭЛМ», официальный дистрибьютор компании Altium на территории Российской Федерации, предлагают воспользоваться специальным предложением по переходу на актуальную версию Altium Designer 20.

В Altium Designer 20 добавлены новые инструменты, расширяющие возможности проектирования печатных плат: трассировка под произвольным углом, новые правила проектирования, новое ядро моделирования смешанных аналого-цифровых цепей, динамическая компиляция схемотехнического редактора и многое другое.

ALTium DESIGNER20

НОВЫЙ. БЫСТРЫЙ. УДОБНЫЙ.

ELM Electronics Lifecycle Management

Если вы являетесь пользователем старых версий Altium Designer, спешите воспользоваться специальным предложением и обновите имеющееся ПО до актуальной версии Altium Designer со скидкой более 20%!

В рамках поставки вы гарантированно получаете:

- техническую поддержку и обновление Altium Designer до 30.06.2021;
- будущий релиз Altium Designer 21;

- бесплатное однодневное обучение в офисах компании Altium в России.

Предложение действительно до 26 июня 2020 года.

Подробную информацию об Altium Designer и специальных предложениях можно получить на официальном сайте <https://www.altiumdesigner-20.ru>, а также отправив запрос по адресу vad@elm-c.ru или позвонив по телефону +7 (495) 005-5145.

НОВЫЕ ПРОМО-АКЦИИ ORCAD ДЛЯ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И СТАРТАПОВ

Компания Cadence Design Systems и её официальный партнёр ООО «ПСБ СОФТ» объявили о действии специальной программы скидок для стартапов и малых предприятий.

САПР печатных плат Cadence Allegro/OrCAD, которую успешно используют многие ведущие мировые производители электроники, теперь стала более доступной для российских малых предприятий. Интерес представляет не только радикальное снижение цены на базовые конфигурации, но и повышение их функциональных возможностей.

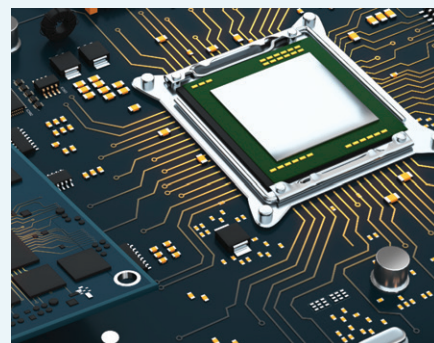
В конфигурацию **OrCAD Standard** на базе Allegro (промо-цена 55 тыс. руб.) добавлены функции, позволяющие выполнять разработку проектов практически любой сложности, если они не требуют выравнивания

длины сигналов или задержек:

- количество цепей, компонентов, слоёв — без ограничений;
- базовый симулятор схем PSpice;
- анализ технологичности DFM и DFA;
- дифференциальные пары и расчёт импеданса;
- автоматический фанат;
- автоматическая прокладка трасс;
- возможна поддержка ГОСТ и импорт из P-CAD.

Конфигурация **Professional** (промо-цена 225 тыс. руб.) при апгрейде из OrCAD Standard включает в себя более продвинутые функции из Allegro PCB Designer:

- автокопирование фрагментов;
- автотрассировка;
- создание матч-групп DDR и выравнивание задержек;
- анализ и контроль целостности сигналов.



Конфигурация Allegro + High Speed Option также предлагается со специальной скидкой.

Программа действует на протяжении 2020 года и содержит дополнительные промо-цены для перехода со старых версий OrCAD и других САПР на версию Allegro/OrCAD 17.2 или 17.4. Для уточнения цен обращайтесь на info@pcbsoftware.com.

www.pcbsoft.ru

Тел.: +7 (800) 550-8355

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Главкон совместно с АО «НИИ ТМ» успешно запустил в промышленную эксплуатацию интеграционное решение Altium Designer и Windchill PDM v 3.0

Научноёмкое предприятие требует применения передовых CAD/CAM/CAE-систем разработки конструкторской, схмотехнической, технологической документации. Такими САПР в «НИИ ТМ» стали системы Creo и ECAD-система от Altium Designer. В рамках PLM-проекта реализована интеграция Windchill с ECAD Altium Designer, а также разработан ряд собственных дополнительных функциональных модулей.

Системы Altium Designer и Windchill PDM работают на предприятии с 2009 года, на данный момент используются:

- Altium Designer 20;
- Windchill PDM 10.2.

В новой версии интеграции был автоматизирован механизм подготовки документации для производства печатной платы и монтажа электронных компонентов. Изменение процесса связано с запуском новой монтажной линии Puma4 essemtec, покупка которой стала необходимой для наращивания мощностей предприятия. Также автоматизации подвергся ряд новых документов, таких как таблицы соединений и кабелей. Изменения коснулись и управления библиотеки ЭРИ, переработан подход к изменению компонентов.

Компания Altium совместно с Главкон провела на территории АО «НИИ ТМ» мастер-класс «Моделирование электрических цепей в Altium Designer». Меропри-



тие вызвало интерес к моделированию схем с использованием инструментов, предлагаемых Altium, что также повлияло на процесс согласования и хранения компонентов в связи с появлением Spice-моделей. Эти механизмы были учтены в новой версии интеграции Altium Designer с Windchill PDM.

www.glavkon.com

Тел.: +7 (812) 922-2898

НПО ДиОД представляет антистатическую обувь Абеба в России

Компания Abeba является одной из крупнейших и самых современных обувных компаний в Европе с клиентами в более чем 30 странах. Благодаря отлаженному производству, огромному складу и грамотно выстроенной логистике Abeba может в минимальные сроки удовлетворить пожелания заказчиков, в том числе и из России.

Философия Abeba — понимание и уважение к человеку и его индивидуальным потребностям в повседневной профессиональной жизни. Abeba постоянно разрабатывает новые модели профессиональной и защит-

ной обуви. Обувь **Abeba** — это оптимальная защитная функция, здоровый климат для ног и наилучший комфорт изо дня в день.

НПО ДиОД, занимающееся комплексным оснащением предприятий радиоэлектронной промышленности, официально представляет компанию Abeba в России и приглашает посетить центральный демонстрационный зал, где кроме антистатической одежды, промышленной и антистатической мебели ТМ Москвичка, широкого спектра антистатической продукции представлено более 40 моделей защитной и антистатической обуви производства компании АБЕБА. Сабо, кроссовки, туфли, ботинки и полуботинки, обувь с защитным подноском и антистатические женские туфли на каблу-



ках представлены в демонстрационном зале НПО ДиОД по адресу: г. Москва, ул. Новгородская, д. 1. Приходите и сами убедитесь в качестве немецкой обуви.

Перед посещением демонстрационного зала необходимо согласовать время приезда с менеджером по телефону +7 (495) 150-5317.

<https://npo-diod.com>

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПЛАТФОРМ «РТСофт» НА ВЫСТАВКЕ EMBEDDED WORLD – 2020: КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫЙ ПРОДУКТ МИРОВОГО КЛАССА

В феврале 2020 года на международной выставке Embedded World (Нюрнберг, Германия) специалисты АО «РТСофт» продемонстрировали новое поколение встраиваемых безвентиляторных компьютерных платформ серий BLOK и BLOK-S.

На момент проведения выставки показанные командой «РТСофт» российские серийные разработки в классе Embedded BoxPC SWaP-C Premium являются наиболее современными и мощными безвентиляторными компьютерами в мире, способными функционировать в температурном диапазоне от –40 до +70°C. Кроме «РТСофт», ни одна из профильных мировых компаний не показала серийной техники аналогичного класса на базе новейших поколений мобильных микропроцессоров Intel с архитектурой Coffee Lake Refresh и Whiskey Lake.

Профессиональные платформы BLOK и BLOK-S – это продвинутая серия масштабируемых средне- и высокопроизводительных компьютеров для промышленных, транспортных, телекоммуникационных и иных ответственных приложений, критичных к надёжности и функционалу.

BLOK – это платформы в 19-дюймовом форм-факторе 1U. Разрабатываются и производятся на нормативной базе атомной энергетики (BLOK Industrial) и ГОСТ РВ (BLOK Rugged).

BLOK-S – это серия ультракомпактных BoxPC на нормативной базе ГОСТ РВ для групп 1.x и 2.x.



Линейки BLOK – успешные серийные отечественные платформы, построенные на базе открытого международного стандарта PICMG COM Express с полным комплектом конструкторской документации и высоким уровнем сертификационной поддержки: ISO9001-2015, Таможенного союза, СТ1 ТПП РФ, с лицензиями Минпромторга, Ростехнадзора, ФКА РФ и др.

Главный принцип проектирования линеек BLOK и политики импортозамещения АО «РТСофт» – следование лучшим и устойчивым мировым компьютерным стандартам открытого типа на базе наиболее востребованных в мире микропроцессоров.

Показанные на Embedded World новые поколения BLOK выполнены на самых современных встраиваемых мобильных микропроцессорах Intel:

1. BLOK: Coffee Lake Refresh 9th Xeon E/i7, 6 ядер, 64 ГБ DDR4 2666;
2. BLOK-S: SoC Whiskey Lake 8th i7, 4 ядра, 32 ГБ DDR4-2666.

Все линейки BLOK обладают исчерпывающими сетевым, дисковым и мультимедийным функционалами, отличными показателями энергоэффективности и надёжности, гарантируют максимальную совместимость со всем спектром современного системного программного обеспечения класса Linux, Windows, OCPB и гипервизоров. Испытания подтвердили корректную работу новейших версий BLOK с актуальными версиями лучших отечественных операционных систем: Astra Linux SE 1.6, ЗОСРВ «НЕЙТРИНО», «Альт 8 СП» и LICS 1000.

Важнейший показатель платформ серий BLOK – цена. Она существенно ниже цены схожих по классу продуктов, производимых в странах Евросоюза, США и Юго-Восточной Азии. Гарантия на BLOK – от 3 до 7 лет.

«Нам приятно, что отечественные компьютерные платформы BLOK нового поколения высоко оценены профессиональным сообществом в рамках EW'2020. Наши российские и зарубежные клиенты могут быть абсолютно уверены: «РТСофт» поставяет не только конкурентоспособный топовый продукт мирового класса, но и является надёжным профессиональным партнёром, обеспечивающим удобный сервис поставки, технической поддержки и рекордно длительную гарантию», – утверждает директор по развитию бизнеса «РТСофт» Александр Ковалёв.

Дополнительную информацию о линейках BLOK можно получить в офисах группы компаний «РТСофт» или на сайте <http://blok.rtsoft.ru/>.



ЦИФРОВЫЕ МУЛЬТИМЕТРЫ

Компании Keithley и Tektronix выпускают широкий ассортимент настольных, системных и многоканальных цифровых мультиметров, отвечающих



любым контрольно-измерительным требованиям.

В чём бы ни нуждались разработчики – в базовом мультиметре для лаборатории, быстром и точном мультиметре для измерения параметров компонентов, модулей или изделий в сборе, для производственного тестирования или многоканальных измерительных систем для климатических испытаний – специалисты Tektronix помогут, предложив широкий выбор этих приборов. Выберите простой или многока-

нальный цифровой мультиметр с функцией регистрации данных, который отвечает всем сегодняшним и завтрашним требованиям.

Основные характеристики цифрового мультиметра DMM6500:

- 5-дюймовый (127 мм) сенсорный экран;
- чувствительность 100 нВ, 1 мкОм, 10 пА и 0,1 пФ;
- частота дискретизации 1 Мвыб./с.

ru.tek.com

Тел.: +7 (495) 664-7564

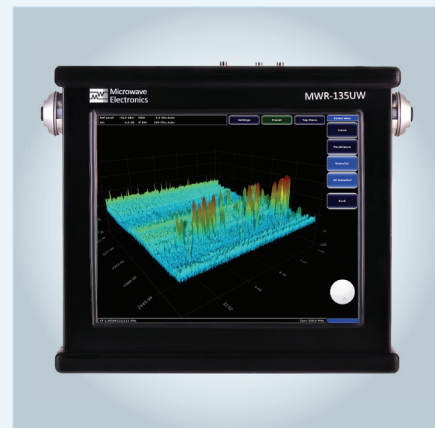
Новая опция измерительного приёмника MWR-135UW

Компания «Микроволновая Электроника» – ведущий российский разработчик прецизионного контрольно-измерительного оборудования, антенных систем и электронного оборудования повышенной сложности. В радиоприёмное устройство MWR-135UW была добавлена возможность отображения спектральных панорам реального времени в режиме 3D.

Измерительный приёмник **MWR-135UW** превосходит по своим техническим характеристикам существующие аналоги на российском рынке и является единственным в мире приёмником с 17" сенсорным дисплеем. Благодаря большому экрану и отображению спектральных панорам реального времени в режиме 3D можно подробно исследовать сигналы.

Основные преимущества измерительного приёмника MWR-135UW:

- полоса анализа спектра реального времени и демодуляции – 260 МГц;
- скорость сканирования до 58 ГГц/с;
- фазовый шум –140 дБн/Гц на отстройке 10 кГц от несущей 1 ГГц;
- чувствительность –166 дБм/Гц, динамический диапазон 153 дБ;
- полоса разрешения (RBW) 0,1 Гц;
- интерфейс вывода данных со скоростью 10 Гбит/с Ethernet SFP+ для передачи сигналов в режиме реального времени на устройство хранения или систему обработки;
- 17" графический сенсорный дисплей для подробного исследования сигналов;
- опция измерения фазовых шумов;
- опция DDR-памяти позволяет осуществлять регистрацию сигналов с широкой полосой;



- опция анализа спектра реального времени даёт возможность наблюдать сигналы сверхкороткой длительности до – 1 нс.

www.mwel.ru

Тел.: +7 (495) 137-5335

Коаксиально-волноводные переходы серии ADP3B

Компания «НПК ТАИР» предлагает коаксиально-волноводные переходы серии ADP3B собственного производства.

Серия **ADP3B** – это прямые переходы (end launch adapters), обладающие техническими характеристиками общепромышленного применения. Подобная конструкция упрощает присоединение переходов к измеряемому устройству и сокращает количество изгибов подводящих кабелей СВЧ при измерениях.

Область применения переходов охватывает процессы разработки, производства и проверки радиотехнических устройств и систем, включая обеспечение их работоспособности во время эксплуатации, в условиях промышленного производства, лабораторий и в полевых условиях. Переходы могут применяться во всех областях, где используются радиотехнические устройства и системы.

Основные выполняемые функции:

- соединение радиотехнических устройств между коаксиальным и прямоугольным волноводами;

- расширение функциональных возможностей измерительных приборов. Переходы могут применяться в составе таких приборов, как скалярные и векторные анализаторы цепей, синтезаторы частот, измерители коэффициента шума, анализаторы спектра и ваттметры СВЧ;
- переходы могут входить в состав запасных инструментов и принадлежностей устройств и систем.

На последнем этапе производства характеристики переходов, по согласованию с клиентом, могут быть измерены на векторном анализаторе цепей с выдачей сертификата заводской калибровки и файла с описанием частотных зависимостей коэффициентов передачи и отражения. Эти значения могут быть использованы при измерениях СВЧ-мощности, коэффициента шума и др.

Производитель предлагает следующую номенклатуру (см. табл.).

При разработке особое внимание было уделено унификации основных частей переходов, что позволило повысить стабильность получаемых характеристик и обеспечить постоянное наличие продукции на складе производителя.



Номенклатура коаксиально-волноводных переходов серии ADP3B производства «НПК ТАИР»

Наименование	XX – тип коаксиального соединителя	Диапазон частот, ГГц
ADP3B-35×15-XX	NM, NF, IIM, IIF, 35M, 35F, IXM, IXF	От 5,64 до 8,15
ADP3B-23×10-XX	NM, NF, IIM, IIF, 35M, 35F, IXM, IXF	От 8,15 до 12,05
ADP3B-16×8-XX	NM, NF, IIM, IIF, 35M, 35F, IXM, IXF	От 12,05 до 17,44
ADP3B-11×5.5-XX	35M, 35F, IXM, IXF, 29M, 29F	От 17,44 до 25,95
ADP3B-7.2×3.4-XX	29M, 29F, 24M, 24F	От 25,95 до 37,50

Подробное описание переходов представлено на сайтах «НПК ТАИР» (г. Томск) и ПЛАНАР (г. Челябинск).

<https://npktair.com>

<http://www.planarchel.ru>

XP POWER ПРЕДЛАГАЕТ 600-ВАТТНЫЕ ИП ДЛЯ ИТ, ПРОМЫШЛЕННОГО И МЕДИЦИНСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Компания *XP Power*, один из мировых лидеров в области разработки и производства источников питания для электронной промышленности, объявила о начале выпуска AC/DC серии **UCH600**.

Обеспечивающие выходную мощность 600 Вт при конвекционном охлаждении и разработанные для применений в оборудовании информационных технологий (ИТЕ), промышленных и медицинских электрических изделиях, новые ИП имеют подтверждения безопасности с двумя средствами защиты пациентов 2xMOPP между первичной и вторичной цепью, одним средством защиты пациентов 1xMOPP между первичной цепью и корпусом и одним средством защиты пациентов 1xMOPP между вторичной цепью и корпусом, что позволяет применять их в изделиях типа BF. Модули питания соответствуют требованиям стандарта IEC/UL/EN62368-1, обеспечивающего безопасность для оборудования информационных технологий и промышленного оборудования.

Конструкция ИП серии UCH600 с конвекционным отводом тепла является идеально применимой для безвентиляторных силовых решений, устраняя акустический шум. Наряду с этим очень низкий уровень электромагнитных помех и высокий КПД обеспечивают простую интеграцию в конечное оборудование.

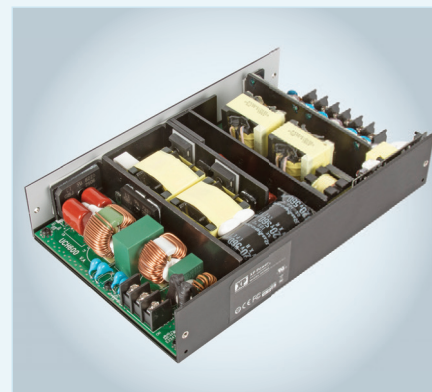
Предоставляется выбор из четырёх выходных каналов питающего напряжения постоянного тока: 12 В (50 А), 24 В (25 А), 36 В (16,6 А) и 48 В (12,5 А). Поддерживается режим холостого хода, каждый модуль так-

же имеет дополнительный выходной канал 5 В / 1 А для обеспечения дежурного режима и выходной канал 12 В / 0,6 А для питания охлаждающего вентилятора. Электрическая прочность изоляции между первичной и вторичной цепями составляет 4000 В, между первичной (вторичной) цепью и корпусом – 1500 В. Все модели имеют универсальный диапазон входного напряжения – от 90 до 264 В, без понижения выходной мощности при пониженном входном напряжении. Фазный и нейтральный провода защищены предохранителями F12 А / 250 В.

Типичное значение тока утечки на пациента – 50 мкА. Ток утечки на корпус имеет типичное значение 80/140 мкА при входном напряжении 115/230 В. КПД до 95% обеспечивается при входном напряжении 230 В и полной нагрузке с удельной мощностью 9,5 Вт/дюйм³. Вход дистанционного управления включением/выключением (On/Off) обеспечивает управление основным выходным каналом и уменьшает входную мощность до 1,5 Вт (когда команда активирована). Все модели оснащены защитами от короткого замыкания, перенапряжения, перегрузки по току и перегрева.

Диапазон рабочих температур от –20 до +70°C. Полная мощность обеспечивается в диапазоне –20...+50°C. Среднее значение времени между отказами (MTBF) составляет более 300 000 ч, оно рассчитано по стандарту MIL-HDBK-217F для температуры +25°C в стационарном наземном оборудовании. Габаритные размеры П-образного корпуса 127×76,2×40 мм, вес 1,1 кг.

Модули питания серии UCH600 соответствуют требованиям следующих стандартов: EN55011/EN55032 Class B по уровню генерируемых кондуктивных помех и помех



излучения; IEC 60601-1-2 издание 4 2014 по стойкости медицинского оборудования к электромагнитным помехам и EN61204-3 по стойкости ИТЕ к воздействию импульсных помех. Обеспечение безопасности гарантируется соответствием требованиям стандартов: CB IEC60950-1, IEC62368-1 (ИТЕ); UL60950-1, UL62368-1 (ИТЕ); CB EN60601-1 (мед.); UL ES60601-1 и CSA22.2 No. 60601-1:08 (мед.); UL ES60601-1 (мед.) и TUV EN60601-1 (мед.).

Применяемые в медицинских изделиях типа BF с низким уровнем акустических шумов, представленные источники питания, благодаря конвекционному охлаждению, являются идеальными для оборудования медицинского обслуживания на дому, прикроватного оборудования для текущего наблюдения за пациентом, диагностики, томографии, инфузионных насосов и оборудования для диализа. ИП серии UCH600 могут применяться для устройств робототехники, телекоммуникационного, контрольно-измерительного и оборудования передачи данных.

www.prochip.ru

Тел.: (495) 232-2522

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

Монохромный круглый ГРАФИЧЕСКИЙ COG STN-дисплей Raystar

Компания Raystar выпустила монохромный круглый графический COG STN-дисплей с разрешением 128×128 пикселей.

Данный дисплей имеет встроенный ST75161 контроллер (IC) с поддержкой интерфейсов: параллельного 6800/8080 8-бит, I²C и 3-/4-жильного SPI-интерфейса.

Ориентация угла смещения 06:00 часов.

Напряжение питания дисплея – 2,7...3,3 В (оптимальное значение 3 В).

Рабочая температура модуля от –20 до +70°C. Температура хранения от –30 до +80°C.

Основные характеристики:

- разрешение экрана: 128×128 пикселей;
- габаритные размеры: 55,0×57,0×6,18 мм;
- видимая область экрана: 42,0×42,0 мм;
- активная область экрана: 44,0×44,0 мм;
- размер точки: 0,308×0,308 мм;
- шаг точки: 0,310×0,310 мм;
- Duty: 1/136 DUTY, 1/12 BIAS;
- тип ЖК-дисплея: для модели RX128128A-FHW – FSTN Positive Transflective, для модели RX128128A-DIW – FSTN Negative (Double film) Transmissive;
- тип подсветки: LED.

В настоящее время **RX128128A** доступен в двух вариантах: «негативный FSTN с двойной плёнкой» и «позитивный FSTN» с белой LED-подсветкой.



Если вас заинтересовала данная модель, а нужна версия с подсветкой другого цвета, пожалуйста, свяжитесь со специалистами АО «Компонента».

www.komponenta.ru

Тел.: (495) 150-2-150

НПК ТАИР

КОАКСИАЛЬНО-ВОЛНОВОДНЫЕ ПЕРЕХОДЫ СЕРИИ АDRЗВ ОБЩЕПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ



ЗАКАЗЫВАЯ ПРОДУКЦИЮ НПК ТАИР, ВЫ ПОЛУЧАЕТЕ:

- КАЧЕСТВЕННЫЕ ИЗДЕЛИЯ С ГАРАНТИЕЙ-
- ПОСТАВКУ В КРАТЧАЙШИЕ СРОКИ СО СКЛАДА-
- ГИБКУЮ ЦЕНОВУЮ ПОЛИТИКУ-
- ТЕХНИЧЕСКУЮ КОНСУЛЬТАЦИЮ И СОПРОВОЖДЕНИЕ-
- СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ В РОССИИ-
- ВОЗМОЖНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ПО ИНДИВИДУАЛЬНЫМ ТРЕБОВАНИЯМ-
- СТАБИЛЬНОСТЬ ПОЛУЧАЕМЫХ ХАРАКТЕРИСТИК -



НПК ТАИР

КОАКСИАЛЬНЫЕ ПЕРЕХОДЫ СЕРИИ ADR1A ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КЛАССА



ЗАКАЗЫВАЯ ПРОДУКЦИЮ НПК ТАИР, ВЫ ПОЛУЧАЕТЕ:

- КАЧЕСТВЕННЫЕ ИЗДЕЛИЯ С ГАРАНТИЕЙ-
- ПОСТАВКУ В КРАТЧАЙШИЕ СРОКИ СО СКЛАДА-
- ГИБКУЮ ЦЕНОВУЮ ПОЛИТИКУ-
- ТЕХНИЧЕСКУЮ КОНСУЛЬТАЦИЮ И СОПРОВОЖДЕНИЕ-
- СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ В РОССИИ-
- ВОЗМОЖНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ПО ИНДИВИДУАЛЬНЫМ ТРЕБОВАНИЯМ-
- СТАБИЛЬНОСТЬ ПОЛУЧАЕМЫХ ХАРАКТЕРИСТИК -



НОВЫЕ ПЛИС ПРОИЗВОДСТВА АО «ВЗПП-С»

АО «ВЗПП-С» (г. Воронеж) является одним из крупнейших поставщиков элементной базы для предприятий-изготовителей радиоэлектронной аппаратуры.

Предприятие в 2019 году освоило производство (к уже выпускающимся ПЛИС 5576XC1T, 5576XC4T, 5576XC6T, 5576XC7T, 5578TC024 и 5578TC034) программируемых логических интегральных схем: 5578TC084 (АЕНВ.431260.422ТУ) на 800 000 системных вентилялей и 5578TC094 (АЕНВ.431260.423ТУ) на 1 200 000 системных вентилялей.

С 2020 года предприятие начинает выпуск новых ПЛИС в корпусе МК 4254.352-1: 5578TC064 (АЕНВ.431260.402ТУ) и 5578TC104 (АЕНВ.431260.611ТУ):

- программируемый режим циклической перезаписи конфигурационной памяти;
- встроенная система конфигурирования, обеспечивающая многократное перепрограммирование;

- программируемый режим верификации конфигурационной памяти без выхода из рабочего состояния;

- программируемые блоки удержания выводов пользователя в последнем состоянии.

Для конфигурирования ПЛИС 5578TC064 рекомендуется использовать однократно программируемую микросхему ПЗУ 5578PT035 ёмкостью 16 Мбит, произведённую АО «КТЦ «ЭЛЕКТРОНИКА».

Для конфигурирования ПЛИС 5578TC104 рекомендуется использовать однократно программируемую микросхему ПЗУ 5578PT044 ёмкостью 24 Мбит, произведённую АО «КТЦ «ЭЛЕКТРОНИКА».

Основные характеристики новых ПЛИС представлены в таблице.

Для проектирования используется САПР Quartus II и дополнительно – ПО разработки и производства АО «КТЦ ЭЛЕКТРОНИКА».

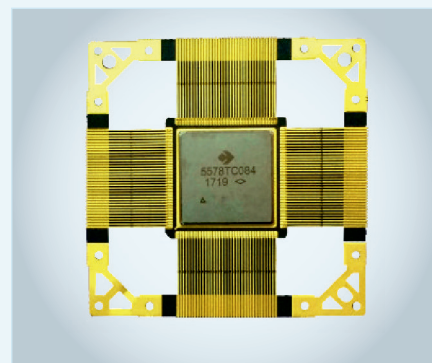
Для всей номенклатуры выпускаемых АО «ВЗПП-С» ПЛИС имеются комплекты инструментов, необходимых для разработчика.

www.vzpp-s.ru

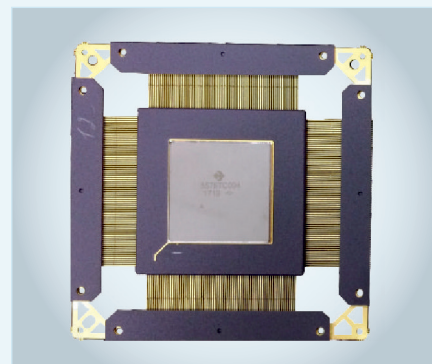
Тел.: +7 (473) 227-9527

Основные функциональные параметры новых ПЛИС от АО «ВЗПП-С»

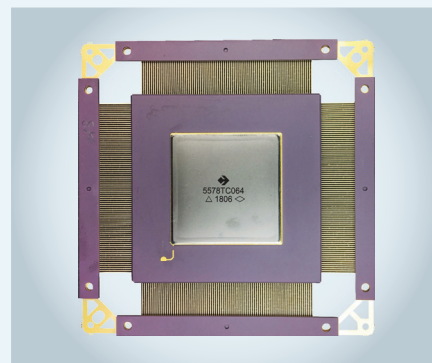
Функциональные параметры	5578TC084	5578TC094	5578TC064	5578TC104
Зарубежные аналоги (производитель)	EP3C16 (Altera)	EP3C25 (Altera)	EP3C55 (Altera)	EP3C40 (Altera)
Ёмкость, количество системных вентилялей	800 000	1 200 000	3 000 000	2 000 000
Количество эквивалентных логических элементов	15 408	24 624	55 856	39 600
Объём встроенной памяти, Кбит	504	594	2340	1134
Количество умножителей 18×18	56	66	156	126
Количество блоков ФАПЧ	4			
Поддерживаемый ряд интерфейсов	2,5V LVTTTL/LVCMOS	2,5V LVTTTL/LVCMOS	LVDS, 2,5V LVTTTL/LVCMOS	LVDS, SSTL-2 Class I/II, 2,5V LVTTTL/LVCMOS
Напряжение питания ядра	1,2 ±0,05 В			
Напряжение питания периферии	2,5 В ±5%			
Количество выводов, программируемых пользователем	84	195	279	279
Корпусное исполнение	МК 4248.144-1	МК 4251.304-2	МК 4254.352-1	



Корпус МК 4248.144-1



Корпус МК 4251.304-2



Корпус МК 4254.352-1

НОВЫЕ ВЫСОКОСТАБИЛЬНЫЕ МИНИАТЮРНЫЕ КВАРЦЕВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ МО37/8 Р

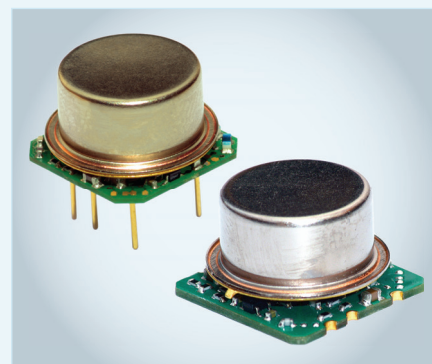
В компании «Мэдрик Кристалл» начато серийное производство самого миниатюрного в своём классе высокостабильного кварцевого генератора с низкой потребляемой мощностью в габаритах корпуса DIP8 – МО37/8 Р (16×15,3×10 мм) и МО37/8 PS-T (16×15,3×9,5 мм).

Существенное повышение стабильности кварцевого генератора по сравнению с предыдущей моделью достигнуто благодаря улучшенной технологии внутреннего подогрева резонатора и новому способу компенсации температурной чувствительности электрической схемы.

Основные характеристики нового кварцевого генератора:

- потребляемая мощность при +25°C менее 150 мВт;
- стабильность частоты (–40...+85°C) до 2×10^{-9} ;
- старение – до 1×10^{-10} /сутки;
- фазовый шум (10 МГц): –105 дБс/Гц @ 1 Гц, –170 дБс/Гц @ 10 кГц;
- время готовности 1×10^{-7} : до 30 с;
- напряжение питания: 3,3 и 5,0 В;
- диапазон рабочих частот: 8...150 МГц без умножения.

Генераторы МО37/8 Р выпускаются в двух вариантах: с выводами и SMD. Они идеально подходят для прецизионного контроля частоты и времени в различных радиоэлек-



тронных устройствах, особенно, с требованиями минимальной потребляемой мощности и малых габаритов.

www.mxtal.ru

Тел.: +7 (3812) 433-967

НОВЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ ОАО «ЭЛЕКОНД»

ОАО «Электонд» в рамках импортозамещения предлагает новые конденсаторы для использования в аппаратуре гражданского назначения.

K50-96 – малогабаритные окисдно-электролитические алюминиевые конденсаторы с радиальными проволочными выводами. Имеют высокий удельный заряд, уменьшенные габаритные размеры и вес. Диапазон номинальных напряжений 6,3...450 В, диапазон номинальных ёмкостей 1...3300 мкФ. Интервал рабочих температур от –60 до +105°C. В 2019 году конденсатор K50-96 был удостоен серебряного диплома в рамках конкурса «100 лучших товаров России».

K50-97 – окисдно-электролитические алюминиевые конденсаторы для поверхностного

монтажа. Конденсаторы имеют малые габаритные размеры корпуса и вес. Диапазон номинальных напряжений 6,3...450 В, диапазон номинальных ёмкостей 1,0...10 000 мкФ. Интервал рабочих температур от –60 до +105°C.

K50-98 – малогабаритные окисдно-электролитические алюминиевые конденсаторы, изготавливающиеся в климатическом исполнении В и УХЛ, в изолированном корпусе с самофиксирующимися радиальными выводами. Диапазон номинальных напряжений 16...450 В, диапазон номинальных ёмкостей 47...47 000 мкФ. Интервал рабочих температур от –60 до +125°C. Конденсаторы K50-98, в сопоставимых номиналах, обеспечивают импортозамещение зарубежных высоковольтных малогабаритных алюминиевых конденсаторов с само-



фиксирующимися (snap-in) радиальными выводами.

Рекомендуемые области применения новых конденсаторов: аппаратура, эксплуатирующаяся в жёстких климатических условиях, железнодорожная автоматика и телемеханика, светотехника, оборудование связи.

www.elecond.ru

Тел.: (34147) 2-99-89

НОВЫЕ МОЩНЫЕ ВЧ и СВЧ РЕЗИСТОРЫ

АО «НПО «ЭРКОН» разработало ВЧ и СВЧ резисторы и оконечные нагрузки (терминаторы):

- **типа P1-170** (фланцевое и безфланцевое исполнение):
 - более 49 конструктивных исполнений с улучшенными частотно-мощностными параметрами;
 - номинальная мощность от 10 до **1000 Вт**;
 - диапазон рабочих частот до 18 ГГц;
 - КСВН в рабочей полосе частот не более 1,25;
- **типа P1-158** для поверхностного монтажа:
 - номинальная мощность рассеяния **8 Вт** в корпусе типоразмера **1206**;
 - номинальное сопротивление 50 и 100 Ом;
 - диапазон рабочих частот до 6 ГГц;
 - КСВН в рабочей полосе частот не более 1,25;
- **типа P1-160** – сверхширокополосные для поверхностного монтажа:

- типоразмер 0402, 0603, 0805, 1206;
- диапазон номинальных сопротивлений от 10 до 1000 Ом (ряд E192; E24);
- диапазон рабочих частот до **40 ГГц**;
- КСВН в рабочей полосе частот не более 1,25.

Система менеджмента качества предприятия сертифицирована на соответствие требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2015 и дополнительным требованиям ГОСТ РВ 15.002-2012, ЭС РД 009-2014 в системах сертификации «Военный регистр» и «Электронсерт», что предоставляет право на разработку новых видов и производство серийной продукции в интересах Министерства обороны РФ.

Являясь серийным производителем резисторов и индуктивностей, используемых для производства электроники (источников питания, инверторов, конверторов, усилителей, телекоммуникационной аппаратуры и другой РЭА), АО «НПО «ЭРКОН»



обладает большим потенциалом импортозамещения.

АО «НПО «ЭРКОН» индивидуально подходит к каждому потребителю, обсуждая цены и сроки поставки в зависимости от объёма заказа и конкретной номенклатуры.

Более подробная информация о новинках и серийно выпускаемой продукции представлена на сайте www.erkon-nn.ru.

5,2" ЦВЕТНЫЕ ЖК-ДИСПЛЕИ ПОЛОСКОВОГО ФОРМАТА С СЕНСОРНЫМ ЭКРАНОМ

Компания Raystar Optronics начала производство жидкокристаллических TFT-дисплеев **RFS520B-AIW-DNS** (с установленным резистивным сенсорным экраном) и **RFS520B-AIW-DNG** (с проекционно-ёмкостным сенсорным экраном) полоскового формата с размером диагонали экрана 5,2".

Дисплейные модули ряда RFS520B обеспечивают высококачественное и яркое изображение с разрешением 480×128 пикселей. Встроенная микросхема драйвера ST7252 (или эквивалентная) обеспечивает 24-разрядный параллельный интерфейс в режиме SYNC. Яркость свечения экрана

350...400 кд/м², контрастность 500:1. Направление наблюдения сверху (12:00 часов). При наблюдении снизу (6:00 часов) происходит инверсия уровней серого (в этом случае рекомендуется выбрать модель RFS520A).

Диапазон рабочих температур от –20 до +70°C, температур хранения от –30 до +80°C.

Основные характеристики дисплеев ряда RFS520B:

- разрешение 480×RGB×128 точек;
- габаритные размеры дисплейного модуля 140,4×49,87×4,5 мм;
- рабочее поле 127,152×33,9072 мм;
- шаг пикселя 0,0883×0,2649 мм;
- соотношение сторон – широкоформатный;



- тип системы подсветки: светодиодная, матрица светодиодов белого свечения;
- сенсорные экраны – резистивный и проекционно-ёмкостной;
- интерфейс: 24-битный, RGB.

www.prochip.ru

Тел.: (495) 232-2522

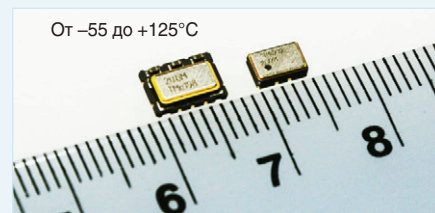
ТЕРМОКОМПЕНСИРОВАННЫЕ КВАРЦЕВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ НА СВЕРХШИРОКИЙ ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ДИАПАЗОН ГК392-ТК

АО «МОРИОН» (Санкт-Петербург), ведущее предприятие России и один из мировых лидеров в области разработки и серийного производства кварцевых приборов стабилизации и селекции частоты, представляет новый

кварцевый генератор **ГК392-ТК** для поверхностного монтажа в корпусах 7×5 и 5×3,2 мм.

Отличительной особенностью этого генератора является температурная стабильность до $\pm 0,5 \times 10^{-6}$ на сверхшироком интервале температур – от –55 до +125°C. Диапазон частот ГК392-ТК составляет от 8 до 52 МГц, напряжение питания – 3,3 В.

Генератор доступен в двух версиях – ТК и УНТК (возможность подстройки выходной частоты управляющим напряжением).



Дополнительную информацию по данному изделию можно узнать по телефону (812) 350-7572 или на сайте morion.com.ru.

ЛИТЕМАХ ПРЕДСТАВИЛ НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ДИСПЛЕЕВ

Liteмах, ведущий поставщик промышленных ЖК-дисплеев и компьютерных решений, продемонстрировал новую серию интеллектуальных модулей отображения (SDM) и промышленных дисплеев высокой яркости, а также различные промышленные размеры панельных ПК и материнских плат следующего поколения.

DLD7502-L как часть серии Liteмах Durapixel представляет собой 75-дюймовый дисплей с разрешением 4K и высокой яркостью (4500 нит), дополненный ведущей в отрасли технологией светодиодной подсветки и локальным затемнением. DLD7502-L разработан как решение для наружной рекламы, отлично подходит для использования в розничных магазинах, торговых центрах, казино, отелях, музыкальных концертах, выставочных залах, на стадионах.

Liteмах представляет гибридный интеллектуальный дисплей нового поколения –



DLD7502

универсальную цифровую вывеску в форме круга **SCS2365-Y**. Новый круглый дисплей отличается высокой яркостью (1000 нит) и особым соотношением сторон (1:1), он предназначен для коммерческой рекламы. Благодаря интеллектуальному расширению SDM, рекламные системы могут кратко рассказать обо всех магазинах в здании, а также поделиться новостями о местном трафике и транспорте. Эти системы также могут быть использованы для поддержки дополнительных деловых возможностей.



SCS2365

Liteмах будет и впредь предлагать лучшие решения для цифровых дисплеев, применяемых в различных отраслях промышленности, благодаря объединению дисплеев, обладающих хорошей читаемостью при солнечном свете, с новой технологией искусственного интеллекта (AIoT). Ассортимент высокопроизводительных ЖК-дисплеев компании Liteмах гарантирует удовлетворение различных потребностей клиентов.

www.prochip.ru
Тел: (495) 232-2522

3,9" ЦВЕТНЫЕ ШИРОКОФОРМАТНЫЕ ЖК-ДИСПЛЕИ С СЕНСОРНЫМ ЭКРАНОМ

Компания Raystar Optonics представляет 3,9-дюймовые TFT ЖК-дисплеи полоскового формата с разрешением 480×128 пикселей и установленным сенсорным экраном.

Работа дисплеев **RFS390C-AIW-DNS** (резистивный экран) и **RFS390C-AIW-DNG** (проеекционно-ёмкостной сенсорный экран) управляется встроенной микросхемой драйвера HX8278-A (или эквивалентной), которая обеспечивает работу через 24-разрядный RGB-интерфейс (режим работы SYNC или DE; установленным по умолчанию является режим SYNC). Напряжение питания цифровой части 3,3 В. Яркость свечения экрана 500 кд/м², контрастность 500:1. Направление наблюдения сверху (12:00 часов), инверсия шкалы серого происходит при наблюдении снизу (6:00 часов), стеклянная поверхность экрана безбликовая. Диапазон рабочих тем-

ператур дисплея от –20 до +70°C, диапазон температур хранения от –30 до +80°C.

Необходимо отметить конструктивную целостность панелей, так как выполнены они из монолитной стеклянной матрицы, а не вырезаны из матрицы большего размера. Для применений, где требуется наблюдать изображение снизу вверх (6:00), рекомендуется выбрать модели из ряда RFS390B.

Основные характеристики дисплеев RFS390C:

- точечная матрица 480×128×RGB (TFT);
- габаритные размеры модуля 105,5×37×3,05 мм (Ш×В×Г);
- рабочее поле 95,04×25,34 мм;
- шаг пикселя 0,066×0,198 мм;
- тип дисплея – TFT, просветный;
- тип системы подсветки – светодиодная, матрица светодиодов белого свечения;
- соотношение размеров сторон – плоский тип;
- направление наблюдения – 12 часов (сверху вниз);



- наблюдение с инверсией шкалы серого – 6 часов (снизу вверх);
- интерфейс – 24-битный, RGB.

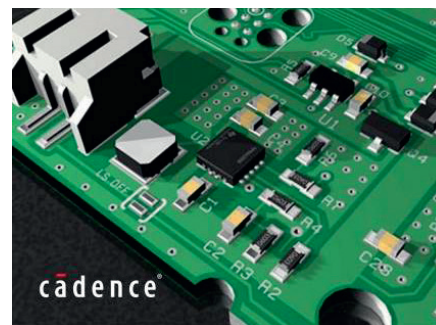
Широкоформатные дисплеи RFS390C обеспечивают яркое высококачественное изображение и особенно подходят для применения в серверных системах, аудиокomплексах, в качестве рекламного дисплея, в автомобильном, авиационном, морском оборудовании, торговых терминалах и системах безопасности, промышленном и медицинском оборудовании, наружных системах связи и панелях управления.

www.prochip.ru
Тел: (495) 232-2522

Рекомендации по выбору конфигурации САПР Cadence Allegro

Александр Акулин (akulin@pcbtech.ru)

Статья ориентирована на разработчиков электроники, которые интересуются возможностями передовых САПР печатных плат. На примере Cadence Allegro PCB Designer предложены рекомендации по выбору оптимальной конфигурации.



Для решения определённых инженерных задач разработчики пользуются специализированными инструментами. Для разработки схем и печатных плат используется специализированное программное обеспечение – САПР (системы автоматизированного проектирования). Для разводки печатных плат в России была популярна САПР P-CAD разных версий. Многие предприятия в поисках повышения эффективности и качества проектирования пробуют другие, более современные и мощные инструменты разработки. Зачастую компании приобретают пробные лицензии нескольких конкурирующих решений, чтобы протестировать каждое из них и выбрать наиболее подходящее. Бывает и такое, что компания полностью ориентируется на конкретный продукт «исторически», много лет в нём работает, нарабатывает огромную базу проектов и библиотек. В какой-то момент такая компания может столкнуться с определёнными ограничениями или проблемами выбранной САПР, недостаточными возможностями или низкой эффективностью, и принимает решение перейти на другую систему. Такое решение, конечно, может быть сопряжено с определёнными затратами на переобучение сотрудников, перенос проектов и библиотек, но повышение эффективности отдела разработки в результате такого перехода может с лихвой оправдать затраченные усилия. Тем более если есть возможность получить от поставщика и помощь в переходе, и компенсацию, как это происходит в случае с переходом на САПР печатных плат Allegro компании Cadence.

В последнее время интерес российских разработчиков к САПР Cadence Allegro растёт. В первую очередь это, видимо, связано с несколькими факторами:

1. уникальные возможности технологий Allegro, которые предоставляют разработчикам печатных плат в самых различных направлениях – от трассировки скоростных параллельных и последовательных интерфейсов до аналоговых радиочастотных плат и сверхплотных плат с микроотверстиями;
2. высокая эффективность и скорость трассировки, удобство корректировки топологии, автоматической оптимизации связей ПЛИС и DDR-памяти;
3. наличие качественного импорта из P-CAD®, Altium® и других САПР;
4. безусловно – фактор цены. Компания Cadence предлагает линейку полностью совместимых конфигураций САПР, начиная от базового редактора схем и плат, который продаётся по очень низкой стоимости, и заканчивая очень мощными продвинутыми опциями.

В этой статье автор расскажет о том, какие конфигурации САПР Cadence Allegro можно рекомендовать коллективу разработчиков, занимающихся цифровой или цифро-аналоговой электроникой, с использованием микроконтроллеров, процессоров, ПЛИС и памятью DDR. Будет уделено внимание лицензиям для организации коллективной работы, управления версиями и вариантами исполнения, а также работы с центральной библиотекой компонентов.

Конфигурации редактора схем и печатных плат Allegro PCB Designer

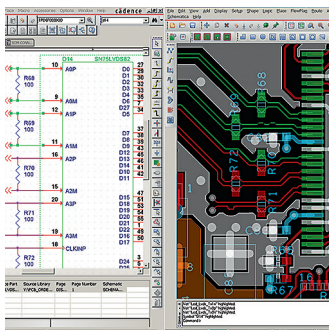
Все лицензии Allegro сетевые конкурентные, то есть количество инсталляций в компании не ограничивается, но работать одновременно может столько пользователей, сколько куплено лицензий (рабочих мест). Лицензии раздаются с «сервера лицензий» – компьютера под управлением Windows или Linux

или виртуальной машины, где установлена программа сервера лицензий и загружен лицензионный ключ. Лицензионный ключ – это текстовый файл, содержащий список доступных лицензий с указанием срока их действия.

Рабочая среда для Cadence Allegro версий 17.2 и 17.4 – Windows 64 бита. Для версии Cadence Allegro 16.6 и более ранних допустимо использование Windows 32 бита, однако эти версии, начиная с января 2020 года, не поддерживаются и не обновляются. В составе САПР есть три основных инструмента: редактор схем OrCAD Capture, редактор топологии Allegro PCB Designer и автотрассировщик SPECCTRA. Редактор печатных плат Allegro PCB Designer может работать под управлением как ОС Windows, так и ОС Linux, однако схемный редактор OrCAD Capture ориентирован на работу под Windows, с его запуском под Linux могут быть определённые сложности.

Важно отметить, что для работы со схемами под операционной системой Linux компания Cadence создала абсолютно новый схемный редактор, также пригодный и для системного проектирования, который называется System Capture. В перспективе планируется полный переход всех пользователей на него, но пока этот процесс только начинается.

Большинство пользователей в России традиционно используют редактор OrCAD Capture, удобный, несложный и недорогой. Впрочем, есть разработчики, которые используют устаревший схемный редактор Allegro Design Entry HDL. Эти пользователи – первые кандидаты на переход к использованию нового редактора схем System Capture. Этот новый редактор позволяет импортировать старые схемы и библиотеки DE HDL и поддерживает всю функциональность старого редактора, но в более



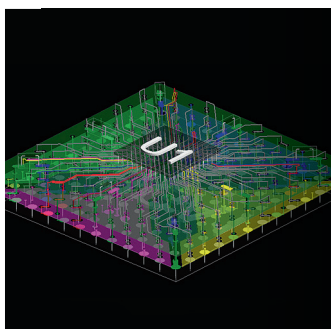
**CADENCE ALLEGRO™
PCB DESIGNER**
Передовая САПР
печатных плат,
полностью совместимая
от OrCAD® Std
до Allegro Venture



PCBSoft
PCB&IC SOFTWARE
cadence®
CHANNEL PARTNER

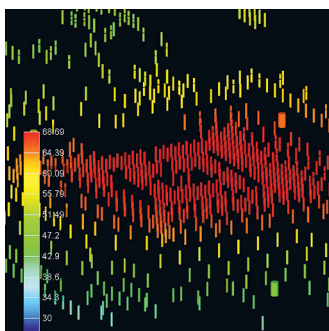
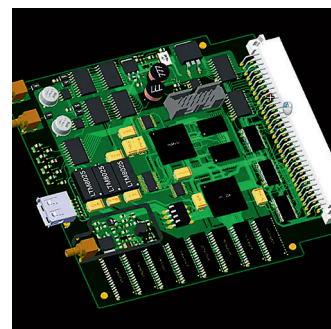
PSpice®

Моделирование
схем и продвинутый
анализ (более 30 тыс.
готовых моделей)



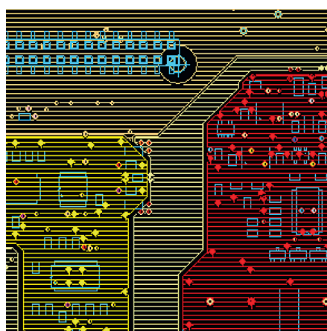
3D-редактор

Проверка пересечения
корпусов компонентов
и корпуса прибора



Sigrity™ Celsius™

Моделирование
тепловыделения
и теплоотвода

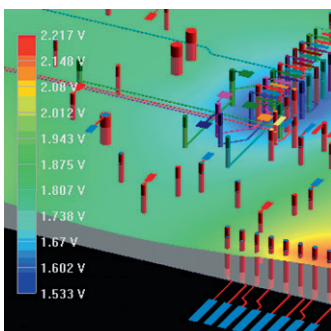


UltraLibrarian

Библиотека
содержит более
15 млн проверенных
компонентов
и 3D-моделей для OrCAD

SPECCTRA

Автотрассировщик
с учетом правил
для высокоскоростных
сигналов

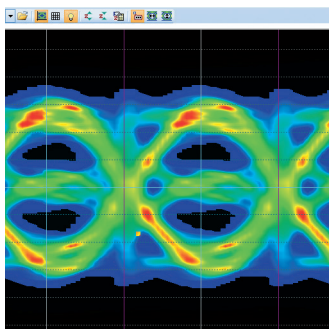


Sigrity Advanced PI

Анализ целостности
питаний и ЭМС
на печатной плате

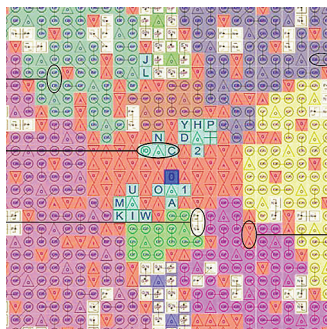
Поставка и внедрение САПР

Подбор оптимальной
конфигурации
OrCAD + Allegro.
Обучение и поддержка.



Sigrity Advanced SI

Верификация
целостности сигналов
DDR и LVDS



Allegro FPGA System Planner

Автоматизированная
оптимизация
трассировки ПЛИС

САПР печатных плат Cadence Allegro и OrCAD по праву занимает лидирующие позиции в мире, и используется профессионалами для проектирования самых сложных и насыщенных печатных плат. Линейка программ от OrCAD Standard до Allegro + Options полностью совместима по интерфейсу и формату файлов. Имеется импорт из других САПР. Поддерживается ГОСТ. Подробные рекомендации по выбору конфигурации см. в статье.

ООО «ПСБ Софт»

ИНН 7704471320

Web: www.pcbsoft.ru
E-mail: info@pcbsoftware.com
Тел.: +7 (800) 550-83-55
Адрес: г. Москва, 119019,
Б. Знаменский пер., д. 2, стр. 7, оф. 38

удобном и современном графическом интерфейсе пользователя.

Рассмотрим подробнее, какие конфигурации САПР Cadence Allegro предлагаются пользователям в зависимости от сложности решаемых задач и бюджета.

Конфигурация OrCAD PCB Designer Standard

Для простых задач, связанных с разработкой схем и плат, идеально подходит конфигурация OrCAD PCB Designer Standard. Фактически это Allegro PCB Designer, у которого отсутствуют некоторые продвинутые функции трассировки. В составе лицензии есть полный схемный редактор OrCAD Capture, базовый редактор печатных плат PCB Designer с возможностью трассировки дифференциальных пар и базовый автотрассировщик SPECCTRA, позволяющий автоматически разводить выбранные цепи и создавать фан-аут компонентов. Ограничений по количеству слоёв нет. Но, например, трассировать платы с DDR-интерфейсом в этом редакторе будет неудобно из-за отсутствия электрических правил по выравниванию задержек распространения сигналов.

Также в эту конфигурацию включены редактор УГО (условно-графических обозначений на схеме) и базовый редактор посадочных мест (футпринтов).

Все более продвинутые конфигурации САПР Cadence полностью совместимы с этой базовой конфигурацией как по графическому интерфейсу пользователя, так и по формату файлов.

Эта лицензия предоставляет возможность воспользоваться:

- редактором схем, включая онлайн-проверки корректности схемы (DRC-проверки на схеме);
- базовым симулятором схем PSpice (ограниченным по возможностям и количеству узлов);
- возможностями создания конструктива, размещения и трассировки компонентов;
- подключением STEP-моделей компонентов и визуализацией платы в 3D-редакторе;
- импортом и экспортом файлов Gerber, DXF, IDF, двунаправленным обменом с MCAD-системами типа SolidWorks через интерфейс IDX;
- формированием документации в формате PDF, в том числе совместимой с ГОСТ (на основе дополнитель-

ных библиотек от дистрибьютора Cadence – компании PCB Soft).

Конфигурация OrCAD PCB Designer Professional

В ситуации, когда в проекте имеются сложные печатные платы, например имеющие скоростные интерфейсы, может потребоваться функционал САПР для выравнивания длины сигналов в шинах DDR или компенсации сдвига фаз в дифференциальной паре. В этом случае подойдёт лицензия OrCAD PCB Designer Professional. Помимо возможностей конфигурации Standard она содержит функции, позволяющие:

- задавать и выполнять электрические правила и ограничения;
- выполнять автотрассировку выбранных шин и всей платы;
- проверять технологичность трассировки с точки зрения изготовления, монтажа и тестирования печатных плат (DFM, DFA и DFT – технология DesignTrue DFM);
- создавать вложенные группы цепей, выравнивать задержки распространения в шинах;
- отслеживать и выравнивать фазу в дифференциальных парах;
- автоматически делать репликацию повторяющихся фрагментов трассировки.

Фактически в составе этой лицензии есть всё необходимое для разработки самых сложных, скоростных и насыщенных печатных плат. Список доступных электрических правил:

- Wiring: управление топологией (дерево, FlyVу и др.), длина «отростков», ограничение используемых слоёв;
- Impedance: контроль импеданса линий;
- Min/Max Propagation Delays: настройка пар выводов и контроль задержки распространения сигнала между ними;
- Total Etch Length: контроль минимальной и максимальной длины линии;
- Differential Pair: контроль связности дифференциальной пары, статическая фаза, динамическая фаза, ширина проводника и зазор;
- Relative Propagation Delay: контроль относительной задержки распространения сигналов в шине.

Интересно то, что в версиях 17.2 и 17.4 редактора OrCAD Professional можно использовать следующие продвинутые проверки, которые ранее

были доступны только в Allegro PCB Designer:

- Pin Delay – учёт задержки распространения сигнала внутри компонента при выравнивании длины трасс;
- Z Axis Delay – учёт задержки распространения сигнала через переходное отверстие при выравнивании длины трасс.

Также в этой лицензии в версии 17.2 появились две функции анализа целостности сигналов, основанные на возможностях системы электромагнитного моделирования Sigrity:

1. Impedance workflow: цветовая индикация импеданса проводников для выбранных цепей;
2. Coupling workflow: цветовая индикация связности между выбранными цепями.

Конфигурация Allegro PCB Designer

Для компаний, решающих ещё более сложные задачи или стоящих перед необходимостью повышения скорости и качества разработки, рекомендуется приобрести комбинацию лицензий OrCAD и Allegro. Переход на лицензию Allegro PCB Designer позволяет разработчику повысить эффективность разработки топологии как за счёт применения автоматизированных функций, управляющих трассировкой, так и возможности использования дополнительных опций Allegro, о которых речь пойдёт далее. Переход с лицензии OrCAD на Allegro и подключение опций не требуют дополнительной инсталляции, их включение происходит через меню редактора плат File – Change Editor, и для этого не нужно выходить из проекта или даже сохранять проект. Поэтому разработчики в компании получают довольно большую гибкость в применении лицензий и опций Allegro, используя необходимые опции только в тот момент, когда это действительно им нужно.

В целом можно отметить следующие наиболее важные из дополнительных возможностей Allegro PCB Designer, которые добавляются к функционалу OrCAD Professional:

1. опция для схемного редактора Capture CIS Option (Component Information System) позволяет управлять централизованной базой компонентов, создавать варианты исполнения, а также стыковать САПР с системой управления данными пред-

приятия или базой данных предприятия);

2. управление размещением компонентов на основе таблицы DFA (Design For Assembly) позволяет таблично задать допустимое расстояние между корпусами компонентов;
3. FlowPlan – планирование трассировки с помощью групп цепей (Flow Bundles – шины, путь прокладки которых предварительно отображается на экране редактора);
4. автотрассировщик SPECCTRA получает продвинутые возможности (на основе высокоскоростных правил) и повышенную производительность;
5. добавление нового схемного редактора System Capture (Allegro Design Authoring).

Также предусмотрены некоторые интересные дополнительные функции:

- добавление микрополосковых линий (на основе полигонов);
- групповая конвертация углов трасс, например в дуги;
- групповое изменение дифференциальных пар, например корректировка зазора;
- полноценная работа с обратной сверловкой (Backdrilling);
- использование библиотечных «модулей» (схема + топология).

Разработчикам высокоскоростных интерфейсов может быть интересно появление дополнительных более продвинутых правил трассировки:

- Maximum Via Count – ограничение максимального числа переходных отверстий в цепи;
- Maximum Exposed Length – ограничение максимальной длины трассы на внешнем слое;
- Parallelism – ограничение максимальной длины параллельного следования трасс.

Опция Allegro High Speed Option

Это наиболее популярная опция, которую рекомендуется добавить к конфигурации Allegro PCB Designer. Опция добавляет функции, позволяющие более эффективно работать со скоростными интерфейсами:

- автоинтерактивное выравнивание задержки распространения позволяет выделить группу цепей и автоматически добавить к ним меандры, формирующие дополнительную длину линий, для обеспечения одинаковой задержки во всех цепях шины;
- автоинтерактивное выравнивание фаз в дифференциальных парах;

- наборы электрических правил, относящихся к контролю целостности сигналов, таких как «отражения», «перекрестные помехи», «задержки в линии»;
- создание наборов электрических правил и топологических наборов правил, например для DDR-интерфейсов со сложной топологией шины адреса;
- правила и ограничения с использованием «относительных значений» и «формул»;
- трассировка с «табами» (отростками типа «расчёска» между проводниками) для улучшения целостности в суперскоростных каналах связи;
- применение «структур» переходных отверстий особенно полезно при трассировке высокоскоростных дифференциальных пар;
- трассировка «с наклоном», с уходом от нити плетения стекловолокна, для снижения рисков нарушения импеданса из-за скачков диэлектрической проницаемости.

Очень удобен функционал, который называется Timing Vision. Он позволяет визуально проанализировать корректность трассировки и выравнивания сигналов по длине с помощью цветовой индикации прямо поверх трасс в окне редактора.

Можно обратить внимание на следующие дополнительные проверки, позволяющие выполнять более качественную трассировку с точки зрения целостности сигналов:

- Maximum Crosstalk позволяет определять наводки от всех сигналов-агрессоров;
- Maximum Peak Crosstalk определяет наводки от одиночной цепи-агрессора;
- Return Path позволяет быстро находить проблемы с путём возвратных токов в скоростных сигналах.

Опция Allegro High Speed Option позволяет получить функции продвинутого анализа целостности сигналов и питаний на основе технологий моделирования Sigrity в дополнение к двум упомянутым ранее (Impedance workflow и Coupling workflow). С помощью Sigrity разработчик может получить следующие возможности анализа прямо в редакторе Allegro PCB Designer: перекрестные помехи; анализ возвратных токов; анализ отражений в линии; анализ IR Drop (падения напряжений питания).

Опция Allegro Miniaturization Option

В случае проектов печатных плат, содержащих микроотверстия и скрытые отверстия (платы HDI, High Density Interconnect), необходимо учитывать дополнительные технологические правила по размещению этих отверстий и их площадок друг относительно друга. Базовую конфигурацию OrCAD и Allegro также можно использовать для работы с такими платами, но для получения полностью корректных с технологической точки зрения проектов рекомендуется задействовать именно эту опцию, содержащую дополнительные наборы правил для всех типов HDI-плат, в том числе via-in-pad, stacked via, staggered via и др. Также эта опция содержит функционал для разработки плат со встроенными компонентами.

Опция Allegro Analog/RF Option

Для разработчиков СВЧ-топологий может быть полезна опция СВЧ-трассировки, которая предлагает функционал для размещения на плате не только полосковых линий, но и параметризованных топологических элементов, определяющих поведение аналоговых высокочастотных цепей. Данная опция позволяет удобно и эффективно создавать СВЧ-схемы и СВЧ-топологию печатной платы, а также обеспечивает хорошую двунаправленную интеграцию с системами СВЧ-моделирования на уровне схемы и/или топологии.

Опция Allegro Design Planning

Эта опция расширяет функционал FlowPlan, позволяя выполнять управляемую пользователем автоматическую трассировку шин после того, как разработчик выполнил предварительное планирование, то есть разместил эти шины в виде так называемых «бандлов» (bundles) в нужных областях платы и нужных ему слоях.

Особенно эффективно может быть совместное использование этой опции и FPGA System Planner Option.

Опция Allegro FPGA System Planner Option

Для разработчиков, применяющих ПЛИС большого размера, представляет интерес опция оптимизации контактов ПЛИС с точки зрения трассировки. Эта опция предоставляет разработчику полную библиотеку микросхем ПЛИС трёх ведущих производителей: Xilinx,

Intel (Altera) и Actel. Эти библиотеки постоянно пополняются и содержат всю необходимую информацию о назначении портов и банков для каждого конкретного типа ИМС ПЛИС, возможностях обмена между банками и внутри них, возможностях по привязке интерфейсов к портам и банкам микросхемы.

Ещё перед созданием схемы, на системном уровне проектирования, разработчик с помощью опции FPGA System Planner может выбрать необходимый ему комплект ПЛИС, микросхем памяти, процессоров и коннекторов, быстро соединить их интерфейсами, разместить в габаритах печатной платы нужным образом и запустить оптимизацию связей. В результате оптимизации будет получена логическая схема соединений между микросхемами и разъёмами. Эту схему можно в дальнейшем автоматически получить в виде листов принципиальной электрической схемы в редакторе Capture. Кроме того, опция FPGA System Planner имеет двунаправленную стыковку с различными САПР разработки прошивок ПЛИС: позволяет передавать и принимать информацию о назначениях портов и банков, об именах выводов ПЛИС. В дальнейшем, при переходе со схемы на печатную плату, микросхемы автоматически расставляются на печатной плате в соответствии с предварительным планом, который был выработан «на системном уровне». В случае изменения размещения микросхем на плате, у разработчика есть возможность выполнить повторную оптимизацию связей прямо в РСВ-редакторе (обмен внутри банков ПЛИС и между банками), перенести информацию назад на системный уровень, на уровень принципиальной электрической схемы и в САПР ПЛИС.

Опция Allegro Routing Option

Как уже было сказано, в базовый пакет PCB Designer встроен функционал автотрассировки SPECCTRA, популярный и, пожалуй, один из наиболее эффективных автотрассировщиков из представленных на рынке. Через опцию продвинутой автотрассировки вся информация о проекте и заданных правилах автоматически передаётся из редактора PCB Designer в автотрассировщик и применяется при автоматической прокладке трасс. Учитываются не только ограничения и правила для высокоскоростных цепей (дифференциальные пары, топология

FlyBy или дерево, ограничения по времени и перекрестным помехам, наборы слоёв), но также работа с регионами, правила технологичности (Design For Manufacturing) и такие специальные возможности, как раздвижка проводников, сглаживание углов, добавление тестовых точек.

Опция Allegro Symphony Team Design

Эта опция позволяет нескольким разработчикам подключаться через сеть к одному и тому же проекту и параллельно, независимо друг от друга, выполнять различные операции над проектом: размещение компонентов, трассировку, выравнивание маркировки, работу с полигонами и даже такие функции, как репликация фрагментов или обновление списка цепей из схемы.

Интересной отличительной особенностью этой опции является полная бесконфликтность разработчиков, подключившихся к проекту: ты видишь, что делают другие, и можешь сам выполнять любые действия по редактированию проекта, и это не создаёт конфликтов. Польза этой опции наиболее очевидна для больших и сложных проектов, в которых достаточно просто можно договориться о разделении областей проектирования или задач между разработчиками. Впрочем, в небольших печатных платах также можно выделить методику совместной работы, например один сотрудник может заниматься размещением внутри определённого субмодуля, другой – расположением субмодулей на плате, или проектированием полигонов питания, или прокладкой критических трасс, или выравниванием длин сигналов.

Конфигурация Allegro Venture PCB Designer

Такая лицензия будет интересна крупным предприятиям. Она содержит в себе базовый редактор схем, редактор печатных плат Allegro PCB Designer и несколько продвинутых опций:

- High Speed Option;
- Miniaturization Option;
- Design Planning Option;
- Routing Option.

Эта лицензия интересна тем, что содержит продвинутый вариант технологии DesignTrue DFM, содержащий дополнительные технологические проверки «на все случаи жизни», например можно полностью отказаться от дополнительных САМ-систем, таких как

CAM350, для проверки выходных файлов Gerber на технологичность изготовления, монтажа и тестирования (DFM, DFA и DFT).

Опция OrCAD EDM

Процесс разработки подразумевает не только работу над проектом, но и управление инженерными данными (EDM, Engineering Data Management): администрирование доступа членов команды к различным частям проекта, управление версиями, хранение информации о том, кто, когда и какие изменения внёс в проект, возможность отката назад до любого предыдущего состояния, возможность сравнения версий схем (графически или логически), а также управление добавлением новых компонентов в общую библиотеку.

Для всех этих целей хорошо подходит опция OrCAD EDM. В основном она предназначена для администрирования проектов схем, но и проекты печатных плат, и различные вспомогательные данные также можно подгружать в EDM. Для её использования приобретается одна лицензия EDM Vault и несколько лицензий EDM Key (по количеству рабочих мест инженеров-разработчиков).

Опции OrCAD Library Builder и Allegro ECAD-MCAD Library Creator

Хотя в базовом пакете OrCAD и Allegro имеются редакторы схемных символов и посадочных мест компонентов, можно приобрести дополнительную опцию для автоматизации создания компонентов.

Недорогая опция OrCAD Library Builder предлагает множество шаблонов типовых корпусов компонентов, параметры которых основаны на рекомендациях стандарта IPC. Опция позволяет на основе файла с техническим описанием компонента (datasheet) в формате PDF автоматизированно создавать схемный символ, футпринт и 3D-модель компонента, позволяя выбрать тип шаблона корпуса, шаг выводов, количество выводов и габаритные размеры.

Более дорогостоящая опция Allegro ECAD-MCAD Creator предлагает похожие возможности, но имеет гораздо более обширную библиотеку шаблонов, а также возможность загрузки готовой STEP-модели с дальнейшим преобразованием различных элементов этой модели в элементы футпринта. Дан-

ная опция предоставляет возможность редактирования и добавления площадок сложной формы вручную, то есть даёт разработчику возможность создания посадочных мест на основе STEP-модели.

Промо-сборки OrCAD Expert

Для небольших компаний очень удобны недорогие «экспертные» промо-сборки OrCAD, содержащие в своём составе не только лицензию OrCAD PCB Designer Professional, но и дополнительный набор функций, позволяющих решать те или иные задачи. В таблицах 1–3 представлены три варианта промо-сборок.

Рекомендации отечественным предприятиям

Исходя из вышеизложенного, российским предприятиям, занимающимся разработкой электроники, можно порекомендовать следующее.

Для небольшой стартап-компании (один-два разработчика, несложные проекты) общие затраты на лицензии Cadence составят от \$300 до \$2500.

Для небольшого дизайн-центра (5–10 разработчиков, более сложные проекты с ПЛИС и DDR-памятью) общие затраты на ПО Cadence составят от \$5000 до \$15 000.

Для малого предприятия с более сложными аналого-цифровыми проектами общие затраты на САПР составят от \$10 000 до \$25 000.

Для среднего предприятия с разнообразными задачами затраты на лицензии Cadence составят от \$50 000 до \$200 000.

Средняя годовая стоимость владения лицензиями Cadence составляет от \$2,5 до \$7,5 тыс. за одно рабочее место, при этом предприятия могут получить полный спектр передовых технологий и колоссальных функциональных возможностей САПР Cadence Allegro.

Переход с альтернативных САПР на Cadence

За последнее время довольно много предприятий в России осуществили переход с различных альтернативных решений на Cadence Allegro – можно уже обобщить этот опыт. Как правило, инициатором выступает один отдел, занимающийся разработкой наиболее сложных узлов. Процесс осуществляется постепенно, от пробного проекта, причём можно взять схему из имеющейся системы САПР и полу-

Таблица 1. Состав промо-сборки OrCAD Expert Suite

Программные модули	Описание
OrCAD Expert Suite	Полный пакет с моделированием Pspice
OrCAD PCB Designer Professional with PSpice	САПР с возможностью аналого-цифрового моделирования схем
Pspice Advanced Analysis	Возможность продвинутого анализа схем
CIS (Component Information System)	Управление центральной базой данных компонентов
CIP (Component Information Portal)	Дополнительные возможности базы данных
OrCAD Documentation Editor	Функция автоматизированного создания КД (чертежей и спецификаций), в том числе с хорошим приближением к требованиям ГОСТ
OrCAD Panel Editor	Функция подготовки чертежа панели для монтажа
OrCAD PCB Productivity Toolbox	Набор дополнительных функций для PCB-редактора
OrCAD Library Builder	Автоматизированный редактор для создания компонентов

Таблица 2. Состав промо-сборки OrCAD EE Expert Suite

Программные модули	Описание
OrCAD EE Expert Suite	Пакет схемотехника с моделированием Pspice
OrCAD PCB Designer Professional with PSpice	САПР с возможностью аналого-цифрового моделирования схем
Pspice Advanced Analysis	Возможность продвинутого анализа схем
CIS (Component Information System)	Управление центральной базой данных компонентов
CIP (Component Information Portal)	Дополнительные возможности базы данных
OrCAD Library Builder	Автоматизированный редактор для создания компонентов

Таблица 3. Состав промо-сборки OrCAD PCB Expert Suite

Программные модули	Описание
OrCAD PCB Expert Suite	Пакет разработчика плат
OrCAD PCB Designer Professional	САПР печатных плат
CIS (Component Information System)	Управление центральной базой данных компонентов
CIP (Component Information Portal)	Дополнительные возможности базы данных
OrCAD Documentation Editor	Функция автоматизированного создания КД (чертежей и спецификаций), в том числе с хорошим приближением к требованиям ГОСТ
OrCAD Panel Editor	Функция подготовки чертежа панели для монтажа
OrCAD PCB Productivity Toolbox	Набор дополнительных функций для PCB-редактора
OrCAD Library Builder	Автоматизированный редактор для создания компонентов

чить из неё список соединений – netlist, по которому выполнить пробную трассировку в Allegro PCB Designer. Затем, по мере получения положительного опыта, выполняется переобучение сотрудников и докупка необходимых лицензий. Обучение можно организовать как в формате отдельного 4-дневного тренинга (например, в МГТУ им. Баумана, где имеется учебный класс Cadence), так и на территории предприятия-заказчика с минимальным отрывом инженеров от основной работы.

Старые библиотеки и проекты либо импортируются с помощью встроенных средств САПР Cadence, либо преобразуются с помощью специализированного конвертера, например P-CAD -> Allegro или Altium -> Allegro. Для поддержки инженеров разработаны и представлены на сайте компании PCB SOFT русскоязычные учебники, а на

портале YouTube компании PCB SOFT выложены видеоролики с демонстрацией приёмов работы и последовательности действий в САПР Allegro.

Заключение

Линейка САПР Cadence Allegro является очень интересным и привлекательным программным продуктом для российских компаний, занимающихся разработкой электроники. Полная совместимость конфигураций «снизу вверх» от OrCAD Standard до Allegro Venture, мощный набор доступных возможностей и опций, невысокая цена базовой лицензии, наличие конвертеров из других САПР, неплохая совместимость с ГОСТ и хорошая русскоязычная поддержка от специалистов компании PCB SOFT – вот ключевые факторы успеха этой системы на российском рынке.



Особенности применения лазерной гравировки для маркирования электронных компонентов и модулей

Евгений Денисенко (denisenko@arbelosnpp.ru)

В статье рассматриваются способы нанесения маркировки на электронные изделия с помощью лазерной гравировки. Приводятся особенности данной технологии и её сравнение с другими классическими методами нанесения графических изображений на различные материалы.

Введение

В современном мире некоторые электронные изделия, компоненты и модули, имеющие унифицированные корпуса, схожий функционал и технические параметры, стали внешне неразличимыми друг от друга. Из-за схожести внешнего вида легко читаемая и устойчивая к внешним воздействиям маркировка стала единственным способом отличить одно изделие от другого. В настоящее время в серийном производстве электронных компонентов и модулей используются четыре классические технологии маркирования.

Основные технологии маркировки

Технология каплеструйной маркировки основана на нанесении краски каплями малого размера (точка-

ми) непосредственно на маркируемое изделие, которые в итоге формируют нужную надпись или рисунок. Данная технология серьёзно увеличивает производительность, отличаясь малой стоимостью, характеризуется низкой плотностью размещения точек и умеренной стойкостью маркировки к внешним воздействиям (трению, попаданию масла, бензина и т.д.) [1]. Каплеструйная маркировка применяется для маркирования крупных электронных компонентов (сборок) и модулей на производстве, для которого обязательны высокая скорость и низкая стоимость операций.

Технология иглоударной маркировки основана на механическом воздействии острой иглы на поверхность материала, при котором формируется заданное изображение. Технология обеспечивает высокую стойкость маркировки к абразивному и химическому воздействию, а также к экстремальным температурам. Различают два метода иглоударной маркировки: ударно-точечное и прочерчивание [1].

Ударно-точечная маркировка осуществляется при ударном воздействии иглы на поверхность материала. Маркировка создаётся из множества точек, выбитых иглой, при этом их плотность и глубина может варьироваться [1].

Прочерчивающая маркировка применяется там, где нельзя создавать напряжение в материале и где принципиально важно отсутствие микротрещин (например, в герметичных модулях с тонкими, но твёрдыми стенками корпуса). Данный тип маркировки также часто применяют для нанесения информации на шильдики, так как при прочерчивании они не выгибаются от ударов и сохраняют заданную плоскостность.

Маркировка по технологии травления основана на воздействии химических реагентов на отдельные свободные от защиты участки поверхности материала. При своей невысокой производительности эта технология также может обеспечить высокие показатели по стойкости маркировки. Применяется очень редко, в основном для производства печатных плат [1].

Из-за того, что электронные компоненты и модули, а также электрические соединители становятся всё более миниатюрными, использование классических методов маркировки становится крайне затруднительным. Классические методы не всегда в полном объёме обеспечивают выполнение постоянно возрастающих требований к качеству и точности. В связи с этим на производстве всё чаще используется технология лазерной маркировки, которая по своим возможностям значительно превосходит применяемые ранее [2].

Лазерная маркировка обладает высокой производительностью в сочетании с достаточной стойкостью к неблагоприятным воздействиям (абразивным и температурным), долговечностью, удобством работы даже с нестандартными поверхностями. Также лазерная маркировка не имеет специальных требований по подготовке изделий [1].

Методы, используемые в технологии лазерной маркировки

Существуют два основных метода нанесения маркировки с помощью лазера: путём перемещения зоны лазерного воздействия по поверхности материала и при помощи масок [2].

При маркировке с помощью маски, формирование маркируемого изображения осуществляется путём проецирования лазерного излучения сквозь трафаретную маску. В этом случае поверхность обрабатывают импульсным излучением с энергией импульса, достаточной для формирования на материале всего знака.



Лазерный технологический комплекс
«МЛП2-002-Компакт»

В методе перемещения зоны лазерного воздействия по поверхности маркируемой детали наиболее широко применяют два способа: «летающая» оптика и гальванометрические сканаторы. В том и другом случае излучение перемещается за счёт системы зеркал. Нанесение изображения происходит за счёт перемещения луча системой зеркал. Во время перемещения лазерный луч по одной точке формирует изображение, воздействуя на поверхность детали. Управление взаимодействием лазера и системы зеркал осуществляют ЧПУ-системы или компьютер [2].

Сравнивая по ряду параметров оба описанных ранее метода нанесения изображений, можно выбрать наиболее подходящий способ решения конкретной задачи:

- скорость маркировки при помощи масок значительно выше, и данная технология может применяться при крупносерийном производстве. Длительность импульса лазера при этом находится в диапазоне от мкс до нс;
- маркировка при помощи перемещения зоны лазерного воздействия позволяет наносить изображения на большие поверхности, в отличие от метода с использованием масок, где поверхность ограничена диаметрами пятен и энергией импульса;
- при маркировке с помощью масок для каждой отдельной маркировки необходим отдельный трафарет. На изготовление трафарета требуются время и дополнительные затраты, поэтому данный метод удобен лишь при больших объёмах однотипных нанесений. Второй метод лишён указанных недостатков, так как форму нанесения определяет программное обеспечение. Последнее позволяет изменять наносимое изображение от детали к детали [2].

Коэффициент отражения лазерного излучения различными материалами

Материал	Коэффициент отражения R, %	
	Длина волны	
	0,9–1,1 мкм	9–11 мкм
Золото	94,7	97,7
Серебро	96,4	99
Алюминий	73,3	96,9
Медь	90,1	98,9
Конструкционные стали	65	93,8
Низкоуглеродистая сталь	61,1	93–96
Никель	72	95,6
Цинк	49	98,1
Хром	57	93

Выбор источника лазерного излучения и этапы нанесения изображения

В технологии лазерной маркировки определяющими факторами при выборе типа лазера являются: тип маркируемых материалов, требования к качеству нанесения, скорость нанесения и общая производительность. Среди множества источников наиболее популярны твердотельные лазеры (Nd:YAG и волоконные) с длиной волны 1,06 мкм и газовые излучающие лазеры с длиной волны 10,6 мкм [2].

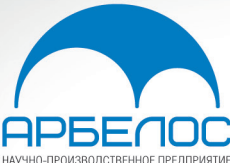
Первым и наиболее важным из критериев при выборе лазерного источника является эффективность взаимодействия лазерного излучения с материалом детали. В таблице приведены значения коэффициентов отражения лазерного излучения для различных металлов [2]. Как видно из таблицы, газовые лазеры по сравнению с твердотельными имеют больший коэффициент отражения всеми рассматриваемыми материалами, что является существенным недостатком. Но не всё так однозначно. Если говорить о маркировке деталей из органических соединений, таких как дерево, пластмассы, бумага, то наиболее оптимальным

выбором будет источник с длиной волны 10,6 мкм, однако при обработке металлов и их сплавов твердотельные лазеры лидируют с явным преимуществом. При том они также могут обрабатывать пластики, кожу и т.п., хотя и менее эффективно [2].

Газовые лазеры имеют невысокую стоимость по сравнению с твердотельными лазерами начального уровня, однако несмотря на это лидирующие позиции на рынке принадлежат волоконным лазерам (относятся к группе твердотельных), на долю которых приходится почти три четверти рынка. Это обусловлено надёжностью волоконных лазеров, стабильностью, практически полным отсутствием необходимости технического обслуживания, ресурсом работы, превосходящим 50 000 ч, и удобством интеграции в автоматизированные комплексы [2].

Процесс лазерной маркировки включает в себя один или несколько этапов:

- обугливание;
- обесцвечивание или изменение цвета пигмента;
- изменение структуры поверхности;
- нанесение за счёт испарения материала;



НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

РОССИЙСКИЙ РАЗРАБОТЧИК И ПРОИЗВОДИТЕЛЬ

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



POWERED BY PROSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИЛЕР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

- контролируемое изменение поверхности за счёт оплавления.

В общем случае эффект нанесения возникает за счёт процессов испарения, плавления или поглощения в материале. Каждый из этих процессов даёт особый результат для различных областей применения. Испарение позволяет наносить маркировку с углублением в материал изделия, точно так же как при механической гравировке. Плавление вызывает термохимическую реакцию и чаще всего используется при маркировке пластиков. При поглощении на поверхности материала возможно появление эффектов, таких как формирование на поверхности титана и нержавеющей стали цветов побежалости, позволяющих наносить контрастную маркировку без видимого повреждения поверхности [2].

Для маркировки в ООО «НПП «Арбелос» используется лазерный технологический комплекс (ЛТК) «МЛП2-002-Компакт» на основе волоконного лазера, который позволяет наносить текстовые и графические изображения на изделия, изготовленные из различных материалов методом прецизионного перемещения зоны лазерного воздействия. Метод позволяет получить поверхностную маркировку и глубокую гравировку [3].

С помощью ЛТК можно наносить не только глубокие гравировки в соответ-

ствии с ГОСТ 26.008-85 даже на цилиндрические изделия, но и генерировать и наносить штрихкоды и QR-коды для аппаратного считывания. У специалистов НПП «Арбелос» есть большой опыт маркирования изделий сложной формы, выполненных из различных органических и неорганических материалов. С помощью ЛТК были проведены работы по деликатному удалению покрытий без повреждения тонкой базовой поверхности. Такие работы особенно востребованы при производстве деталей с маркировкой «день/ночь» в аэрокосмическом и автомобильном производстве, а также в реставрационных работах при удалении слоёв старой краски. Помимо этого, у предприятия есть опыт структурирования сложных поверхностей, прошивки микроотверстий, микрофрезеровки фольговых материалов сложной формы (золота, серебра, меди).

Заключение

Лазерная маркировка находит множество применений.

Высокоскоростная масочная лазерная маркировка используется и массово внедряется на конвейерах для нанесения кодировок, сроков годности и другой информации. Эта технология практически идеально подходит для производственных линий в массовом производстве. Для мелкосерийно-

го производства и специальных задач популярность набирает лазерная маркировка с перемещаемой зоной лазерного воздействия. Востребованность этого типа маркировки обусловлена гибкостью, простотой эксплуатации и наличием большого ресурса работы, что в конечном итоге обеспечивает значительный экономический эффект по сравнению с традиционными методами.

Лазерная маркировка типа «день/ночь», имеющая особое значение для автомобильной и аэрокосмической отраслей, позволяет видеть символы в светлое время суток, а с использованием подсветки – в тёмное. Кроме того, становится возможным использование «скрытых» символов, которые становятся видимыми только на свету с определённой длиной волны.

Таким образом, лазерная маркировка является крайне востребованной технологией в современном мире и позволяет делать жизнь людей более комфортной.

Литература

1. Методы нанесения маркировки.
URL: <https://indatech.ru/articles/metody-naneseniya-markirovki>.
2. Лазерная маркировка.
URL: www.laser-bulat.ru/articles/124/.
3. Техническая документация на установку «МЛП2-002-Компакт». ©

НОВОСТИ

Миллиарду пользователей Windows 7 и 10 официально угрожает взлом!

Компания Microsoft предупредила пользователей операционной системы Windows о двух критических уязвимостях, которые пока не закрыты и в настоящий момент активно используются хакерами.

Данные уязвимости присутствуют в Windows 7, 8.1 и всех поддерживаемых версиях Windows 10. Таким образом, под угрозой находится весь миллиард активных пользователей Windows 10, а также те, кто использует более ранние версии ОС.

Обе уязвимости касаются библиотеки Adobe Type Manager Library, позволяют удалённо запускать код в системе и полностью взять её под контроль. Злоумышленники могут использовать их, заставив пользователя открыть специально составленный документ или просмотреть с помощью функции предпросмотра. По словам Microsoft, уязвимости уже использо-

вались в «ограниченном» количестве целевых атак.

Исправление уязвимостей в настоящий момент готовится компанией и, скорее всего, будет выпущено в рамках планового обновления 14 апреля.

Однако «патч» не будет доступен для обычных пользователей Windows 7. Как подчеркнула Microsoft, поддержка данной версии ОС прекратилась 14 января 2020 года. Исправление получают только пользователи продлённой платной поддержки Windows 7 ESU.

SEMI: в 2019 году мировой рынок материалов для полупроводникового производства сократился

Объём мирового рынка материалов для полупроводникового производства в 2019 году сократился на 1,1%. Об этом сообщила отраслевая ассоциация SEMI, представляющая компании, вовлечённые в це-

почку поставок, связанную с проектированием и производством микроэлектронной продукции.

В то время как продажи материалов для производства пластин уменьшились на 0,4% – с \$33,0 млрд до \$32,8 млрд, продажи материалов и химикатов для техпроцессов сократились более чем на 2%. Продажи материалов для корпусов полупроводниковых изделий сократились на 2,3% – с \$19,7 млрд до \$19,2 млрд. Небольшой рост наблюдался лишь в двух категориях, одна из которых – подложки для упаковки кристаллов в корпуса.

Крупнейшим потребителем материалов, используемых в полупроводниковом производстве, десятый год подряд остаётся Тайвань. Из общей суммы \$52,14 млрд на него пришлось \$11,3 млрд, но это на 2,4% меньше, чем в 2018 году. Южная Корея с \$8,83 млрд находится на втором месте, а Китай с \$8,59 млрд – на третьем. Кстати, китайский рынок – единственный, где был зафиксирован рост, он составил 1,9%.



Свобода проектирования



В состав Delta Design, обеспечивающей сквозной цикл проектирования печатных плат, входят модули:

- Менеджер библиотек
- Редактор правил
- Схемотехнический редактор
- Редактор печатных плат
- Схемотехническое моделирование
- Топологический редактор плат TopoR
- HDL-симулятор
- Коллективная работа для предприятий

НОВОСТИ МИРА

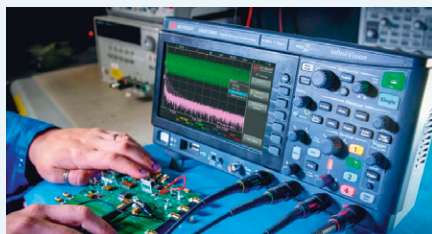
Высокопроизводительный осциллограф низкого ценового диапазона от KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Компания Keysight Technologies, Inc. объявила о начале производства четырёх новых моделей двухканальных осциллографов InfiniiVision 1000 X-Series с полосой пропускания 50 МГц и 200 МГц, обеспечивающих профессиональное качество измерений по доступной цене.

Среди функций нового оборудования – стандартное декодирование для пяти протоколов последовательной передачи данных и возможность удалённого подключения через локальные сети LAN и USB-порты.

В новых осциллографах InfiniiVision 1000 X-Series реализованы те же пользовательские интерфейсы и технологии измерения, которые применяются в профессиональных осциллографах Keysight InfiniiVision. Интуитивно понятная передняя панель, доступная теперь на 15 языках, оснащена встроенным сервисом подсказок, которая помогает новому пользователю быстро освоить функции и возможности осциллографа, а также повысить эффективность испытаний благодаря рекомендациям по настройке сложных функций анализа.

В память InfiniiVision 1000 X-Series предварительно загружены 16 взаимодополняющих обучающих сигналов, с помощью которых пользователи могут быстро освоить новейшие возможности измерений и анализа. К этим обучающим сигналам прилагается бесплатный комплект учебных материалов, включающий полное руководство по эксплуатации лабораторного осциллографа и презентацию по базовым сценариям использования.



Новые модели осциллографов InfiniiVision 1000 X-Series имеют возможность расширения диапазона рабочих частот с помощью лицензированного программного обеспечения. Это позволяет клиентам приобретать полосы частот, необходимые для решения задач в данный момент, а также обновлять и расширять функции прибора по

мере развития технологий. Осциллографы InfiniiVision 1000 X-Series, доступные в вариантах исполнения с полосой пропускания 50, 70, 100 и 200 МГц, представляют следующие инновационные решения:

- технология Keysight MegaZoom IV ASIC, обеспечивающая частоту обновлений до 200 тыс. сигналов в секунду и частоту выборки 2 Гвыб/с, позволяет визуализировать случайные и редкие помехи и аномалии, которые обычный осциллограф с аналогичной стоимостью может пропустить;
- экономия пространства за счёт объединения шести приборов в одном: анализатор АЧХ/ФЧХ (с функцией построения диаграмм Бode), генератор сигналов стандартной формы (диапазон 20 МГц), анализатор протоколов, цифровой вольтметр и цифровой частотомер;
- стандартное подключение через USB-порты и сети LAN позволяет нескольким инженерам работать на одном приборе, используя веб-браузер для дистанционного управления. Благодаря этому студенты и сотрудники могут совместно работать над проектами из любой точки мира, экономя время и деньги;



YOUR EXPERT SERVICES PROVIDER IN CHINA

НАШ ГЛОБАЛЬНЫЙ ОТВЕТ

ВАШИМ ПОТРЕБНОСТЯМ В ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ДЕТАЛЯХ

ЭКСПЕРТЫ К ВАШИМ УСЛУГАМ!



ЦЕНА

Лучшее соотношение цена -качество для ваших нужд. Наш глобальный объем закупок даёт возможность предложить вам конкурентные цены.



СКОРОСТЬ

Доставка к вашей двери всего за 5 дней! Два онлайн магазина работают без перерывов и выходных. 98% поставок вовремя.



КАЧЕСТВО

Член МПК и сертификат ISO 9001:2015. Наши поставщики: ISO 14001, ISO TS 16949, ISO 13485 и AS9100.

реклама

ООО "АЙКЕЙП РУС"
115035, г. Москва,
ул. Садовническая набережная, 71

www.icape-group.com
www.icapeshop.com
www.cipemshop.com

+7 495 668 11 33
order@icaperussia.com



НОВОСТИ МИРА

- профессиональное качество измерений и возможностей аналитического ПО, в том числе функция быстрого преобразования Фурье (БПФ) для анализа частотного диапазона и выявления малозаметных аномалий;
- быстрый анализ и определение параметров сигнала благодаря выявлению перекрёстных помех и искажений, обусловленных нелинейностью усилителя, а также возможность проверки сигналов на соответствие/несоответствие заданной маске со скоростью до 200 тыс. испытаний в секунду;
- стандартная функция последовательной передачи данных, позволяющая активировать и декодировать большинство низкоскоростных протоколов последовательной передачи данных, таких как Inter-IC (I²C), последовательные периферийные интерфейсы (SPI), универсальные асинхронные приёмопередатчики (UART/RS-232), местные контроллерные сети (CAN) и коммутируемые локальные сети (LIN). Функция листинга (формирование списков) обеспечивает удобство просмотра пакетов данных с корреляцией по времени и выделением ошибок.

www.keysight.com/go/news

Борисов заявил о необходимости крупных инвестиций в электронную промышленность

Развитие микронизированных производств — одно из важнейших направлений, от которого зависит устойчивость критической инфраструктуры, банковской сферы, обороноспособности и всех отраслей экономики. Об этом сообщил вице-премьер РФ Юрий Борисов по итогам совещания у главы правительства РФ Михаила Мишустина, где обсуждались проблемы радиоэлектронного комплекса и развитие микронизированных производств в России.



«Достижения национальных целей и задач без развития отечественных микронизированных производств мы можем не достичь, потому что строить своё счастье

на западных решениях — это обречь себя на постоянную зависимость на длительном цикле», — сказал вице-премьер.

В ходе обсуждения члены совещания пришли к выводу, что за последние 30 лет недостаточно усилий было вложено в эту отрасль. Борисов рассказал, что на совещании назывались суммы, которые необходимо вложить в развитие электронной промышленности, и они гораздо выше, чем сегодня заложено в государственных программах: «Мировая практика показала все пути развития и подъёма этих направлений. Это комбинации трёх основных направлений: бюджетная поддержка отрасли, создание государственных мер поддержки в виде таможенного тарифа и налоговых преференций, чтобы создать инвестиционную привлекательность для частного капитала, потому что на одном бюджете эту отрасль не поднять, и гарантированные рынки с опорой на внутренний рынок».

По словам Борисова, комбинация этих трёх перечисленных направлений на практике показала и дала хорошие результаты в таких странах, как Южная Корея, Китай, Тайвань и Малайзия.

www.tvzvezda.ru



ПРОТИВОСКОЛЬЗЯЩАЯ ПОДОШВА

- ✓ РАЗРАБОТАНА ПРИ СОДЕЙСТВИИ ВЕДУЩИХ ОРТОПЕДОВ
- ✓ ОБЕСПЕЧИВАЕТ НЕПРЕВЗОЙДЕННЫЙ КОМФОРТ ДЛЯ НОГ
- ✓ СООТВЕТСТВУЕТ СТАНДАРТАМ ПО ЗАЩИТЕ ЭЛЕКТРОНИКИ ОТ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ



ОГРОМНЫЙ ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ЗАЛ В МОСКВЕ



НПО Диод – официальный дистрибьютор **ABEVA** в России.

г. Москва, ул. Новгородская д.1, к. Г, оф. 211

+7 (495) 150-53-17

реклама





Специальный проект журнала «Современная электроника» и ГК «СИЛТЭК»

RFID: всему своё место

Максим Селиванов (smv@siltech.ru)

В прошлом номере автор статьи рассказывал о технологии радиочастотной идентификации (RFID), истории её возникновения и устройстве RFID-меток. В этот раз речь пойдёт о разновидностях меток, RFID-системе, принципах размещения (позиционирования) меток на объектах и их качестве.

Виды меток

В основе любой метки всегда есть чип и антенна, их закрепление на плёночной основе из лавсана называется «инлей». Чтобы воспользоваться инлеем в «походных» условиях, необходимо упаковать его в оболочку. Метки различаются в зависимости от условий использования. Виды меток представлены в таблице.

Из чего состоит RFID-система

Любая RFID-система состоит из трёх базовых компонентов: специальных меток (тегов), терминалов сбора данных с антеннами (считывателей, ридеров) и программного обеспечения.

RFID-метки разделяются на активные и пассивные. Активные метки содержат

элемент питания, за счёт чего усиливается радиосигнал и, соответственно, увеличивается дальность считывания. Передача данных через активные метки происходит по технологии BLE – энергоэкономичной разновидности Bluetooth. Расстояние, на котором считывается активная метка, может достигать 100 м в зависимости от условий. Такие метки применяются при производстве браслетов для школьников, датчиков позиционирования и элементов Интернета вещей.

Пассивные метки не имеют собственного источника энергии, они питаются от принимаемого радиосигнала. Дальность считывания – от 1 см до 20 м (пассивные метки-рекордсмены срабатывают и на дистанции 50 м), и

этого вполне достаточно для выполняемых метками функций. Объём потребления меток в мире достиг в 2019 году 18,5 млрд единиц в год. Пассивные метки являются самым массово производимым продуктом.

Терминал сбора данных – устройство, которое распознаёт и считывает информацию с метки, фиксирует её и передаёт через специализированное программное обеспечение (ПО). Для чтения меток в диапазоне ультра-высоких частот (UHF) применяются терминалы сбора данных со специальными антеннами. В качестве NFC-ридера выступает практически любой современный смартфон. Процесс передачи данных с помощью NFC можно наблюдать при оплате в супермаркете, когда смартфон прикладывается к терминалу на кассе.

Стационарные считыватели используются в качестве «порталов», контролирующих проход в торговые залы, цеха, склады и производственные участки. Без стационарных считывателей не обойтись, когда метки располагаются на движущихся объектах. Для увеличения площади считывания может применяться группа антенн, подключённых к одному ридеру. Также группа ридеров может объединяться в систему через локальную сеть.

Специализированное программное обеспечение является мозгом RFID-системы. С помощью ПО обеспечивается обмен, хранение, обработка и анализ данных, а также передача рекомендаций персоналу и сигналов на исполнительные механизмы (например, шлагбаумы, транспортные линии, производственные светофоры). Именно в программном обеспечении происходит присвоение информации конкретному чипу. Только в сочетании метки с материальным объектом можно по-настоящему оценить преимущество RFID-технологии. Посредством ПО связываются все элементы системы в единую сеть.

Разновидности RFID-меток

Вид метки	Размещение инлея	Способ крепления на объекте маркировки	Применение	Срок использования
Метка-наклейка.	Запечатана в бумажную или целлофановую основу.	Клеевая поверхность.	Маркировка одежды, обуви, книг, продуктов и других непродовольственных товаров, а также их групповой упаковки. В виде пломбы-наклейки для опечатывания шкафов, коробов и других мест хранения.	Во всей логистической цепочке от производства до момента получения товара потребителем. Пока существует необходимость в контроле и учёте.
Метка, вшитая в ткань.	Надёжно закреплена внутри текстильного ярлыка.	Вшивание.	Маркировка одежды и обуви, полотенец и постельного белья, спецодежды и другого текстиля.	Пока используется объект маркировки.
Метка на пломбировочном устройстве (ПУ).	Пластиковая оболочка, припаянная к флажку ПУ.	Механизм закрепления ПУ.	Опечатывание различных объектов и приборов учёта электроэнергии, газа, воды.	До момента снятия ПУ.
Корпусированная метка.	Внутри корпуса (форм-фактора).	Клей, винты, болты, шурупы, саморезы, стропы, хомуты, стяжки, проволока, магниты.	Маркировка оборудования, транспорта, оборотной тары, инфраструктурных объектов, животных, древесины.	Пока существует необходимость в маркировке и учёте материальных объектов.

SOAP – четыре основных аспекта позиционирования

Теперь, когда есть RFID-система и большой ассортимент разнообразных меток, важно понять, как этим всем пользоваться. Главный вопрос: как определить расположение метки на объекте? Для правильного размещения (позиционирования) метки используется система SOAP, аббревиатура которой включает в себе четыре основных аспекта позиционирования: Size (размер), Orientation (ориентация в пространстве), Angle (угол) и Placement (размещение).

Size. Размер метки имеет значение, поскольку он должен соответствовать размеру маркируемого объекта. Также это важно из-за корреляции между размером метки и диапазоном чтения: чем больше метка, тем больше диапазон чтения.

Orientation. Ориентация может быть вертикальной или горизонтальной по отношению к антенне. Ориентация критична для достижения идеальных скоростей считывания. Чтобы найти оптимальное положение метки, которое даст высокую скорость чтения, нужно поворачивать метку на плоской поверхности и проверять её в разных положениях. Использование антенн круговой поляризации (сигнал в антенне распространяется в обеих плоскостях, похоже на движение винта) помогает смягчить любые проблемы, вызванные ориентацией метки.



Корпусированная RFID-метка из эластомера

Angle. Чем больше угол, под которым расположена метка относительно антенны, тем меньше диапазон считывания. Следует убедиться (когда это возможно), что передняя часть метки находится непосредственно перед антенной. Наличие даже небольшого угла уменьшает диапазон считывания. Чтобы смягчить эту проблему, лучше всего использовать антенны для покрытия меток под разными углами.

Placement. Важно проверить читаемость метки в различных местах на предмете, чтобы найти точку, на которой генерируются лучшие показания. Например, на плоскости картонной коробки, которая находится перед антенной или считывателем, попробовать разместить метку в разных точках и подобрать таким образом оптимальное расположение.

Контроль качества RFID-меток

В прошлом во время выборочного контроля из партии меток для теста изымали несколько экземпляров. На основе полученных результатов



Пломбы-наклейки с RFID

с помощью формулы вероятности рассчитывалось качество всей партии. Сегодня из-за снижения стоимости диагностического оборудования оснастить контрольными участками все производственные площади не составляет труда. Высокое быстродействие оборудования позволяет тестировать работоспособность каждой производимой метки независимо от скорости производственной линии, что позволяет следить за качеством 100% экземпляров партии.

В следующем номере автор расскажет о применении RFID-продуктов в промышленности и ТЭК.



НОВОСТИ МИРА

RFID в России: в каких отраслях будет наблюдаться рост применения в 2020 году

По данным RAIN RFID Alliance, в 2019 году количество RFID-меток, используемых в мире, выросло на 15,6% по сравнению с 2018 годом и достигло 18,5 млрд единиц. На 2020 год прогнозируется увеличение до 20 млрд. Доля России в этом объёме пока ничтожна и составляет единицы процентов.

Тем не менее мировые компании (в основном из ритейла), ведущие бизнес в России и применяющие RFID-технологии, дали толчок развитию этой технологии. В частности, банковский сектор активно присматривается к RFID для решения задач по учёту материальных ценностей. Крупные холдинги и корпорации, предприятия лёгкой и тяжёлой промышленности, горно-метал-

лургические комбинаты планируют учитывать свои материальные активы с помощью RFID-технологии, и многие уже начали это делать. Причём речь идёт не просто о пилотных проектах, а о полноценном внедрении.

Почему именно банки и другие финансовые организации первыми подхватывают этот тренд? У них в управлении находится колоссальный оборот материальных ценностей, им нужно выстраивать логистику. Компании из сферы финансов занимаются хранением и перевозкой наличных денег, слитков, ценных бумаг и т.д. Транспортировка наличности и ценных предметов требует повышенной охраны, которая начинается на стадии учёта и контроля. Штрихкоды уже, мягко говоря, несовременны. Только RFID-технология способна справиться с задачей учёта эффективно. Поговорка «время – деньги» здесь как нель-

зя кстати. Технология RFID позволяет экономить и время, и деньги.

В качестве подтверждения: ещё с прошлого года ряд банков (обойдёмся без названия, хотя это открытая информация) объявили и «сыграли» тендеры на поставку RFID-оборудования и меток для маркировки кассет для банкоматов, боксов для ключей, бейджей и других предметов. Банки считают RFID стратегической технологией для идентификации активов.

Ещё интересный пример – учебные заведения. Здесь спектр применения очень широк: маркировка мебели, техники, учебного оборудования, библиотечного хозяйства, а также всего имущества кампусов и общежитий. В этом секторе RFID-технология начала набирать популярность недавно и имеет огромный потенциал.

Использование защитных покрытий с УФ-отверждением для повышения скорости производства и качества продукции в электронной промышленности

Сергей Махлаков (Москва)

В статье рассматриваются современные защитные покрытия, отверждаемые ультрафиолетом, анализируются их особенности, а также преимущества, которые новые материалы способны дать предприятиям электронной промышленности. Приводятся результаты экспериментальных исследований.

Введение

Электронные схемы становятся неотъемлемой частью современной жизни. Всё больше процессов, которые когда-то были изолированными и по своей природе ручными, теперь автоматизируются и подключаются к Интернету. В результате электронные схемы постепенно адаптируются для работы во всё более агрессивных условиях: от автомобилей, холодильников и мобильных устройств до аппаратных средств управления самолётами. При этом постоянно возрастают требования к количеству выполняемых функций, скорости работы устройств и их миниатюризации.

Во многих случаях выход из строя схемы в лучшем случае причиняет неудобства, а в худшем – влечёт за собой финансовые потери. Однако по мере того как инфраструктура становится всё более взаимосвязанной, отдельные сбои ставят всю систему (а в некоторых случаях – и человеческие жизни) под угрозу.

Нанесение защитного покрытия – это технология, которая использовалась для повышения надёжности электронных плат, работающих в суровых условиях, в течение последних 50 лет. Защитные покрытия представляют собой тонкие полимерные материалы, которые применяются для защиты металлических поверхностей от коррозии, конденсации, диэлектрических пробоев, а также от образования оловянных «усов». Традиционно эти материалы существуют на основе растворителя, что обеспечивает им низкую вязкость и делает материалы простыми в применении. Однако использование растворителей стало более ограниченным с экологической

точки зрения, и потребители всё больше начинают осознавать проблемы, связанные с данными процессами: затраты на удаление и утилизацию токсичных материалов, а также влияние выбросов, возникающих в результате их переработки, на окружающую среду.

С точки зрения этики, материалы без растворителей – разумный выбор. Выбросы вредных веществ на предприятии значительно снизятся. В зависимости от местного, регионального и национального законодательства это приведёт к экономии средств. Такие материалы являются невоспламеняющимися и, как правило, представляют гораздо меньшую опасность для здоровья человека. Зачастую потребности в энергии, необходимой для отверждения материалов без растворителей, значительно ниже, что приводит к снижению затрат на электроэнергию и уменьшению выбросов углекислого газа.

С точки зрения производительности, материалы, не содержащие растворитель, обычно наносятся более густо, что приводит к увеличению площади покрытия и, следовательно, к большей защитной способности. Такие составы являются более современными и предоставляют больше возможностей для удовлетворения повышенных требований защиты в новых условиях применения. К примеру, в автомобильной промышленности требуется устойчивость к термоциклированию, а в аэрокосмической промышленности – повышенное сопротивление к конденсации.

С точки зрения процесса, современные материалы разработаны для более быстрого достижения защитных свойств. Будь то влагоотверждае-

мые, УФ-отверждаемые или химически отверждаемые – эти материалы предназначены для повышения производительности. В будущем с ростом требований к электронным устройствам и их применениям будут расти и требования к защитным покрытиям. И по мере того как характеристики современных материалов без растворителей будут прогрессировать, разница между этими материалами и устаревающими будет становиться всё более значительной.

УФ-отверждаемые защитные покрытия

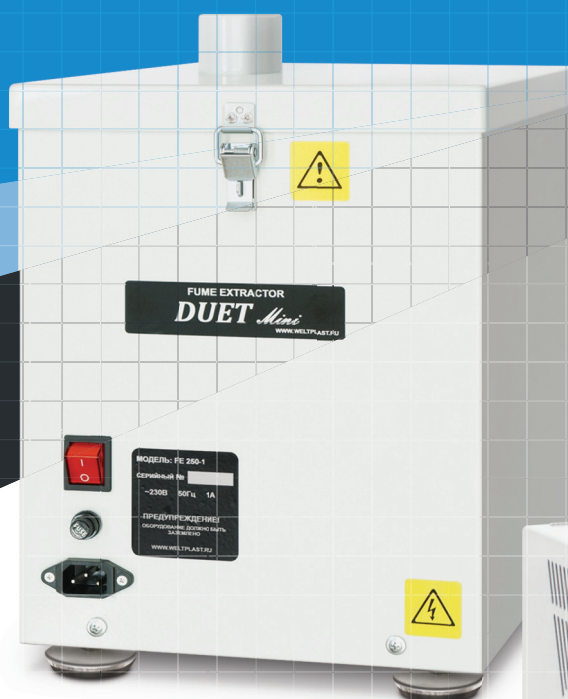
Материалы, о которых идёт речь, отверждаются чрезвычайно быстро (в течение нескольких секунд) при воздействии ультрафиолетового излучения с подходящей длиной волны и интенсивностью, что делает использование материалов чрезвычайно важным для увеличения производительности и уменьшения объёма выполняемых работ. УФ-отверждаемые материалы обычно обеспечивают хорошие защитные свойства и улучшенную химическую стойкость по сравнению с другими покрытиями. Они используются в печатной промышленности с 1960-х годов. В 1980-х годах эта технология была перенесена в электронную промышленность.

К сожалению, свет распространяется только по прямой траектории, а отверждение происходит лишь в тех областях, куда он попадает. Из-за трёхмерной структуры печатной платы вполне вероятно, что некоторые её участки не будут полностью освещаться. В частности, материал на задней стороне выводов компонентов и под компонентами. По этой причине для УФ-отверждаемых материалов должен быть предусмотрен вторичный механизм отверждения, который может работать за счёт влаги, химического вещества или тепла. Отверждение влагой обычно было более предпочтитель-

STOP & GO¹

ПРОТЕХ совместно с Термопро представляют новую опцию Stop & Go для дымоуловителя Duet FE-250 и паяльной станции Альфа-100.

При работе с паяльной станцией дымоуловитель автоматически включается в момент начала пайки и отключается по ее окончании.



DUET FE-250-1 – компактный и эффективный дымоуловитель для паяльных работ.

- производительность: 200 м³
- уровень шума: <50дБ
- диаметр впускного патрубка: 1×50мм
- эффективность очистки для частиц: 0.3мкм 99,997%

АЛЬФА-100 – одноканальная паяльная станция с подставкой для пайки плат и разъемов. Разработана для производства изделий ответственного назначения.

- диапазон рабочих температур от 100-400°C (450°C кратковременно)
- сменный инструмент: термopinцеты, импульсные паяльники
- широкий выбор наконечников для монтажа



Опция позволит оптимизировать рабочий процесс для монтажников, сэкономить электроэнергию, а также продлить срок службы фильтров дымоуловителя.

ОБОРУДОВАНИЕ РАЗРАБОТАНО И ПРОИЗВЕДЕНО В РФ.

Реклама

ЕДИНЫЙ НОМЕР: 8 800 555 26 99
PROTEHNOLOGY.RU

ПРОТЕХ

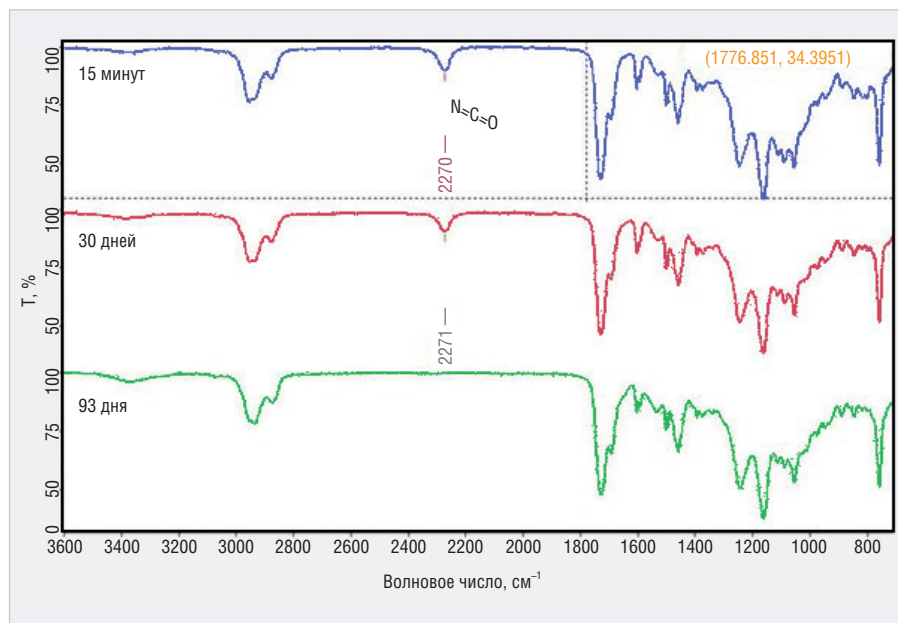


Рис. 1. Исчезновение пика изоцианата в УФ/влагоотверждаемом материале со временем после воздействия ультрафиолета при +23°C и относительной влажности 50%

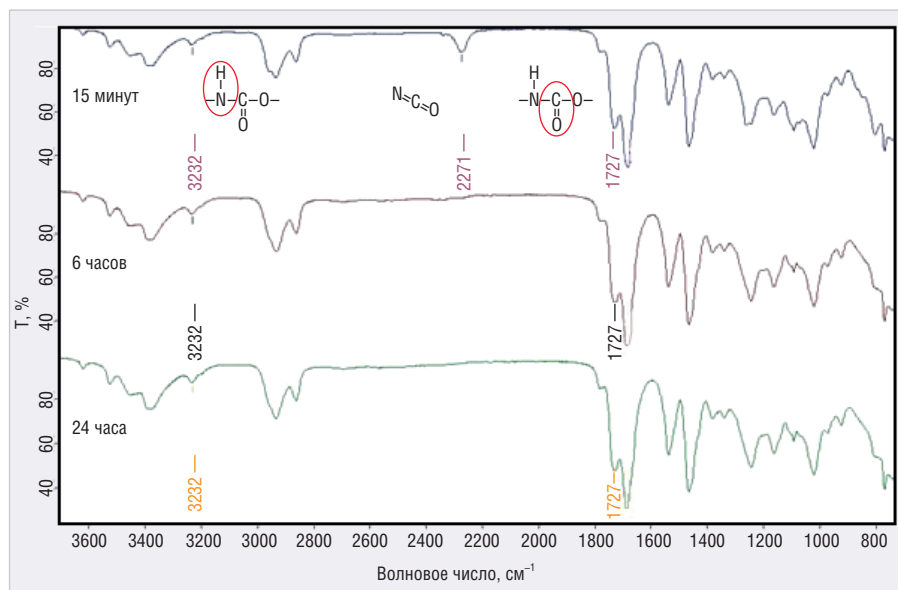


Рис. 3. Исчезновение пика изоцианата при вторичном химическом процессе отверждения

ным, поскольку оно не требует дополнительных процессов. Однако в этом случае материал хорошо отверждается в областях, подверженных воздействию света, что затрудняет диффузию влаги и покрытия, а также выделение уходящих групп (обычно диоксида углерода). Чем лучше барьер покрытия, тем дольше длится процесс вторичного отверждения, и в данном случае речь идёт уже о днях, неделях, месяцах и даже годах. Это можно увидеть на рисунке 1, где в инфракрасном спектре со временем наблюдается исчезновение пика изоцианата в основном УФ-влагоотверждаемом материале на предметном стекле с типичной толщиной 150 мкм.

Пик изоцианата исчезал через 93 дня при хранении при +23°C и относительной влажности 50%. Таким образом, материалу потребовалось более трёх месяцев для достижения необходимых свойств. Если мы рассмотрим материал под компонентом, который не подвергался воздействию ультрафиолета и полностью зависит от процесса вторичного отверждения, то станет ясно, что это может занять ещё больше времени. При удалении достаточно небольшой микросхемы через 60 дней были обнаружены пятна довольно вязкого жидкого покрытия в затенённых областях, как показано на рисунке 2.

Процессы вторичного отверждения теплом требуют дополнительных про-

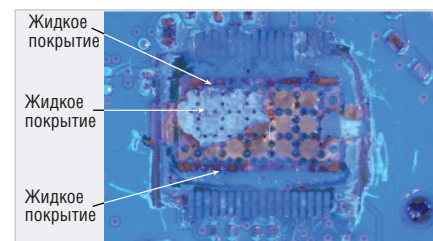


Рис. 2. Участки жидкого покрытия под компонентом SOIC спустя 60 дней после УФ-отверждения

цедур и времени, что в значительной степени нивелирует преимущества быстрого первичного отверждения. Первоначальное быстрое отверждение может создавать значительные уровни напряжения и редко приводит к более чем 70–80% полимеризации. Это означает, что материалы могут содержать реакционноспособные группы, которые остаются бездействующими. После воздействия высоких температур (+100°C) может происходить дополнительная полимеризация, в результате чего материалы продолжают затвердевать, со временем менять свойства и становиться более склонными к растрескиванию во время теплового удара.

Материалы, для которых требуется вторичный химический процесс, полностью отверждаются в течение 6–8 ч при комнатной температуре после воздействия подходящего длинноволнового ультрафиолетового света (от светодиода 365 нм или железо-легированной D-лампы), как показано на рисунке 3. Изоцианатный пик полностью исчез в течение 6 ч. Благодаря уникальной рецептуре этих материалов остаточное напряжение сводится к минимуму, и отверждение происходит с высокой эффективностью, что приводит к минимальным изменениям свойств при термодиклировании.

Чтобы оценить изменения физических свойств материалов в результате процесса термического старения, встречающиеся в типичных экспериментах на термический удар листы испытываемых материалов были сформованы и отверждены с использованием рекомендуемых длин волн и дозы УФ. Эти листы затем извлекали из тефлоновой формы. Из них были изготовлены образцы, которые отверждались в течение 60 дней в условиях окружающей среды (+25°C при относительной влажности 45–55%). Затем пять образцов каждого материала были испытаны на удлинение и модуль упругости

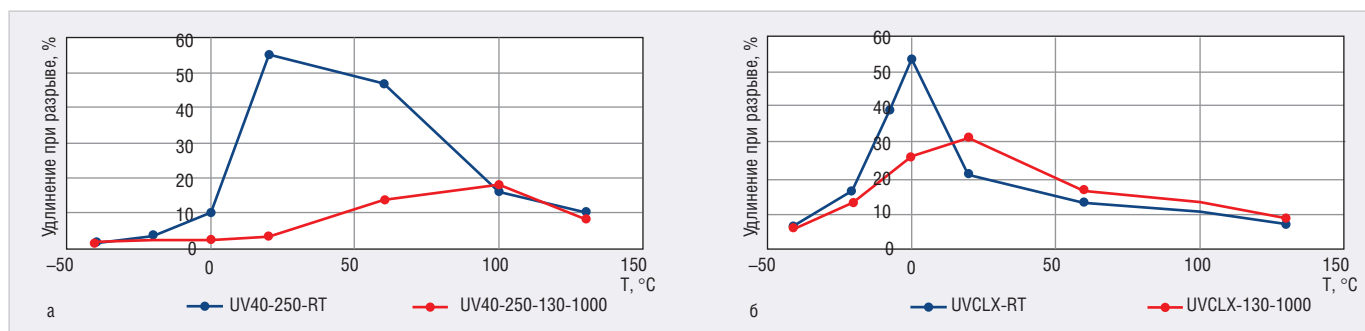


Рис. 4. Тесты на растяжение защитных покрытий после термического старения: а) UV40-250; б) UVCLX

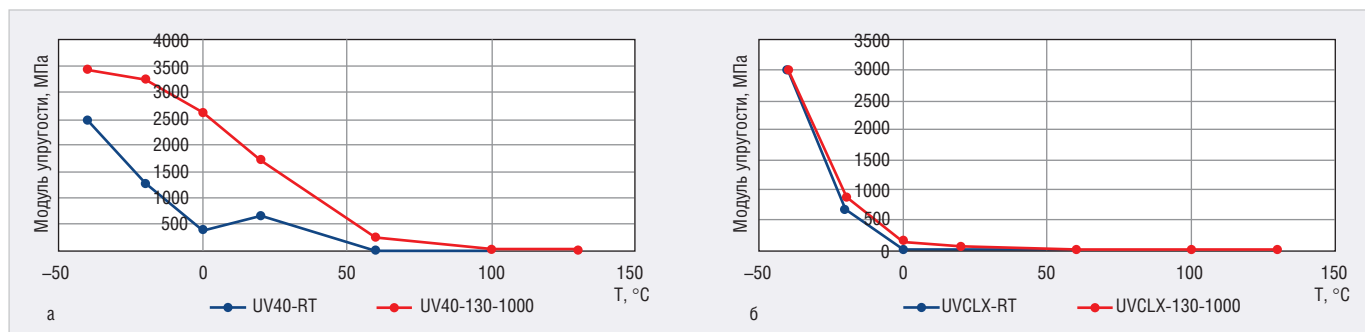
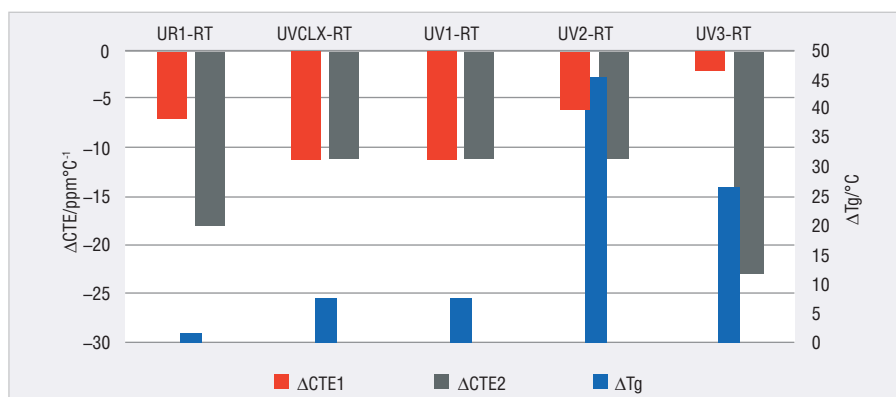


Рис. 5. Тест модуля упругости защитных покрытий: а) UV40; б) UVCLX

при -40 , -20 , 0 , $+20$, $+60$, $+100$ и $+130^{\circ}\text{C}$. Результаты испытаний приведены далее в тексте.

Для того чтобы оценить изменения свойств материала после термического старения, были построены профили модуля упругости и относительного удлинения при разрыве (см. рис. 4, 5). Если посмотреть на обычный УФ-влагостойкий материал, становится очевидно, что общее удлинение при разрыве материала значительно уменьшается, причём максимальное растяжение происходит в диапазоне от примерно комнатной температуры до $+100^{\circ}\text{C}$ (см. рис. 4а). Это говорит о том, что материалы во время термического старения становятся более хрупкими. Для материала химического отверждения наблюдается общий чистый прирост эластичности и значительно уменьшённый сдвиг в максимальной эластичности примерно от 0 до $+20^{\circ}\text{C}$ (см. рис. 4б). В целом профили схожи, что свидетельствует о том, что материал не сильно изменился в процессе термического старения, оставаясь эластичным и гибким.

На рисунке 5а показано увеличение модуля упругости обычного материала, отверждаемого ультрафиолетом/влажностью, что указывает на увеличение жёсткости и значительное увеличение напряжения, приложенного к паяным узлам, в более широком диапазоне, тогда как для материала химического


 Рис. 6. Температура стеклования и коэффициент теплового расширения во время старения при $+130^{\circ}\text{C}$

отверждения модуль упругости остаётся постоянным при старении.

Общая картина такова, что обычные материалы имеют тенденцию быть очень жёсткими и неэластичными при температурах ниже температуры окружающей среды, тогда как система химического отверждения оставалась эластичной до -20°C , но всё ещё сохраняла способность к удлинению даже при -40°C .

Коэффициент теплового расширения (СТЕ) и температуры стеклования (T_g)

В дополнение к приведённым значениям модуля эластичности и удлинения при разрыве: значения СТЕ и T_g являются важными величинами, которые определяют повреждение, нанесённое паяным узлом во время тепловых

отклонений. Несовпадение между СТЕ сборки и покрытия является, по крайней мере, одной из причин растрескивания покрытий во время испытаний на термический удар.

Значения СТЕ для различных покрытий были измерены с помощью цифровой корреляции изображений (DIC) – высокоточной методологии оптических измерений (см. рис. 6). Эта методика измерений особенно хорошо подходит для материалов покрытий, где обычные методы термомеханического анализа (ТМА) могут быть неточными из-за размягчения образца. Листы образцов были изготовлены, отверждены и состарены вместе с теми, которые использовались для исследования модуля и удлинения эластичности при разрыве. Результаты работы DIC приведены в таблице 1. СТЕ1 – это СТЕ в обла-

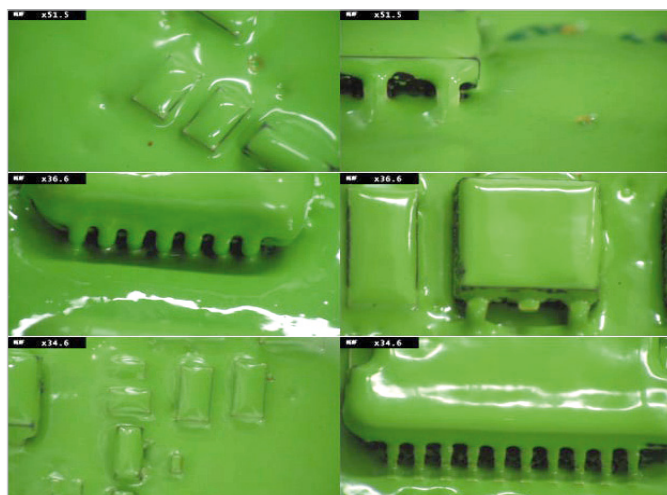


Рис. 7. УФ/химически отверждаемое покрытие после 1000 циклов теплового удара (от -40 до $+130^{\circ}\text{C}$)

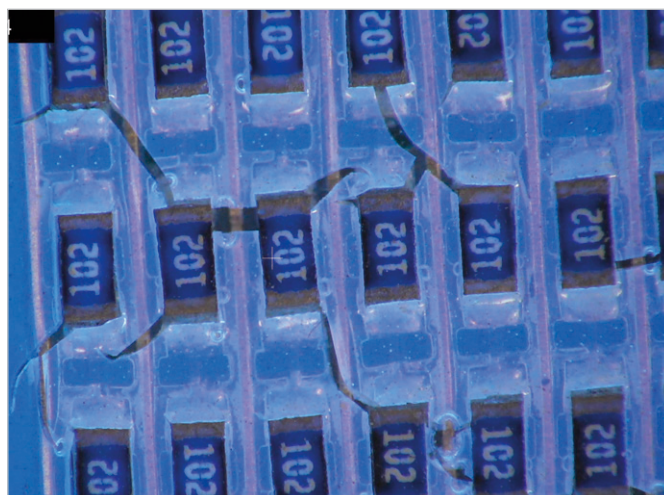


Рис. 8. Трещины на материале, отверждаемом УФ/влажгой после 1000 циклов теплового удара (от -40 до $+130^{\circ}\text{C}$)

Таблица 1. Результаты измерения температуры стеклования и коэффициента теплового расширения

Материал	Тип	Комнатная температура			$+130^{\circ}\text{C}$, 1000 ч		
		Tg	СТЕ1	СТЕ2	Tg	СТЕ1	СТЕ2
UR1	Хим.	-36	108	204	-34	101	186
UVCLX	УФ/хим.	-22	81	133	-20	70	122
UV1	УФ/влажа	-6	82	176	0	80	171
UV2	УФ/влажа	18	86	169	64	80	144
UV3	УФ/влажа	7	85	164	34	83	164

Таблица 2. Производительность покрытий при тепловом ударе

Материал	$-40...+60^{\circ}\text{C}$					$0...+130^{\circ}\text{C}$					$-40...+130^{\circ}\text{C}$				
	0	250	500	750	1000	0	250	500	750	1000	0	250	500	750	1000
UR1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UVCLX	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
UV1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	0	0	1	2	3
UV2	0	0	1	1	1	0	1	3	3	3	0	1	3	3	4
UV3	0	0	1	1	1	0	1	3	4	5	0	1	4	4	5

сти ниже Tg, а СТЕ2 – значение СТЕ в области выше Tg.

Эти данные, как показано на рисунке 8, подчёркивают, что Tg различных плёнок не только увеличивается с возрастом (в большей или меньшей степени), но во время процесса старения происходит и соответствующее снижение СТЕ. Материалы, отверждаемые ультрафиолетом/влажгой, показали значительно увеличенный сдвиг в Tg и большие изменения в СТЕ (особенно в СТЕ2). Это указывает на то, что во время термического старения материал становится всё более спшитым, что снова согласуется с данными удлинения и модуля упругости, показанными ранее.

Тестирование на тепловой удар

Отсутствие изменений в физических свойствах во время термического ста-

рения является важным параметром при выборе материала. Ключ к производительности для конечного пользователя заключается в том, сможет ли материал выдержать требуемый профиль теплового удара, не растрескиваясь и не создавая дополнительную нагрузку на паяные узлы.

Чтобы исследовать это, 12 автомобильных блоков управления двигателем были выборочно покрыты каждым из пяти тестируемых материалов. Четыре платы были подвергнуты эксперименту с полным тепловым ударом при температуре от -40 до $+130^{\circ}\text{C}$, четыре платы были подвергнуты режиму термического удара при температуре от 0 до $+130^{\circ}\text{C}$, остальные платы – от -40 до $+60^{\circ}\text{C}$. После 250 циклов испытаний платы визуально проверяли на наличие тре-

щин в покрытии. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Самым поразительным наблюдением в этой экспериментальной работе является то, что было обнаружено так мало трещин на платах, подвергнутых циклу от -40 до $+60^{\circ}\text{C}$, и то, что различия между платами, прошедшими другие режимы удара, столь незначительны.

Материалы, которые имели наиболее стабильные свойства в процессе термического старения, материалы химического отверждения и УФ/химического отверждения, демонстрировали минимальное растрескивание во время эксперимента с термическим ударом (как показано на рис. 7). UV1, который обладал наиболее стабильными свойствами термического старения среди обычных материалов, отверждаемых ультрафиолетовым излучением и влажгой, демонстрировал гораздо более низкий уровень растрескивания, чем UV2 и UV3 (см. рис. 8).

Заключение

Таким образом, было показано, что процесс УФ/химического отверждения займёт около 6 ч, тогда как для полного отверждения УФ/влажгой потребовалось более трёх месяцев. УФ/химически отверждаемый материал значительно улучшил стабильность основных физических свойств во время термического старения по сравнению с обычными УФ/влажгоотверждаемыми материалами. Эта улучшенная стабильность свойств привела к значительному улучшению стойкости покрытия к тепловому удару по сравнению с обычными материалами, отверждаемыми только УФ.

ВНИМАНИЕ!
НОВЫЕ ДАТЫ!

IX ВСЕРОССИЙСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ

«ЭМС»

2-3 ИЮЛЯ 2020

Сроки и место проведения:

2-3 июля 2020 года

Парк-отель «Свежий ветер»

Участие в конференции*:

Для участия необходимо направить заявку
в Организационный комитет до 26.06.2020 г.

Организационный комитет:

Телефон/факс: (495) 657-87-37

E-mail: tp@test-expert.ru

* Участие в конференции платное. За подробной
информацией о программе конференции, пожалуйста,
обращайтесь в Организационный комитет.

К ОБСУЖДЕНИЮ ПРЕДЛАГАЮТСЯ СЛЕДУЮЩИЕ ВОПРОСЫ:

- Нормативно-правовое поле ЭМС, сравнение отечественных и зарубежных стандартов.
- Испытания бортовых сетей на ЭМС, их разработка и защита с учетом требований ЭМС.
- Защита РЭА от электромагнитных воздействий.
- Восприимчивость устройств к преднамеренным ЭМП (испытания).
- Разработка устройств с учетом требований ЭМС.
- Объектовая и межобъектовая ЭМС.
- Прогнозирование и расчет электромагнитной обстановки (математические расчеты, моделирование).
- Экранирующие, поглощающие и отражающие материалы.
- Экранирование корпусов, кабельных линий и соединителей.
- Проблемы организации испытательных лабораторий.
- Испытательное оборудование для ЭМС.
- Метрологическое обеспечение испытаний в области ЭМС.



реклама

НОВОСТИ МИРА

Выставки ExpoElectronica и ElectronTechExpo перенесены на 11–13 августа 2020

Сегодня пандемия коронавируса COVID-19 затронула практически все страны мира, и мы видим, насколько правительства и граждане многих стран решительно борются с этим глобальным бедствием.



К счастью, уже поступают позитивные сигналы из Китая, где эпидемия сдерживается, и страна начинает постепенно возвращаться к нормальной жизни.

Мы не сомневаемся, что меры, предпринятые Правительством РФ, Роспотребнадзором РФ и региональными властями, эффективны и позволят бизнесу начать возвращаться к нормальной деловой жизни.

В этой связи рады сообщить о том, что выставки ExpoElectronica и ElectronTechExpo, запланированные на апрель, перенесены на новые даты: 11 – 13 августа 2020 года.

Команда выставок уже начала подготовку к мероприятиям, новости будут регулярно появляться на сайте.

Пресс-служба Hyve group

Дмитрий Песков назвал провалом развитие цифровых технологий в стране

Специальный представитель президента РФ по вопросам цифрового и технологического развития, генеральный директор АНО «Платформа НТИ» Дмитрий Песков считает, что национальная программа развития цифровых технологий в стране провалилась.

Об этом он сообщил в ходе онлайн-пресс-конференции: «Цифровые технологии Национальной технологической инициативы (НТИ) работают, цифровые технологии национальной программы «Цифровая экономика» не работают. В этом кардинальная разница. Министерство связи и массовых коммуникаций свою ответственность за развитие цифровых технологий в насто-

ящий момент провалило. Я надеюсь, что новое правительство сможет собраться и выстроить эффективный механизм реализации национальных целей в части развития сквозных технологий».

По словам Дмитрия Пескова, всю работу по развитию цифровых технологий в настоящее время ведут соответствующие центры компетенций НТИ.

Национальная технологическая инициатива (НТИ) – программа по созданию новых рынков и обеспечению условий для технологического лидерства РФ к 2035 году. В рамках НТИ одобрены дорожные карты развития технологий по направлениям (рынкам) «Аэронет», «Автонет», «Маринет», «Нейронет», «Хелснет», «Энерджи-нет», «Технет» и Кружковому движению. В числе «сквозных технологий» НТИ – искусственный интеллект, Интернет вещей, большие данные, квантовые технологии, новые и портативные источники энергии, нейротехнологии и прочие. Задачи НТИ интегрированы в национальный проект «Наука». Согласно паспорту нацпроекта, в России созданы 14 центров компетенций НТИ. Оператором проекта создания Центров компетенций НТИ выступает Российская венчурная компания.

TACC

Микроволновая Электроника

Контрольно-измерительное оборудование www.mwel.ru

Выходная мощность

2 Вт

Ширина полосы

560 МГц

Виды встроенных сигналов

ППРЧ
ЛЧМ
мультицифровые,
импульсные

Фазовый шум

-140 дБн/Гц

Интерфейс ввода данных и управления

10 Гбит/с
Ethernet (SFP+)
1 Гбит/с
Ethernet (SFP)-опции
3 Гбит/с
по радиоканалу

Встроенные цифровые виды модуляции

M-PSK, M-QAM,
OOK, M-ASK,
M-FSK, MSK,
GMSK,
произвольный

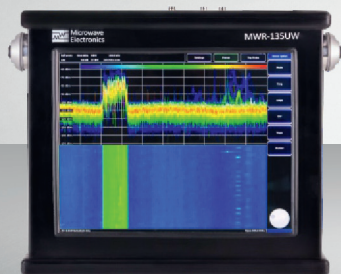
Диапазон рабочих частот

8 кГц – 16 ГГц

Векторный генератор сигналов **MWT-160U**



Измерительный приемник **MWR-135UW**



Полоса анализа реального времени

260 МГц

Фазовый шум

-140 дБн/Гц

Полоса демодуляции и записи

260 МГц

Графический сенсорный дисплей

17"

Чувствительность

-166 дБм/Гц

Интерфейс вывода данных

10 Гбит/с
Ethernet (SFP+)

Динамический диапазон

153 дБ

Диапазон рабочих частот

8 кГц – 13.5 ГГц

Скорость сканирования

58 ГГц/с

тел.: +7 (495) 137-5335
e-mail: info@mwel.ru

НОВОСТИ МИРА

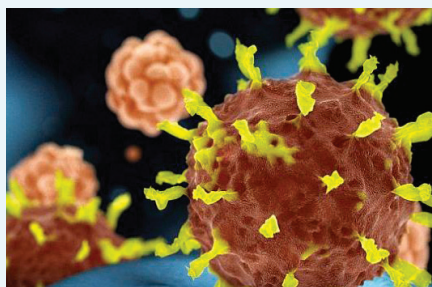
Учёные NVIDIA присоединяются к бою с COVID-19

Производитель графических процессоров – компания Nvidia объявила, что рабочая группа компьютерных учёных присоединилась к Консорциуму высокопроизводительных вычислений (HPC) COVID-19, который объединяет лидеров правительства, промышленности и научных кругов США для ускорения исследований по борьбе с коронавирусом с использованием самых мощных ресурсов HPC.

Цель консорциума HPC COVID-19 состоит в том, чтобы ускорить разработку эффективных методов для обнаружения и лечения коронавируса. Консорциум поддерживает исследователей, предоставляя доступ к более 30 суперкомпьютерным системам с более чем 400 петафлопс вычислительной производительности.

Команда Nvidia, по словам компании, обладает опытом в различных критических областях, включая искусственный интеллект (ИИ), суперкомпьютеры, поиск лекарств, молекулярную динамику, геномику, медицинскую визуализацию и анализ данных.

«Консорциум HPC COVID-19 – это Apollo-программа нашего времени, – комментирует Иан Бак (Ian Buck), вице-президент и генеральный менеджер по ускоренным вычислениям в Nvidia. – Это не гонка высадки на Луну, но это вызов всему человечеству. Космические корабли являются суперкомпьютерами – GPU, а их топливо – это научные знания. Nvidia собирается помочь, заставив эти «ракеты» лететь как можно быстрее».



Для достижения прогресса в конечном итоге потребуется объединить три основных компонента – учёных в предметной области, компьютерщиков и высокопроизводительные компьютеры.

Рабочая группа Nvidia поможет консорциуму следующим образом:

- применение искусственного интеллекта: Nvidia предоставляет экспертные знания в области ИИ, чтобы помочь научным командам консорциума получать и обрабатывать быстрее большие объёмы данных, чтобы лучше их понять, потратив меньше времени;
 - ускорение научных исследований: Nvidia обладает более чем десятилетним опытом в областях молекулярной биологии, медицинской визуализации, геномики и вычислительной гидродинамики;
 - оптимизация и масштабирование вычислений: Nvidia обладает опытом оптимизации производительности суперкомпьютеров. Оптимизация производительности также важна, как и добавление дополнительных вычислительных ресурсов, например, 20-процентная оптимизация в системе с 330 петафлопсами равна 60 петафлопсам, что эквивалентно четвёртому быстрейшему суперкомпьютеру в мире.
- Nvidia заявляет, что внесёт вклад в разработку программного обеспечения для соответствующих программных приложений для ИИ и биологических наук через Nvidia NGC, концентратор для ПО с GPU-ускорением.

eeNewsEmbedded

Почему Периферийное Сканирование? Почему именно JTAG Technologies?

- ✓ Сокращение времени разработки изделий
- ✓ Рекордно быстрая окупаемость метода
- ✓ Многократное использование тестов
- ✓ Высокая скорость тестирования
- ✓ Доступ к скрытым цепям плат
- ✓ Эффективное производство
- ✓ Экономия трудовых ресурсов

- ✓ Тестирование и программирование плат
- ✓ Станции для лаборатории, цеха и отдела сервиса
- ✓ Мы стоим у истоков периферийного сканирования
- ✓ Клиенты более чем в 50 странах
- ✓ Более 15 лет в России, сотни клиентов
- ✓ Офис техподдержки в России
- ✓ Периферийное сканирование – это мы

РАЗРАБОТКА
Получайте полностью работоспособные опытные образцы

ПРОИЗВОДСТВО
Сделайте производственную линию совершенной с технологиями JTAG

СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ
Ремонтируйте цифровые платы даже при отсутствии САД-данных на них

www.jtag.com • www.jtaglive.com • +7 812 602 09 15 • russia@jtag.com

Реклама

Оценка эффективности силового полупроводникового прибора методом двухимпульсного тестирования

Андреа Винчи (Tektronix)

Актуальная задача снижения коммуникационных потерь в силовой полупроводниковой электронике зачастую требует нетривиальных методов решения. Одним из доступных и эффективных подходов в данной области является двухимпульсное тестирование с применением генератора сигналов произвольной формы.

Коммутационные потери являются неизбежными для любого силового полупроводникового прибора. Однако эти потери могут быть минимизированы за счёт оптимизации и тщательного измерения параметров, связанных с энергоэффективностью. Предпочтительным методом измерения коммутационных параметров МОП-транзисторов или БТИЗ (биполярных транзисторов с изолированным затвором, IGBT) является двухимпульсное тестирование. Для оптимизации или проверки соответствия фактических параметров заданным инженеры могут точно определить динамические характеристики силовых полупроводниковых приборов и модулей в различных условиях посредством анализа параметров включения, выключения и обратного восстановления.

Для выполнения такого теста требуется сгенерировать не менее двух импульсов напряжения различной

длительности с точной синхронизацией. Это всегда было довольно сложной задачей, сопряжённой с различными ошибками. Однако ситуация изменилась после появления генераторов сигналов произвольной формы и стандартных функций со специализированным приложением для двухимпульсного тестирования. Для упрощения понимания метода двухимпульсного тестирования сначала рассмотрим его теоретические основы, а затем на конкретном примере дадим рекомендации по эффективному проведению тестов с помощью генератора сигналов произвольной формы и осциллографа.

Проблема эффективности

Вместо кремния в качестве основы силовых полупроводниковых приборов всё чаще применяют полупроводники с широкой запрещённой зоной, такие как карбид кремния

(SiC) и нитрид галлия (GaN), которые по характеристикам превосходно подходят для применения в жёстких условиях эксплуатации, например в промышленности и автотранспорте. GaN и SiC обеспечивают компактную эффективную конструкцию прибора и лучшее быстродействие. Как показано на рисунке 1, повышать энергоэффективность силовой электроники требуется на всех этапах: начиная с генерации электроэнергии и заканчивая её потреблением. Силовые преобразователи используются при генерации, передаче и потреблении энергии, а поскольку ни одна из этих операций не выполняется со 100% эффективностью, то потери энергии присутствуют на каждом этапе.

Как показано на рисунке 2, в идеальном случае коммутирующее устройство должно находиться в состояниях «открыто» или «закрыто» с мгновенным переключением между ними. В состоянии «открыто» импеданс устройства равен нулю, и оно не рассеивает мощность вне зависимости от величины протекающего через него тока. В состоянии «закрыто» импеданс бесконечно велик, ток не протекает и мощность не рассеивается.

Однако на практике потери мощности происходят в основном во время перехода из открытого в закрытое состояние и обратно. Такое неидеальное поведение происходит из-за паразитных элементов в схеме. Как показано на рисунке 3, паразитные ёмкости

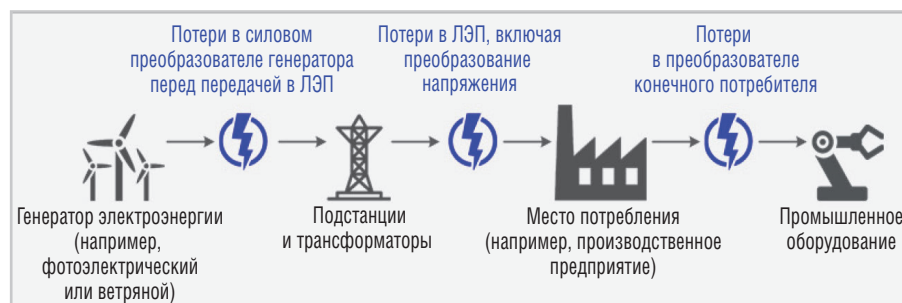


Рис. 1. Источники потерь электроэнергии

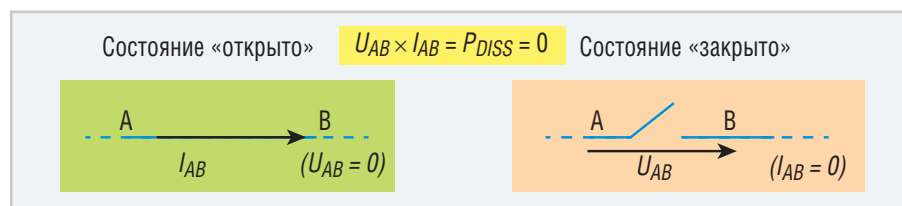


Рис. 2. Идеальная коммутация с нулевыми потерями мощности

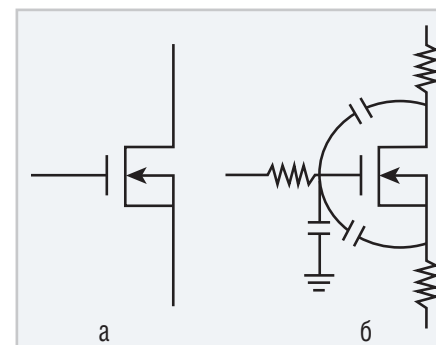


Рис. 3. Условное графическое обозначение МОП-транзистора (а) и его эквивалентная схема (б)

затвора снижают скорость переключения, увеличивая время включения и выключения. Протекание тока через паразитные сопротивления между стоком и истоком МОП-транзистора вызывает потери мощности. Поэтому, чтобы свести к минимуму коммутационные потери для создания более эффективных преобразователей, инженерам-конструкторам нужно измерять все временные параметры переключения.

Что такое двухимпульсное тестирование?

Метод двухимпульсного тестирования предназначен для измерения коммутационных параметров и оценки динамических характеристик силовых полупроводниковых приборов. С его помощью определяют следующие параметры:

- параметры включения: задержка включения $t_{здвкл}$, время нарастания t_{nr} , время включения $t_{вкл}$, энергия включения $E_{вкл}$, скорость нарастания тока и напряжения dU/dt и di/dt ;
- параметры выключения: задержка выключения $t_{здвкл}$, время спада $t_{сп}$, время выключения $t_{выкл}$, энергия выключения $E_{выкл}$, скорость спада тока и напряжения dU/dt и di/dt ;
- параметры обратного восстановления: время обратного восстановления $t_{вос.обр}$, ток обратного восстановления $I_{вос.обр}$, заряд обратного восстановления $Q_{вос.обр}$, di/dt и прямое напряжение в открытом состоянии $U_{ис}$.

Двухимпульсное тестирование выполняется для решения следующих задач:

- гарантированно точное определение характеристик силовых полупроводниковых приборов, таких как МОП-транзисторы и БТИЗ;
- проверка соответствия фактических параметров заданным;
- измерение коммутационных параметров при различных значениях тока и с помощью различных устройств.

Двухимпульсное тестирование выполняют по схеме, показанной на рисунке 4. Для тестирования используются индуктивная нагрузка и источник питания. Индуктивная нагрузка имитирует условия работы транзистора в схеме реального силового преобразователя. Генератор сигналов произвольной формы подаёт на затвор МОП-транзистора импульсы, которые отпирают его. На рисун-

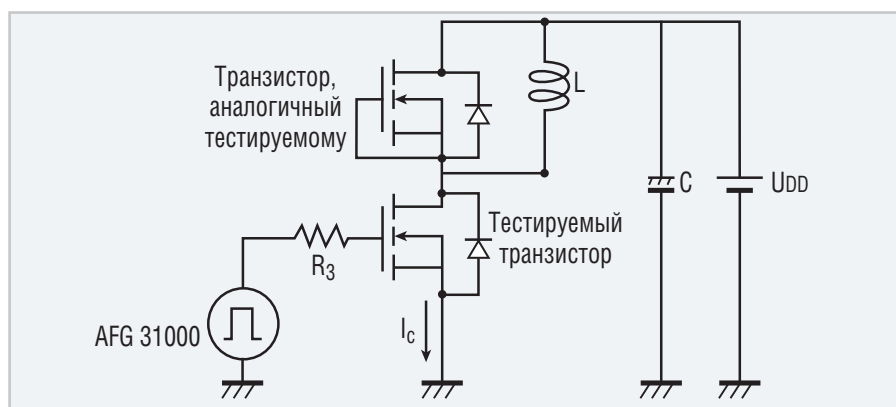


Рис. 4. Схема для проведения двухимпульсного тестирования

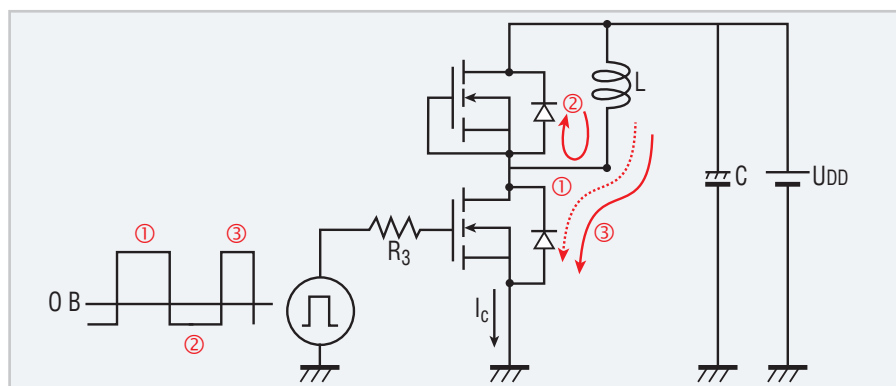


Рис. 5. Протекание тока при тестировании МОП-транзистора

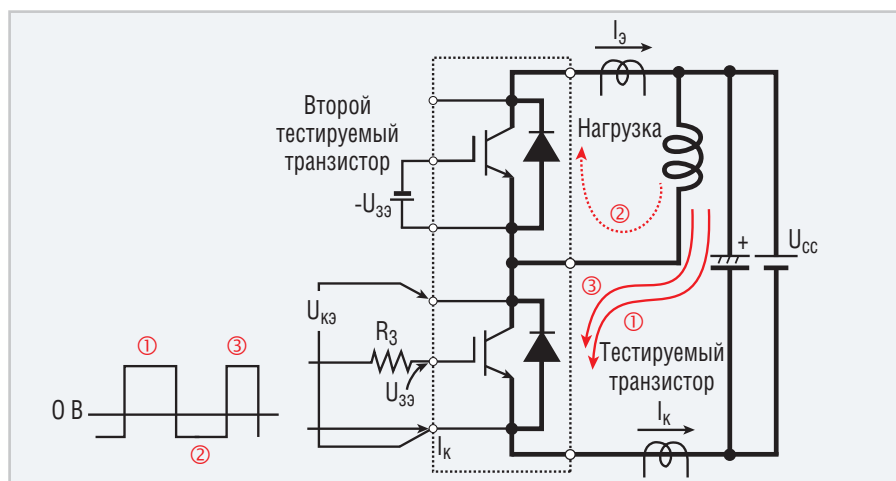


Рис. 6. Протекание тока при тестировании БТИЗ (IGBT-транзистора)

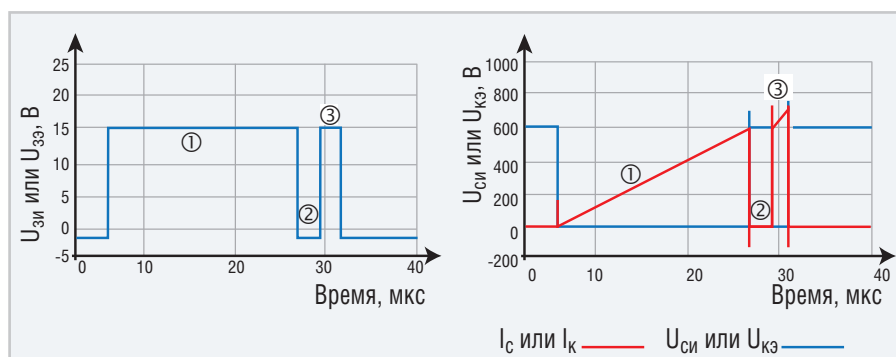


Рис. 7. Типовые осциллограммы, полученные в результате двухимпульсного тестирования

ке 5 показаны пути протекания тока на различных этапах двухимпульсного тестирования МОП-транзистора, а

на рисунке 6 – пути протекания тока при аналогичном тестировании БТИЗ (IGBT-транзистора). На рисунке 7 при-

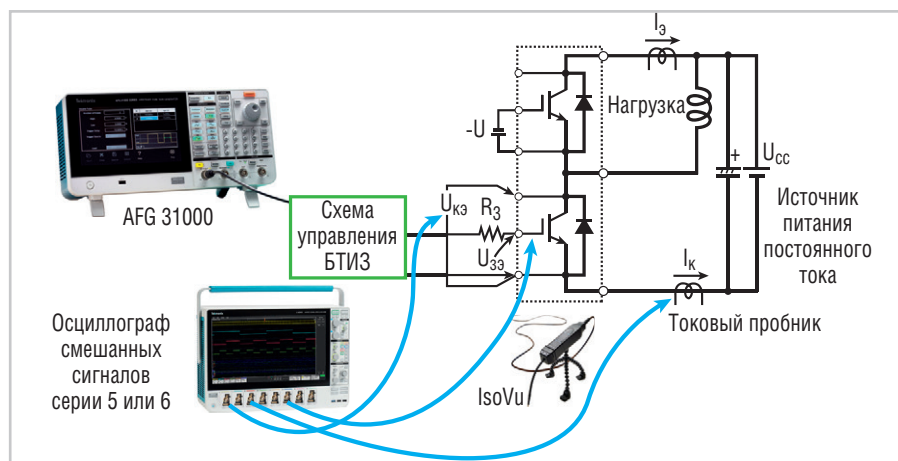


Рис. 8. Аппаратная схема установки для выполнения двухимпульсного тестирования

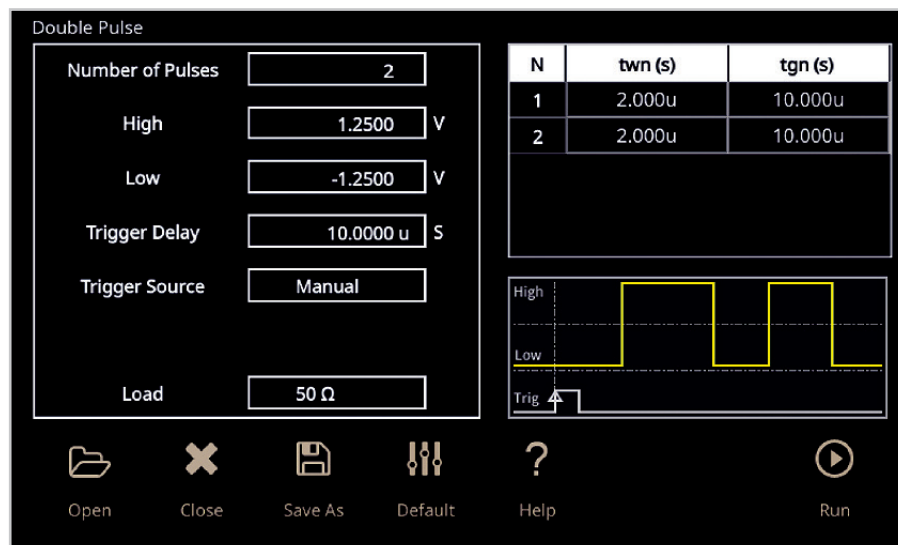


Рис. 9. Интерфейс программного обеспечения двухимпульсного тестирования

ведены осциллограммы измерений на МОП-транзисторе или БТИЗ в нижнем плече преобразователя. Рассмотрим этапы двухимпульсного тестирования и выясним, почему очень важно контролировать длительность и синхронизацию импульсов (эти этапы поясняются рисунками 5, 6 и 7).

Первый этап – подача импульса включения 1 с заранее установленной длительностью. Он открывает транзистор, и ток начинает протекать через индуктивную нагрузку. В течение этого этапа устанавливается нужный испытательный ток I_c , как показано на рисунке 7.

Второй этап начинается после спада первого импульса, что вызывает ток в оппозитном диоде. Период выключения кратковременный, чтобы значение тока сохранялось почти на постоянном уровне. Это видно на рисунках 5 и 6: ток протекает через диод верхнего плеча двухтактного преобразователя на МОП- или IGBT-транзисторах.

Третий этап представлен вторым импульсом включения. Его длительность меньше, чем у первого импульса, поскольку транзистор перегревается. Но эта длительность должна быть достаточной для выполнения измерений. Показанный на рисунке 7 выброс тока вызван обратным восстановлением оппозитного диода из МОП- или IGBT-транзистора верхнего плеча.

Значения времени выключения и включения измеряются в момент спада первого импульса и нарастания второго.

Схема двухимпульсного тестирования

Аппаратная схема двухимпульсного тестирования относительно проста и является общей для большинства технических лабораторий. В схему входят осциллограф средней ценовой категории, пробник с высоким коэффициентом подавления синфазного сигнала и источник питания постоянного тока или источник-измеритель для подачи питания на нагрузку.

Для выполнения теста генератор сигналов произвольной формы и стандартных функций подключают к схеме управления IGBT-транзистора. Генератор должен быть способен сформировать как минимум два импульса напряжения разной длительности (см. рис. 8). Как было сказано ранее, длительность первого импульса должна быть установлена такой, чтобы получить нужное значение коммутируемого тока. Длительность второго импульса должна регулироваться независимо от первого. Она обычно меньше длительности первого импульса, чтобы не допустить повреждения силового транзистора.

Для схемы измерений очень важно, чтобы генератор обеспечивал быстрое и гибкое формирование сигналов. Двухимпульсное тестирование применяют на этапах исследований и разработок, проверки и оценки характеристик, а также при диагностике и ремонте на всех уровнях – от уровня компонентов до готового изделия. Во всех этих областях применения необходимо быстро и просто изменять параметры и проводить измерения с высокой эффективностью и стабильностью.

Несмотря на то что существует ряд способов создания импульсов вручную с помощью ПК или микроконтроллера, одним из самых простых и надёжных является применение генератора сигналов произвольной формы и стандартных функций со специализированным приложением для двухимпульсного тестирования, интерфейс которого показан на рисунке 9. Данное программное обеспечение позволяет пользователю настраивать ряд параметров в одном окне, включая:

- количество импульсов: от 2 до 30;
- длительность импульса: от 20 нс до 50 мкс;
- напряжение высокого и низкого уровня;
- задержка запуска;
- источник сигнала запуска: запуск вручную, внешний или по таймеру;
- нагрузка: 50 Ом или высокоимпедансная.

Проведение двухимпульсных измерений

Для выполнения двухимпульсного тестирования была использована демонстрационная плата EVAL6498L от компании STMicroelectronics и n-канальные МОП-транзисторы STFN10N60M2 на 600 В с номиналь-

ным током стока 7,5 А – также от STMicroelectronics. Соединения были выполнены следующим образом:

- МОП-транзисторы запаены в плату, транзистор Q2 – нижнее плечо, Q1 – верхнее плечо;
- затвор и исток транзистора Q1 были замкнуты, чтобы он не открылся;
- к затвору Q2 был припаян резистор $R=100\text{ Ом}$;
- канал 1 генератора сигналов произвольной формы и стандартных функций был подключён к входам PWM_L и GND демонстрационной платы;
- питание было подключено к входам U_{cc} и GND, чтобы запитать ИС управления затвором;
- к выводам HV и GND был подключён источник-измеритель для подачи питания на индуктивную нагрузку;
- индуктивная нагрузка подключена к выводам HV и OUT.

После выполнения всех соединений к Q2 (МОП-транзистору нижнего плеча) были подключены пробники осциллографа, как показано на рисунке 10. Поскольку напряжение $U_{зи}$ чувствительно к синфазным помехам, применялся пробник с высоким коэффици-

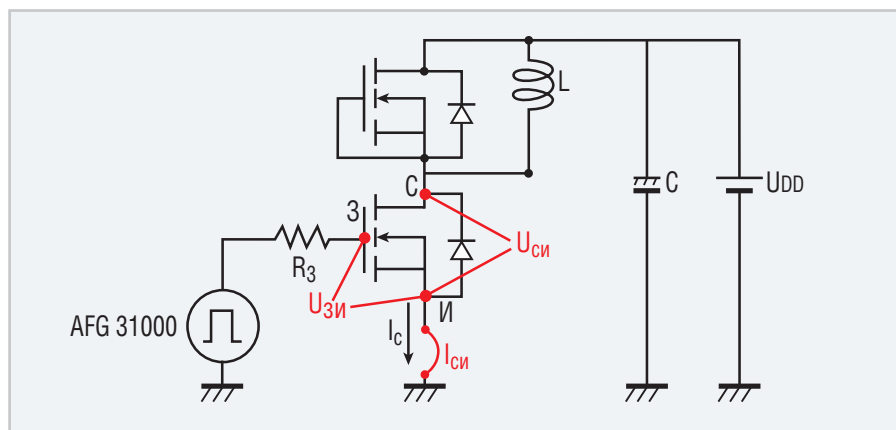


Рис. 10. Точки измерения осциллографом

ентом подавления синфазной помехи. Напряжение $U_{си}$ измерялось с помощью дифференциальных пробников напряжения, а к выводу истока МОП-транзистора был подключён токовый пробник.

На генераторе сигналов произвольной формы и стандартных функций задана амплитуда импульсов 2,5 В. Были установлены следующие настройки: длительность первого импульса 10 мкс, интервал между импульсами 5 мкс, длительность второго импульса 5 мкс и

ручной запуск. Напряжение источника питания было установлено равным 100 В. Осциллограф был настроен на измерение с однократным запуском. Генератор подавал импульсы, форма которых показана на рисунке 11.

Как можно видеть, формы сигналов схожи с формами, показанными на рисунке 7. Выброс тока $I_{си}$ вызван обратным восстановлением оппозитного диода из транзистора верхнего плеча. Этот выброс свойственен данной схеме и приводит к потерям энергии.

Tektronix®

Вы хотели больше выбора

Поэтому мы создали ДВА осциллографа нового поколения, разработанных для повседневной работы каждого инженера.

Новые MSO Серии 4 и MDO Серии 3

Узнайте больше о полной линейке осциллографов с сенсорным дисплеем на ru.tek.com.



Реклама

Параметры включения и выключения рассчитывались по отрицательному перепаду первого импульса и положительному перепаду второго. Стандартный отраслевой метод предусматривает измерение следующих временных параметров включения и выключения, показанных на рисунке 12:

- $t_{зд.вкл}$ – интервал времени между 10% амплитуды напряжения $U_{зи}$ и 90% амплитуды напряжения $U_{си}$;
- $t_{нр}$ – интервал времени между 90% и 10% амплитуды напряжения $U_{си}$;
- $t_{зд.выкл}$ – интервал времени между 90% амплитуды напряжения $U_{зи}$ и 10% амплитуды напряжения $U_{си}$;
- $t_{сп}$ – интервал времени между 10% и 90% амплитуды напряжения $U_{си}$.

На рисунке 13 показаны захваченные осциллографом сигналы для вычисления параметров включения. Воспользовавшись курсорами, можно получить временные параметры, а затем с помощью математической функции вычислить потери при включении в течение данного перепада сигнала. Для расчета потерь в течение перепада использовалась следующая формула:

$$E_{вкл} = \int_0^t U_{си} \times I_{си} dt.$$

С помощью функции интегрирования на осциллографе в данном примере было получено значение 4,7 мкДж. Это относительно небольшие потери энергии, поскольку они были вычислены только по номинальным значениям напряжения и тока.

Как и в случае с включением, для получения временных параметров выключения были использованы курсоры (см. рис. 14), а затем с помощью математической функции вычислялись потери при выключении в течение данного перепада сигнала. Потери энергии во время переходного процесса выключения также вычислены по формуле, приведённой выше.

С помощью функции интегрирования на осциллографе было получено значение 1,68 мкДж. И снова потери энергии оказались относительно небольшими, так как для вычисления были использованы только номинальные значения напряжения и тока.

Заключительным этапом процедуры тестирования было измерение характеристик обратной полярности диода МОП-транзистора. Ток обратного восстановления возникает при подаче второго импульса. Как показано на рисунке 15, открытый

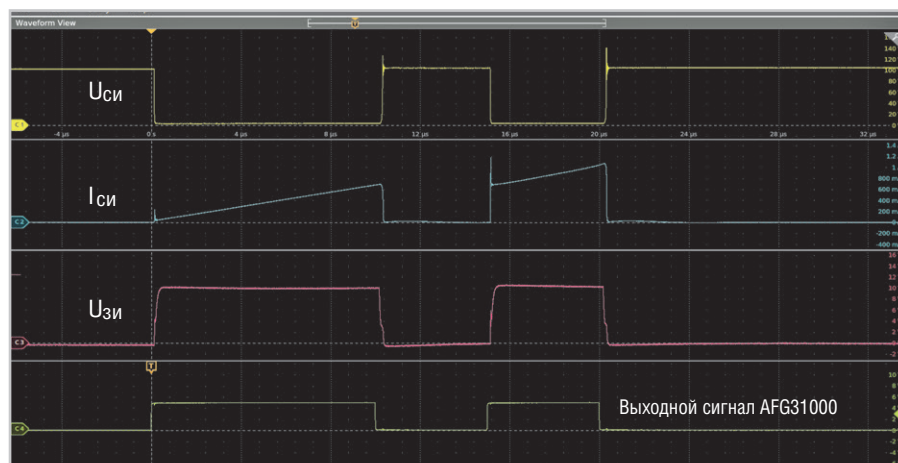


Рис. 11. Осциллограммы двух импульсов

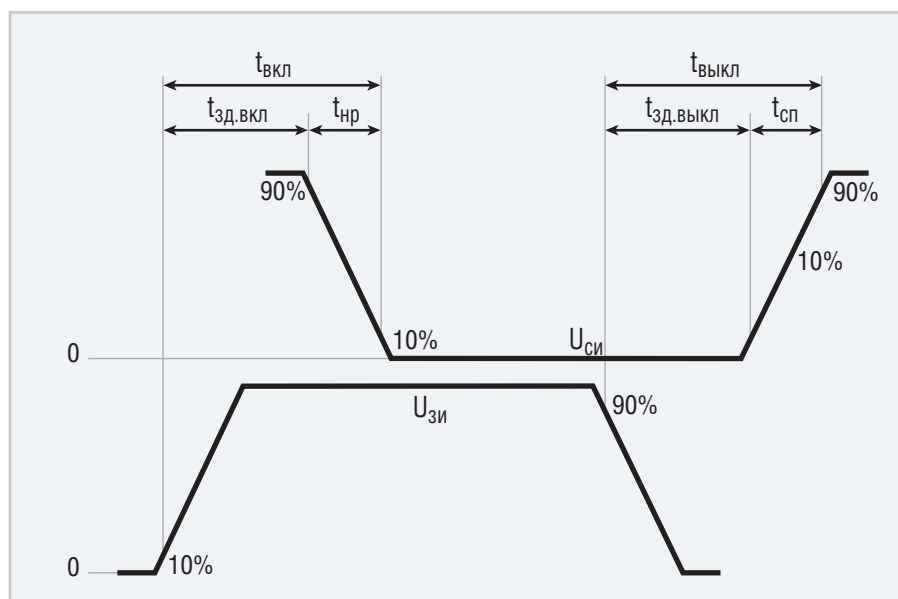


Рис. 12. Временные параметры включения и выключения, вычисляемые стандартным отраслевым методом

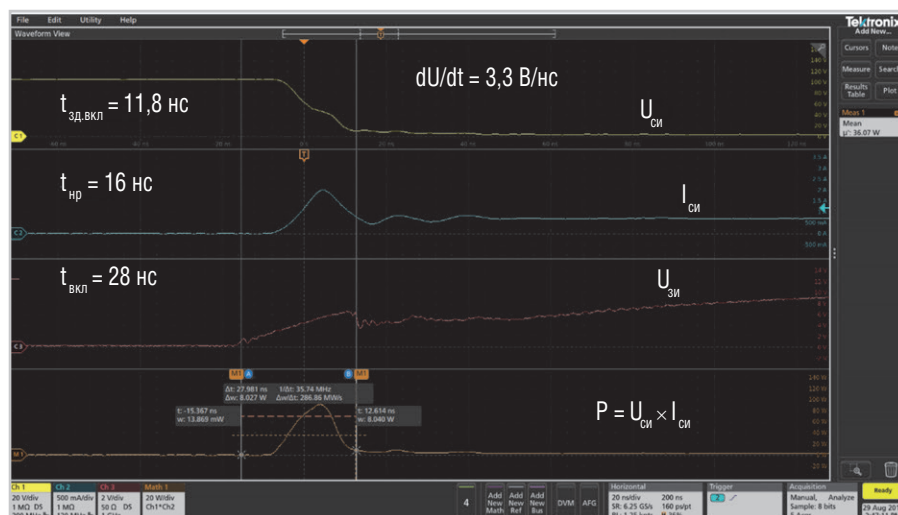


Рис. 13. Сигналы для вычисления временных параметров включения

диод проводит ток прямой полярности в направлении 2. При повторном включении МОП-транзистора нижнего плеча диод должен переключиться в закрытое состояние, однако в тече-

ние небольшого интервала времени он продолжит пропускать ток, называемый током обратного восстановления. Этот ток обратного восстановления вызывает потери энергии, что

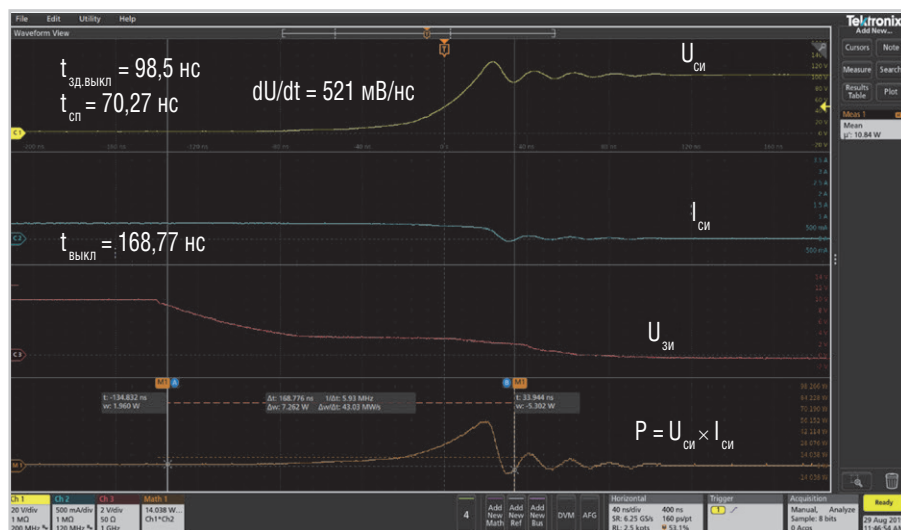


Рис. 14. Сигналы для вычисления параметров выключения

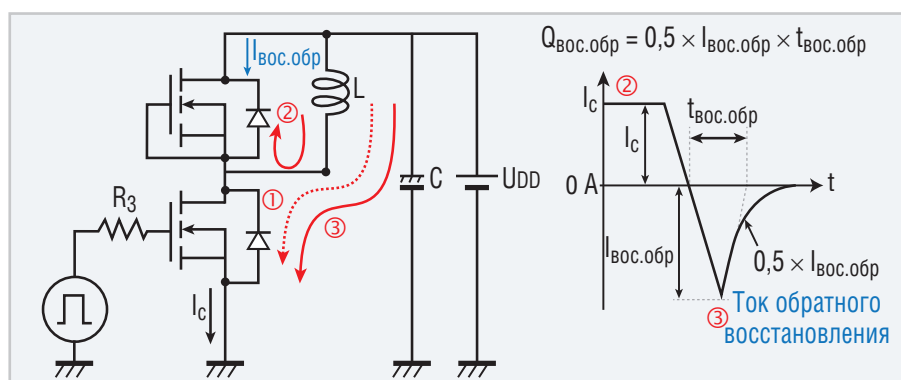


Рис. 15. Возникновение тока обратного восстановления при подаче второго импульса

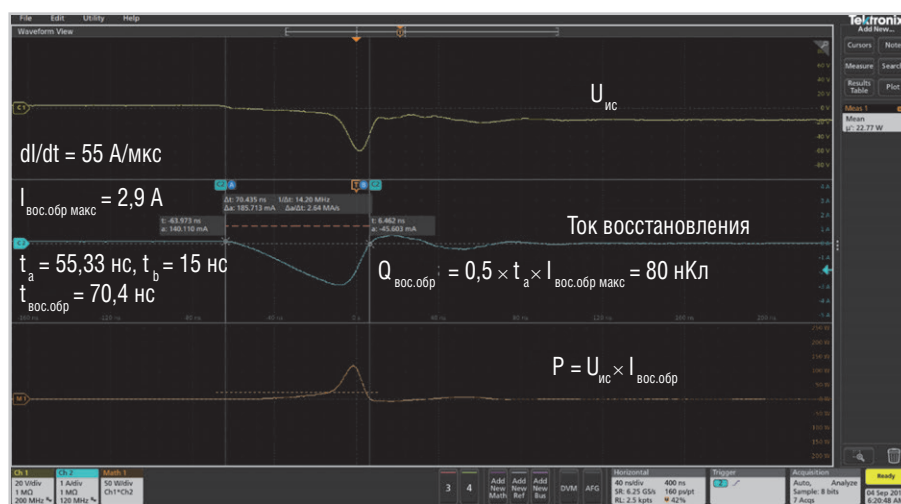


Рис. 16. Осциллограммы обратного восстановления при напряжении источника-измерителя 20 В

непосредственно сказывается на КПД силового преобразователя.

Измерения выполнялись на МОП-транзисторе верхнего плеча. Были измерены ток I_c через МОП-транзистор верхнего плеча и напряжение $U_{ци}$ на диоде. На рисунке 15 показано, как были получены следующие параметры обратного восстановления: время обратного восстановления $t_{вос.обр}$, ток обратного восстановления $I_{вос.обр}$

заряд обратного восстановления $Q_{вос.обр}$, di/dt и прямое напряжение в открытом состоянии $U_{ци}$.

Показанные на рисунке 16 осциллограммы были получены при напряжении 20 В, поданном с источника-измерителя. Временные параметры были получены с использованием курсоров. С помощью математической функции были вычислены потери обратного восстановления во время данного пере-

пада сигнала. Для расчёта потерь в течение перепада использовалась формула:

$$E_{вос.обр} = \int_0^t U_{ци} \times I_{вос.обр. макс} dt.$$

С помощью функции интегрирования на осциллографе было получено значение 7 мкДж.

Закключение

Метод двухимпульсного тестирования является предпочтительным для измерения коммутационных параметров и оценки динамических характеристик силовых полупроводниковых приборов. Он позволяет инженерам-разработчикам оценить коммутационные потери в силовых преобразователях.

Для двухимпульсного тестирования следует подать два импульса напряжения разной длительности с точной синхронизацией, что является достаточно сложной задачей. Например, сигналы можно создать на компьютере, а затем загрузить их в генератор стандартных функций. Для этой цели также можно использовать микроконтроллеры, программирование которых требует много времени и усилий. Однако, как показано на практическом примере, генератор сигналов произвольной формы и стандартных функций с программным обеспечением двухимпульсного тестирования позволяет легко создавать импульсы заданной длительности для поддержки различных сценариев тестирования.

Литература

1. Double Pulse Test with the Tektronix AFG31000 Arbitrary Function Generator. Application note. <https://www.tek.com/document/technical-brief/evolving-materials-and-testing-emerging-generations-power-electronics>.
2. Measuring Power Supply Switching Loss with an Oscilloscope. Application note. <https://www.tek.com/document/application-note/measuring-power-supply-switching-loss-oscilloscope>.
3. Understanding MOSFET Datasheets: Switching Parameters. <https://training.ti.com/understanding-mosfet-datasheets-switching-parameters>.
4. STF110N60M2. Datasheet. <https://www.mouser.com/datasheet/2/389/stf110n60m2-974335.pdf>.
5. EVAL6498L. Evaluation board for the L6498L gate driver. https://www.st.com/resource/en/data_brief/eval6498L.pdf.

НОВОСТИ МИРА

РОСНАНО ПРОТИВ COVID-19

Ситуация с коронавирусом становится сложнее, и группа РОСНАНО мобилизует свои ресурсы для борьбы с ним. Уже задействованы мощности высокотехнологичных производств. Речь идёт не только о выпуске собственной продукции, но и о предоставлении сервисов для ускорения реализации других проектов, появляющихся на рынке.



Так, группа компаний «ТехноСпарк» (Technospark) ожидает государственной регистрации созданного при её участии анализатора «Индикатор-БИО» для выявления COVID-19, а её контрактная компания TEN fab приступила к серийному производству комплектов деталей для картриджей амплификаторов, тестирующих на коронавирус. Картридж – это сердце диагностической системы, куда помещаются пробы на анализ.

Мобильная версия прибора компании «Эвотек-Мирай Геномикс» (56 таких ком-

плектов будет поставлено для Департамента здравоохранения Москвы) позволяет временно проводить большое количество тестов и получать результат в течение 30 минут.

По контракту с «Эвотек-Мирай Геномикс» TEN fab изготовит 3 тысячи комплектов деталей для картриджей амплификаторов. Это – ключевой узел всей диагностической системы, куда пробы помещаются на анализ. Работа началась, и первая партия уже поступила заказчику.

Не оставим вирусу шансов!

#роснано #TENfab #ТехноСпарк
#диагностикаCOVID19

АНТИКРИЗИСНЫЕ МЕРЫ
ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Члены Ассоциации Разработчиков и Производителей Электроники согласовали предложения по дополнению перечня антикризисных мер, представленных Президентом России Владимиром Путиным. В заданном Президентом России направлении подготовлены предложения отраслевого уровня.

Электронная промышленность является одной из самых глобализованных, а потому несёт наибольший ущерб от эпидемиологических ограничений, установленных крупнейшими мировыми производителями

комплектующих и материалов. В настоящее время недоступность отдельных компонентов приводит к невозможности выполнения производственных планов многими предприятиями нашей отрасли. Значительная часть стоимости конечной продукции имеет валютное ценнообразование. При фиксированных рублёвых ценах многие долгосрочные государственные контракты стали убыточными для предприятий отрасли после девальвации рубля в марте.

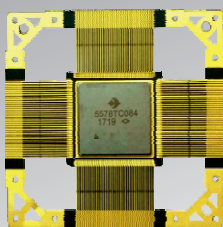
Электронная промышленность включает в себя большое число технологических передёлов, очень широкую и сложную сеть кооперации, в которой сбой одного поставщика часто приводит к невозможности выпуска конечной продукции множеством предприятий. Крайне важно сохранить устойчивость всей отраслевой кооперационной экосистемы. Это возможно, если максимально снизить для предприятий отрасли фискальную нагрузку, сократить сроки платежей, чтобы повысить эффективность использования оборотных средств. Критически важно устранить административные барьеры, на преодоление которых у компаний в условиях кризиса нет ни финансовых ресурсов, ни времени.

Официальное письмо с предложениями АРПЭ

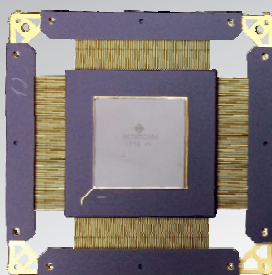
АО «ВЗПП-С»

Тел/Факс: (473) 223-69-51
e-mail: market@vzpp-s.ru
www.vzpp-s.ru

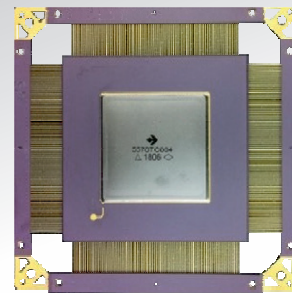
Программируемые логические интегральные схемы



ПЛИС 5578TC084



ПЛИС 5578TC094



ПЛИС 5578TC064, 5578TC104

Основные функциональные параметры	5578TC084	5578TC094	5578TC064	5578TC104
Зарубежные аналоги, ф. Altera	EP3C16	EP3C25	EP3C55	EP3C40
Емкость, системных вентилей	800 000	1 200 000	3 000 000	2 000 000
Количество эквивалентных логических элементов	15 408	24 624	55 856	39 600
Объем встроенной памяти, Кбит	504	594	2 340	1 134
Количество умножителей 18×18	56	66	156	126
Количество блоков ФАПЧ	4			
Поддерживаемый ряд интерфейсов	2,5V LVTTTL/LVCMOS	2,5V LVTTTL/LVCMOS	LVDS; 2,5V LVTTTL/LVCMOS	LVDS; SSTL-2 Class I/II; 2,5V LVTTTL/LVCMOS
напряжение питания ядра	1,2 ± 0,05 В			
напряжение питания периферии	2,5 В ± 5 %			
Количество выводов, программ. пользователем	84	195	279	279
Корпусное исполнение	МК 4248.144-1	МК 4251.304-2	МК 4254.352-1	

Для проектирования используется САПР Quartus II и доп. ПО разработки и производства АО «КТЦ ЭЛЕКТРОНИКА».

Реклама

НОВОСТИ МИРА

НИЗКИЕ ТРАТЫ НА СПАСЕНИЕ ЭКОНОМИКИ ОТ КОРОНАВИРУСА СВЯЗАНЫ С ОПАСЕНИЯМИ ВЛАСТЕЙ

На фоне глобальной пандемии и падения цен на нефть государства по всему миру столкнулись с замедлением деловой активности и угрозой полномасштабного кризиса. Для поддержки экономики правительства различных стран анонсируют широкие стимулирующие программы, которые превышают 10% ВВП.

Между тем президент России Владимир Путин объявил программу поддержки, которая, по подсчётам ING Bank, эквивалентна всего 2% ВВП. Это значительно меньше, чем Россия направила на поддержку экономики во время кризиса 2008-2009 годов. Тогда стимулирующие меры составляли 10% ВВП, поясняет агентство. При этом в российских резервах, включая Фонд национального благосостояния (ФНБ), куда шли сверхдоходы от нефти, находится \$550 млрд.

Известный экономист Григорий Явлинский рассказал, где России взять деньги: «США направляют на поддержку людей и экономики 9% от ВВП, Великобритания –

около 14%, Германия – свыше 20%. Россия выделила на медицину, помощь частному бизнесу и населению пока только 0,3% от своего ВВП. У России есть финансовые резервы: Фонд национального благосостояния – 8,3 трлн рублей, золотовалютные резервы – \$580 млрд и бюджет страны – 20 трлн рублей с профицитом около 2 трлн рублей. Все эти деньги принадлежат народу. Сейчас ими надо воспользоваться. Эпидемия, значительное падение цен на нефть и другие природные ресурсы, девальвация рубля, мировой экономический кризис и низкая эффективность российской экономической системы – опасное сочетание негативных факторов. Чтобы преодолеть кризис, потребуется разумно использовать имеющиеся ресурсы».

«С точки зрения бюджетно-налоговой политики Россия принимает меньше мер для смягчения удара [по экономике] от карантинных мер и внешних факторов, чем большинство стран. Это может быть оправдано на фоне обвала цен на нефть, однако следствием таких действий станет более глубокая рецессия и более медленное восстановление», – считает экономист Bloomberg Economics Скотт Джонсон.

Агентство поясняет нежелание российских властей тратить больше денег тем, что если после кризиса 2008–2009 годов страна смогла в короткие сроки восстановить резервы из-за высоких цен на нефть, то теперь в Кремле готовятся к затяжному периоду дешёвого сырья. По мнению аналитиков, это заставляет российские власти растягивать существующие резервы на как можно более длительный срок.

Цены на нефть начали снижаться в 2020 году на фоне пандемии коронавируса и остановки предприятий по всему миру. В марте они опускались до минимумов за почти 20 лет после того, как Россия и Саудовская Аравия вышли из сделки ОПЕК+ по сокращению добычи. Соглашение перестало действовать 1 апреля. Тогда же Эр-Рияд нарастил добычу, однако Россия фактически оставила свои объёмы неизменными. В апреле стороны заговорили о спасении цен на нефть. Первоначально они планировали провести встречу 6 апреля, однако в итоге её перенесли на 9 число. По неофициальной информации, причиной переноса сделки стало то, что Россия и Саудовская Аравия не договорились о конкретной схеме снижения добычи.

echo.msk.ru



Акционерное общество

ЭРКОН

Научно-производственное объединение

Разработка и производство постоянных непроволочных резисторов, СВЧ резисторов, поглотителей и чип-индуктивностей.

- Современная производственная база
- Высокое качество
- Индивидуальный подход к потребителю

603104, г. Нижний Новгород, ул. Нартова, д.6.
тел. (831)202-24-34 (многоканальный)
(831)202-25-52 отдел продаж (многоканальный),
www.erkon-nn.ru,
e-mail: info@erkon-nn.com



реклама

Управляемый джиттер в цифровых системах и экспериментальная оценка эффективности его использования для снижения помехоэмиссии

Николай Лемешко (nlem83@mail.ru),
Павел Струнин (Pavel.Strunin@rohde-schwarz.com)

В статье рассматривается вопрос использования управляемого джиттера для снижения помехоэмиссии, формируемой цифровыми устройствами. Показано, что при использовании управления частотой по гармоническому закону в соответствии с принципами частотной модуляции каждая гармоника периодического сигнала расщепляется на ряд других с меньшей амплитудой. С использованием средств измерений компании Rohde&Schwarz проведены измерения, подтвердившие эффективность использования управляемого джиттера для снижения помехоэмиссии цепей, в которых передаются периодические цифровые сигналы.

Введение

Использование импульсных сигналов для передачи информации, предложенное ещё на заре развития радиоэлектроники, имеет бесспорные преимущества. Они позволяют чётко формализовать передаваемую информацию и обеспечивают высокую помехоустойчивость. Привычные для радиоинженеров цифровые сигналы, формируемые на основе двоичной системы счисления, являются частным случаем импульсных сигналов. Использование цифровых сигналов, а также развитые современные способы проектирования вполне себя оправдывают [1], позволяя создавать сложные законченные устройства с широкой функциональностью.

Вместе с тем цифровым устройствам свойственна широкополосная помехоэмиссия, полоса которой определяется битовой скоростью передаваемых сигналов и характеризуется непрерывным спектром, если битовый поток имеет случайный характер. Во многих случаях помехоэмиссия, формируемая цифровыми устройствами (ЦУ), определяет электромагнитную обстановку в части широкополосных помех в месте их эксплуатации [2]. Для некоторых сигналов, например тактовых, имеющих выраженную периодичность, в спектре излучений будут присутствовать явно выраженные гармоники, которые легко обнаружить, используя пробники ближнего поля и анализаторы спектра либо осциллографы с функцией быстрого преобразования Фурье.

Ограничение помехоэмиссии технических средств (ТС) является обязательным в составе мероприятий, направленных на обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС). Среди всех прочих методов ограничения – экранирования, выбора рациональной структуры и топологии печатных узлов и других – модификация используемых сигналов является самым молодым направлением и потому требует отдельного рассмотрения.

Известно, что цифровые сигналы характеризуются джиттером [1], т.е. «дрожанием» фронтов и спадов за счёт непостоянства битового интервала. Причины джиттера довольно подробно рассмотрены в [3], обычно к ним относят вариации напряжения электропитания, разницу накопленного заряда в линиях передачи, бит процессы, предшествовавшие текущей передаче и т.д. В ЦУ джиттер является вредным явлением и потому его стремятся уменьшить различными способами, например, используя тактовые генераторы с улучшенными показателями стабильности либо повышая напряжение электропитания с переходом на соответствующую компонентную базу.

Вместе с тем наличие джиттера может быть использовано для снижения уровня помехоэмиссии за счёт перераспределения энергии помех по частоте, если джиттер будет иметь управляемый характер. Это положение требует качественного и количественного обоснования, а также экспериментальной проверки.

Предпосылки использования управляемого джиттера для снижения помехоэмиссии

В ЦУ в общем случае используются сигналы в форме произвольных битовых последовательностей. Такие сигналы имеют сплошной спектр, т.к. являются непериодическими. Построение теории управляемого джиттера (УД) целесообразно сначала выполнять для периодических сигналов, а затем обобщить на произвольные цифровые последовательности.

Пусть последовательность нулей и единиц имеет номинальную частоту f_0 и изначально характеризуется отсутствием джиттера любой природы. ЦУ может работать в некотором интервале значений f_0 , возможные границы которого определяются потребностью в том или ином соотношении работы ЦУ с физическим временем, а верхняя граница, кроме того, зависит от применяемой элементной базы. Любое привнесение в передачу периодического сигнала оказывает влияние на работу ЦУ, потому оно должно быть по возможности минимальным, не влияющим на выходные параметры устройства и незаметным для пользователя. Следовательно, введение УД не должно существенно изменять значение f_0 , и после него значение частоты будет лежать в некотором симметричном относительно f_0 интервале $[f_0 - k \times f_0; f_0 + k \times f_0]$, где $k \ll 1$. В реальных ЦУ всегда заложен запас на джиттер, который может быть использован и для рассматриваемого варьирования частоты.

Известно, что при неизменной частоте последовательность импульсов с амплитудой A и длительностью $\tau_u = T_0/2$, где $T_0 = 1/f_0$, может быть разложена в периодический ряд Фурье. Если такая последовательность является чётной функцией, то коэффициенты разложения будут описываться формулой (1) при постоянной составляющей $a = A/2$. Спектр будет иметь линейчатый характер с гармониками на частотах $n \times f_0$.

Будем считать, что частота f является функцией времени, причём $f(t) = f_0 + k \times f_0 \times G(t)$. Для функции $G(t)$ следует потребовать выполнения условия $|G(t)| \leq 1$, и, кроме того, она дополнительно должна иметь следующие свойства:

- быть однозначно определенной для любого момента времени, являться интегрируемой и дифференцируемой;
- не иметь разрывов, поскольку скачкообразное изменение битовых интервалов в ЦУ приводит к сбоям в работе систем синхронизации и автоматического восстановления тактовой частоты;
- быть периодической, иначе управление джиттером завершится после достижения крайней границы интервала «качания» частоты;
- иметь практически постоянную частоту Ω в пределах периода сигнала, т.е. должно выполняться неравенство $\Omega \ll f_0$.

Для того чтобы работа ЦУ правильно соотносилась с реальным временем, нужно дополнительно соблюдать равенство:

$$\int_{t'-\tau}^{t'} G(t) dt \equiv 0,$$

где t' – произвольный момент времени работы ЦУ, $\tau = 1/\Omega$ – период функции $G(t)$.

Будем считать, что $G(t) = \cos(2\pi \times \Omega \times t)$ (обоснование такого выбора будет пояснено позже). Медленное изменение частоты $f(t) = f_0 + k \times f_0 \times \cos(2\pi \times \Omega \times t)$ приведёт к тому, что каждая гармоническая составляющая спектра на частоте $n \times f_0$ окажется модулированной по частоте. Для гармоники с номером n интервал изменения частоты составит $[n \times f_0(1 - k); n \times f_0(1 + k)]$. Таким образом, каждая из них оказывается эквивалентна сигналу с однотоновой частотной модуляцией [4]. Энергия каждой модулированной гармоники сконцентрирована вблизи частоты $n \times f_0$. Амплитуда каждой немодулированной несущей рассчитывается по формуле (1).

Циклическая частота для гармоники с номером n составит $\omega(t) = 2\pi \times n(f_0 + k \times f_0 \times \cos(2\pi \times \Omega \times t))$, откуда зависимость фазы от времени имеет вид (см. формулу 2), где φ_n – некоторый начальный фазовый угол, который для дальнейшего анализа равен нулю. Значение $m = n \times k \times f_0 / \Omega$ в теории радиосигналов принято называть индексом однотоновой угловой модуляции. Таким образом, при наличии медленного «качания» частоты гармоническая составляющая с номером

n трансформируется в сигнал вида (см. формулу 3).

Известно, что сигнал, задаваемый уравнением (3), представляется в виде разложения на гармоники в окрестности частоты $n \times f_0$ на основе разложения в следующий ряд [4] (см. формулу 4), где $J_i(m)$ – функция Бесселя первого рода i -го порядка.

Уравнение (4) определяет гармонический состав спектра последовательности импульсов с УД. Уравнение имеет важное следствие: при медленном моногармоническом изменении частоты следования прямоугольных импульсов каждая спектральная составляющая будет претерпевать расщепление на бесконечное количество спектральных линий с частотами $n \times f_0 + i \times \Omega$. Таким образом, энергия гармоник на частотах $n \times f_0$ оказывается распределённой в некоторой полосе частот, и за счёт этого будет наблюдаться снижение уровня помехоэмиссии, регистрируемого при измерениях. Однако для этого должны быть выполнены некоторые другие условия, вытекающие из установленного стандартами порядка их проведения.

Особенности измерений помехоэмиссии с использованием измерительных приёмников и анализаторов спектра

Порядок измерений эмиссии излучаемых радиопомех на открытой измерительной площадке либо в ТЕМ-камерах подробно проанализирован в литературе [5, 6] и установлен стандартами [7, 8], поэтому далее остановимся только на тех аспектах, которые позволяют оценить эффект от использования управляемого джиттера. Излучения, формируемые цифровыми устройствами, переносятся к точке наблюдения, в которой размещена измерительная антенна. Если используется открытая измерительная площадка, то вари-

цией высоты и углового положения достигается максимизация показателей помехоэмиссии. В этих процессах важным является то, что процесс трансформации помехонесущих токов в напряжение на входе измерительного приёмника может быть описан комплексной передаточной функцией $\Psi(f)$, которую можно считать постоянной в некоторой окрестности произвольной частоты f . Следовательно, гармоникам каждого разложения в ряд (4) можно сопоставить значения передаточной функции $\Psi(n \times f_0)$. При этом её вид зависит от конструкции цифрового устройства и свойств измерительной установки. Поскольку анализ эффективности использования управляемого джиттера проводится в узкой полосе частот вблизи частот $n \times f_0$, то правомерно принять $\Psi(n \times f_0) = 1$, что и будет использоваться далее.

Стандарты [7, 8] предписывают использовать измерительные приёмники и анализаторы спектра с заданным видом частотной селективности. В классическом случае она обеспечивается двухкаскадным резонансным фильтром с индуктивной связью. В [9] показано, что амплитудно-частотная характеристика при идентичности элементов контура описывается уравнением (см. формулу 5), где $\alpha = 2 \times Q(f - f_H) / f_H$ – относительная расстройка на частоте f , f_H – частота настройки фильтра, k_c – коэффициент связи между контурами; при этом $k_c = Q \times M / L$, где M – взаимная индукция, L – значение индуктивности в каждой из двух ветвей контура, n – количество одинаковых каскадов в контуре. Обычно принимается, что $k_c = 1$, $n = 2$ [9].

Ширина полосы пропускания фильтров, используемых при измерениях по электромагнитной совместимости, определяется по уровню –6 дБ, чему, как следует из (5), соответствует относительная расстройка $\alpha_{-6} = \sqrt{2}$. Полосы частот по уровню –6 дБ и –3 дБ,

$$a_n = \frac{2 \times A}{\pi \times n} \times \sin\left(\frac{\pi \times n}{2}\right) \quad (1)$$

$$\psi(t) = \int_{-\infty}^t \omega(t) dt = 2\pi \times n \times f_0 \times t + \frac{k \times n \times f_0}{\Omega} \times \sin(2\pi \times \Omega \times t) + \varphi_n \quad (2)$$

$$u_n(t) = a_n \times \cos(2\pi \times n \times f_0 \times t + m \times \sin(2\pi \times \Omega \times t)) \quad (3)$$

$$u_n(t) = a_n \sum_{i=-\infty}^{\infty} J_i(m) \cos(2\pi \times (n \times f_0 + i \times \Omega) \times t) \quad (4)$$

$$g(\alpha) = \frac{(1 + k_c^2)^n}{\left((1 + k_c^2 - \alpha^2)^2 + 4 \times \alpha^2\right)^{n/2}} \quad (5)$$

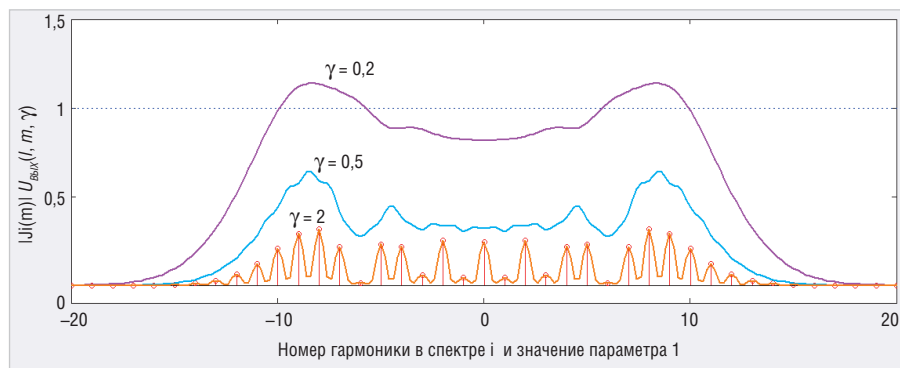


Рис. 1. Графики функций $U_{\text{вых}}(l, m, \gamma)$ при $m = 10$ и $\gamma = 0,2; 0,5; 2$

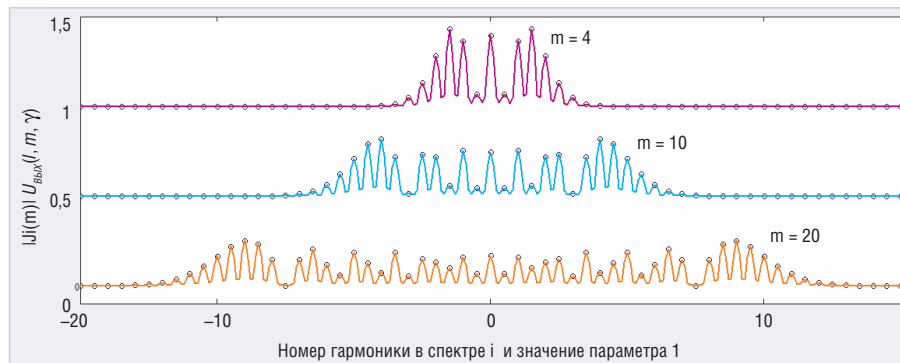


Рис. 2. Графики функций $U_{\text{вых}}(l, m, \gamma)$ при $\gamma = 2$ и $m = 4, 10, 20$

которые обозначим Δf_{-6} и Δf , связаны соотношением $\Delta f_{-6} = \alpha_{-6} \Delta f$. С учётом этого выражение (5) приобретает простой вид $g(\alpha) = 4/(4 + \alpha^4)$, а относительная расстройка может быть рассчитана вне категорий, связанных с номиналами элементов контуров, по формуле (6).

Для измерений в области ЭМС используют фильтры с $\Delta f_{-6} = 0,2; 9; 120$ кГц для диапазонов частот 9...150 кГц, 0,15...30 МГц, 30...1000 МГц. На качественном уровне очевидно, что если в полосу пропускания фильтра попадает две и более спектральных составляющих, то на выходе фильтра уровень сигнала будет более высоким, чем для одной из них. Введём характеристику охвата смежных спектральных составляющих фильтром $\gamma = \Omega / \Delta f_{-6}$. Тогда уравнение (6) преобразуется в (7), где параметр l характеризует отстройку в значениях Ω и математически аналогичен значению i в уравнении (4), но может принимать и нецелые значения.

Оценка значений параметров m и γ для типовых цифровых устройств

Для проведения дальнейшего анализа необходимо определить типовые значения параметров m и γ . Частота f_0 в зависимости от назначения цифрового устройства может лежать в интервале $10^5 \dots 10^9$ Гц,

а значение k , выбираемое при технической реализации управляемого джиттера, – в интервале $0,0001 \dots 0,01$, если исходить из гарантированного сохранения его стабильной работы.

Значение Ω рекомендуется выбирать на основе возможностей обнаружения расщепления спектра современными анализаторами спектра последовательного действия, например в интервале $10^3 \dots 10^5$ Гц. С учётом принятых значений Δf_{-6} первичная оценка интервала значений γ составляет от 0,01 до 5000, а значения m – от 10^{-4} до 10^4 .

Приведённые формальные оценки значений параметров m и γ нуждаются в корректировке, т.к. при их получении не были учтены особенности расщепления спектра и формирования результатов оценки помехоэмиссии на конкретной частоте. Наибольший эффект от расщепления спектра будет достигаться тогда, когда в пределах полосы Δf_{-6} будет находиться только одна гармоника, что соответствует $\gamma > 0,5 \dots 1$. Если значение m мало, то в этом случае спектр, соответствующий каждой гармонике периодического прямоугольного сигнала, будет состоять всего из трёх составляющих с частотами $n \times f_0 - \Omega$, $n \times f_0$, $n \times f_0 + \Omega$ и амплитудами, приближённо равными $-a_n \times m/2$, a_n , $a_n \times m/2$, что означает практическое отсутствие снижения помехоэмиссии.

Значение индекса модуляции m должно быть не менее 2...5, иначе даже при выполнении условия $\gamma > 1$ использование УД не даст заметного эффекта по снижению помехоэмиссии.

Методика и результаты моделирования расщепления спектра в приложении к управляемому джиттеру

Целью выполнения моделирования является оценка достижимого уровня снижения помехоэмиссии, который зависит от параметров m и γ . Моделирование проводилось в частотной области с нормированием по значению Ω , что необходимо для ухода от конкретных номиналов частот.

Известно [4], что ширина полосы частот, занятая гармониками сигнала с однотоновой угловой модуляцией, симметрична относительно центральной частоты и составляет $\Pi \approx 2 \times m \times \Omega$, включая гармоники с номерами от $-2 \times m$ до $2 \times m$, но для моделирования этот интервал целесообразно увеличить в 1,5 раза. Функция (5) описывает фильтр с крутым спадом амплитудно-частотной характеристики, и количество гармоник, учитываемых при расчёте выходного напряжения фильтра, можно оценить как $\text{round}(1 + 1/\gamma)$, где $\text{round}()$ – функция округления. Если имитировать сканирование по частоте изменением параметра l , принять значение $a_n = 1$, то максимум напряжения на выходе фильтра можно найти на основе следующего уравнения, полученного из формулы (5) (см. формулу 8).

Использование функции модуля в составе уравнения (8) обусловлено тем, что амплитуды составляющих спектра могут быть как положительными, так и отрицательными, т.е. имеющими сдвиг по фазе на 180° . Фазовые соотношения между суммируемыми гармониками, как следует из уравнения (8), не учитываются, поскольку в худшем случае они сложатся по амплитуде. Следовательно, результаты моделирования, получаемые на его основе, будут давать в общем случае не наблюдающуюся оценку максимума показания средства измерений для заданной отстройки при синфазном сложении спектральных составляющих. Это важное обстоятельство следует учитывать при оценке результатов расчёта по формуле (8) для значений $\gamma < 0,5$.

Оценим влияние значений γ и m на выходное напряжение фильтра. На рисунке 1 показаны графики зави-

симости $U_{\text{ВЫХ}}(l, m, \gamma)$, построенные для $m = 10$ и $\gamma = 0,2; 0,5; 2$. Для значения $\gamma = 2$ каждая спектральная составляющая выделяется фильтром в отдельности, как это следовало из проведённого ранее качественного анализа. Гармонические составляющие отображены на рисунке маркированными отрезками. При уменьшении значения γ в полосу фильтра попадает большее количество гармоник, в результате чего максимальное значение выходного напряжения повышается, и при $\gamma \approx 0,25$ оно превосходит единичное значение, устанавливающее порог снижения помехоэмиссии. Таким образом, рекомендация о том, что значение γ должно быть не менее $0,5 \dots 1$, получила наглядное подтверждение.

На рисунке 2 показаны графики зависимости $U_{\text{ВЫХ}}(l, m, \gamma)$, построенные для $\gamma = 2$ и $m = 4, 10, 20$. Гармонические составляющие отображены на рисунке маркерами. Для $m = 4$ и 10 введено смещение на $0,5$ и 1 для лучшей наглядности. Увеличение значения m приводит к большему расширению спектра в окрестности частоты $n \times f_0$ с одновременным уменьшением средней амплитуды спектральных составляющих. Следовательно, эффект по снижению помехоэмиссии будет значительнее при реализации управляемого джиттера с большим значением m , причём его следует оценивать для $n = 1$, учитывая, что для высших гармоник значение индекса модуляции будет увеличиваться пропорционально n , и уровень каждой спектральной составляющей будет ещё ниже.

Как видно из представленных графиков, уровни гармонических составляющих зависят от номера гармоники, но эта зависимость не является монотонной в пределах значений индексов i от $-2m$ до $2m$. В качестве характеристики эффективности будем использовать значение минимально достижимого ослабления, являющееся функцией параметров γ и m (см. формулу 9).

Уравнение (9) построено на основе сопоставления максимальной амплитуды гармонических составляющих, возникающих при расщеплении спектра, с единичной амплитудой синусоидального сигнала на частоте $n \times f_0$ в отсутствие УД.

Задача получения графиков функций $V(m, \gamma)$ может быть решена с использованием математических методов, применяемых для обнаружения глобальных экстремумов функций [10], но наиболее

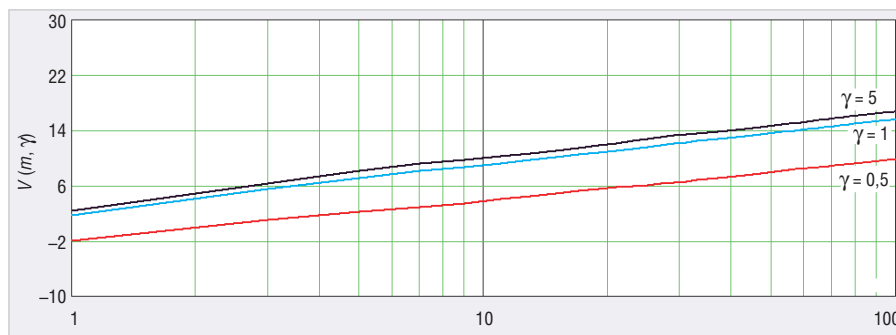


Рис. 3. Графики функции $V(m, \gamma)$ при $\gamma = 0,5; 1; 5$ и $m = 1 \dots 100$

$$\alpha = 2 \times \frac{f - f_H}{\Delta f_{-6}} \times \alpha_{-6} \quad (6)$$

$$\alpha = 2 \times \sqrt{2} \times \frac{l \times \Omega}{\Delta f_{-6}} = 2 \times \sqrt{2} \times \gamma \times l \quad (7)$$

$$U_{\text{ВЫХ}}(l, m, \gamma) = \sum_{d=-\text{round}(l+1/\gamma)}^{\text{round}(l+1/\gamma)} \left| J_{\text{round}(l)+d}(m) \right| \frac{1}{1 + (2(\text{round}(l) + d - l)\gamma)^4} \quad (8)$$

$$V(m, \gamma) = -20 \lg \left(\max_{l \in [-1,5m; 1,5m]} (U_{\text{ВЫХ}}(l, m, \gamma)) \right) \quad (9)$$

$$V^*(m, \gamma) = 1,9 + 7,9 \lg(m) - 8,35 \exp(-2,6 \gamma^{1,94}) \quad (10)$$

$$G(t) = \delta \times \cos(2\pi \times \Omega \times t) + (1 - \delta) \times \cos(4\pi \times \Omega \times t) \quad (11)$$

$$u_n(t) = \cos(2\pi \times n \times f_0 \times t + m \times \delta \times \sin(2\pi \times \Omega \times t) + 0,5m(1 - \delta) \times \sin(4\pi \times \Omega \times t)) \quad (12)$$

простым подходом является последовательный перебор значений $U_{\text{ВЫХ}}(l, m, \gamma)$ при изменении l с малым шагом и определением максимума. На рисунке 3 представлены графики зависимости $V(m, \gamma)$, построенные для шага $\Delta l = 3 \times m/N$, где $N = 10^4$ для значений $\gamma = 0,5; 1; 5$.

Линейный характер функции $V(m, \gamma)$ для постоянного значения γ позволяет перейти к аппроксимирующей функции $V^*(m, \gamma)$, предназначенной для оценки минимального снижения помехоэмиссии в ходе проектирования цифровых устройств с УД и не требующей выполнения громоздких расчётов. Такая функция имеет вид (см. формулу 10).

Погрешность аппроксимации не превышает 1 дБ при $\gamma \geq 1$. Функция (10) применима для $\gamma \geq 0,5$, и если $\gamma \geq 5$, то она не проявляет значимой зависимости от этого параметра. Таким образом, мы получили расчётную оценку минимального снижения помехоэмиссии за счёт расщепления спектра в виде сравнительно простого соотношения, имеющего непосредственное практическое применение.

Другие виды управляющей функции $G(t)$

В качестве функции $G(t)$ может использоваться любая зависимость, отвечающая введённым выше требованиям, причем её периодический

характер позволяет разложить её в гармонический ряд. Для оценки целесообразности использования других видов функции $G(t)$ при реализации УД следует использовать это обстоятельство.

Для определения границ изменения спектрального состава рассмотрим функцию $G(t)$, включающую только две гармоники с нулевым фазовым сдвигом для обеспечения выполнения условия $|G(t)| \leq 1$, а также параметром δ , определяющим соотношение между гармониками (см. формулу 11).

Тогда $\omega(t) = 2\pi \times n(f_0 + k \times f_0 \times \delta \times \cos(2\pi \times \Omega \times t) + k \times f_0(1 - \delta) \times \cos(4\pi \times \Omega \times t))$, откуда в соответствии с уравнениями (2) и (3) при $a_n = 1$ имеем (см. формулу 12).

Значение δ лежит в интервале от 0 до 1. При $\delta = 1$ уравнение (12) преобразуется к виду (3), и из его структуры следует, что вторая, модулирующая по частоте гармоника имеет меньший индекс модуляции, что соответствует увеличению уровня спектральных составляющих. Для подтверждения этого положения следует использовать классический гармонический анализ, реализуемый численными методами, поскольку непосредственное использование функций Бесселя здесь крайне затруднено самой структурой уравнения. Степень изменения спектральных будет зависеть от значения δ , и для оценки влияния второй гармоники в предположении выпол-

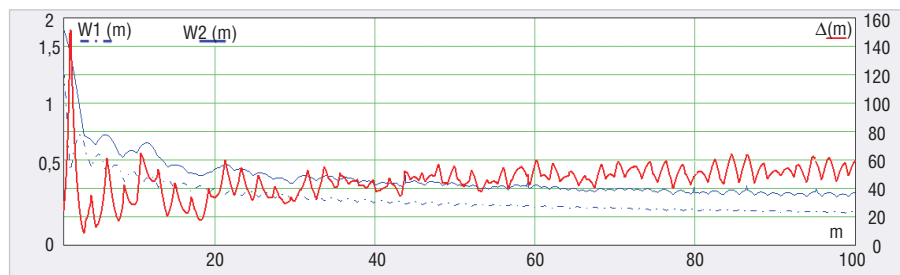


Рис. 4. Графики функций $W1(m)$, $W2(m)$, $\Delta(m)$

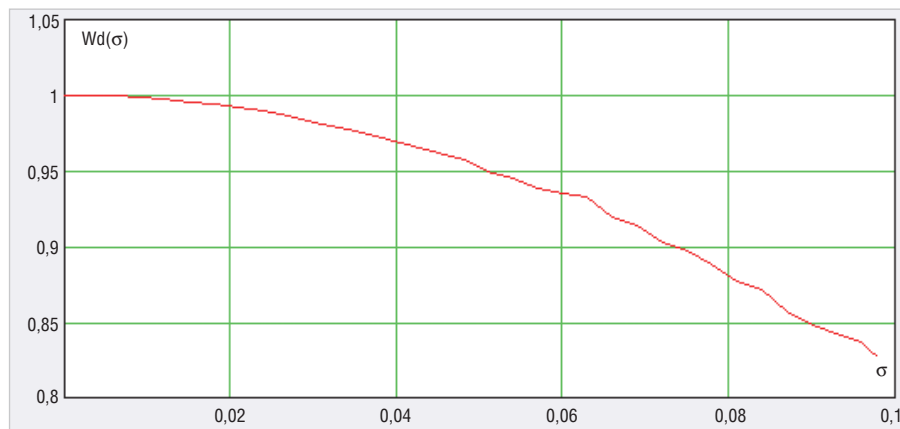


Рис. 5. График зависимости $Wd(\sigma)$

нения условия $\gamma \geq 1$ можно использовать сопоставление функций (см. формулу 13), где $A(i, m, \delta)$ – коэффициенты разложения функции (12) в ряд Фурье, полученные при $f_0 = 0$, что соответствует смещению первой гармоники на нулевую частоту и упрощает проведение вычислений, не влияя на амплитуду спектральных составляющих. Выражения (13) учитывают, что $A(i, m, \delta) = A(-i, m, \delta)$. Их графики, а также функции отклонения $\Delta(m) = ((W_2(m) - W_1(m))/W_1(m)) \times 100\%$ представлены на рисунке 4. Вычисление зависимостей $W_1(m)$ и $W_2(m)$ выполнялось методом перебора значений амплитуд гармоник в указанном интервале номеров, для расчёта функции $W_2(m)$ значения параметра δ изменялись с шагом 0,01. Графики функций $W_1(m)$ и $W_2(m)$ нормированы относительно значения a_n .

Как видим, введение второй гармоники в функцию управления приводит к увеличению максимального уровня спектральных составляющих на 30...60% в диапазоне значений m от 20 до 100. Это следует и из теории [4], согласно которой уменьшение индекса модуляции всегда приводит к повышению уровня спектральных составляющих за счёт распределения энергии несущей в более узкой полосе частот.

Отсюда следует вывод о том, что использование функции $G(t)$ в формах, отличных от моногармонической, будет всегда приводить к сни-

жению эффекта от использования УД. В пользу использования такой функции управления говорит и сравнительная простота технической реализации.

Управляемый и неуправляемый джиттер в цифровой системе

В цифровых системах джиттер может иметь различную природу, в т.ч. зависеть от последовательности бит в передаваемом информационном потоке [3]. Все приведённые выше формулы были получены в предположении отсутствия в цифровых устройствах джиттера любой иной природы. Однако в реальных системах джиттер всегда присутствует, и потому его влияние на расщепление спектра из-за УД необходимо оценить.

Классический джиттер обусловлен преимущественно случайными процессами. Если не учитывать датзависимый джиттер, то частота произвольной гармоники при использовании УД будет описываться уравнением $\omega(t) = 2\pi \times n(f_0 + k \times f_0 \times \cos(2\pi \times \Omega \times t) + s(t))$, где $s(t)$ – случайный сдвиг по частоте, который имеет нормальное распределение, в результате гармоника с номером n приобретает случайный сдвиг по фазе $\Phi(t)$ (см. формулу 14).

Случайная функция $\Phi(t)$ также имеет нормальное распределение, что следует из правил суммирования погрешностей. Это распределение имеет нулевое математическое ожидание и диспер-

сию σ , которая определяет случайную составляющую фазу. Слагаемое $m \times \sin(2\pi \times \Omega \times t)$ можно рассматривать как дающее случайный сдвиг по частоте f_s с интервалом возможных значений $-m...m$, характеризующийся арксинусоидальным распределением [11], плотность вероятности которого определяется выражением (см. формулу 15).

Слагаемое $2\pi \times n \times \Phi(t)$ в уравнении (14) может рассматриваться как случайный сдвиг по времени для каждого периода исходного сигнала, и поэтому он будет переходить в состав каждой из спектральных составляющих в качестве паразитной фазовой модуляции. Результатом этого будет уменьшение амплитуды, которое будет зависеть от значения σ . Для оценки влияния случайного джиттера целесообразно рассмотреть вызванное им усреднённое изменение амплитуд гармоник $S(\sigma)$ и в качестве показателя такого изменения ввести функцию (см. формулу 16).

Для выполнения оценочных расчётов необходимо определить максимальное значение σ , например на основе данных спецификации распространённых цифровых интерфейсов. Согласно спецификации шины USB 3.1 gen 1 [12], на случайный джиттер отводится не более 20,5% битового интервала для сигнала на входе приёмника или 41% периода рассматриваемого сигнала, что можно принять соответствующим интервалу в 6σ с вероятностью 99,7% [13]. Отсюда значение σ составляет около 7% в долях периода следования прямоугольных импульсов. Примем максимальное значение σ равным 0,1.

При выполнении расчётов, значения функций $S(\sigma)$ определялись с учётом требований по статистической повторяемости на основе многократного разложения в ряд Фурье функции $u_g(t) = \cos(2\pi \times F \times t + 2\pi \times A_k)$, где A_k – случайная величина, постоянная для периода k функции $\cos(2\pi \times F \times t)$ при отсчёте значений t от начальной временной точки $-0,5N/F$, причём $N \gg 1$. Значения A_k определялись розыгрышем нормально распределённой случайной величины с дисперсией σ . Функции $S(\sigma)$ присваивалось усреднённое значение гармоники N такого разложения, полученное для пятидесятикратной реализации изложенного алгоритма.

Результаты расчёта функции $W_d(\sigma)$, полученные при $N = 100$, представлены на рисунке 5. Выбранные параметры расчёта обеспечили статистическую сходимость не хуже 1%. Как следует из

представленного графика, увеличение дисперсии случайной фазы приводит к некоторому снижению амплитуд спектральных составляющих расщеплённого спектра за счёт сопутствующей модуляции случайными процессами. При $\sigma = 0,1$ снижение произвольной составляющей спектра в окрестности частоты $n \times f_0$ составит около 1,7 дБ.

Для эффективного использования УД он должен быть явно выражен в ЦУ без маскирования случайным джиттером. Важным аспектом использования УД является то, что пределы изменения битового интервала не должны превышать границы, за которыми теряется стабильность функционирования ЦУ. Поэтому использование управляемого джиттера требует оценки характеристик остальных его составляющих с использованием современных средств измерений, и в некоторых случаях его использование будет невозможным в силу отсутствия достаточного запаса по джиттеру.

Обобщение полученных результатов на сигналы неперiodического характера

Известно, что спектр неперiodического сигнала является сплошным и соответствует огибающей линейчатого спектра этого же сигнала с перидическим повторением, что обусловлено слиянием его линий при предельном переходе к бесконечному периоду повторения [4]. В общем случае в картине помехоэмиссии, формируемой ЦУ, будут наблюдаться как широкополосные помехи, так и спектральные пики, вызванные перидическими тактирующими сигналами. Исходя из принципа перехода к спектрам неперидических сигналов, использование управляемого джиттера будет приводить к снижению обоих компонентов помехоэмиссии. Таким образом, если перидический цифро-

вой сигнал с УД как последовательность нулевых и единичных бит представлен совокупностью спектральных составляющих вблизи частот $n \times f_0$, то огибающая спектра для битовой последовательности произвольного характера уже не будет проходить через амплитудные значения гармоник (1), а будет находиться на уровне $|a_n \times J_i(m)| < |a_n|$, что и определяет снижение помехоэмиссии.

Экспериментальная оценка эффективности использования УД для снижения эмиссии радиопомех, формируемых перидическими сигналами

Объект исследований, оборудование и измерительная оснастка. Как следует из теории УД, его проявление возможно при наличии зависимости частоты формирования импульсов от некоторого управляющего воздействия. В качестве объекта исследований был выбран кварцевый генератор (КГ), предназначенный для использования в ЦУ с компонентами КМОП или TTL в источнике тактирования. Линейка КГ выбранного типа включает образцы с номиналами частот от 1 до 100 МГц. Для проведения эксперимента был выбран КГ с номиналом тактовой частоты 80 МГц.

В ходе предварительных исследований было установлено, что у КГ рассма-

триваемого класса проявляется слабая зависимость частоты выходного сигнала от напряжения питания. Взятый для измерений образец КГ продемонстрировал практически линейное изменение выходной частоты на 2000 Гц ($k \times f_0 = 1000$ Гц) при увеличении напряжения электропитания в интервале от 3,5 до 5,0 В при заявленном номинальном его значении $5 \pm 0,5$ В. Работа КГ вне установленного диапазона напряжений питания в рамках проведённых экспериментов была обусловлена отсутствием в наличии КГ с управляемой частотой, хотя таковые, безусловно, на рынке имеются. При проведении измерений КГ и вспомогательные элементы размещались на макетной плате.

Кварцевый генератор работал в одном из двух режимов электропитания:

1. постоянным напряжением при неизменной амплитуде выходного сигнала (режим 1);
2. напряжением, изменявшимся по синусоидальному закону с частотой 1 кГц в интервале значений от 3,5 до 5 В при соответствующем уменьшении амплитуды выходного сигнала КГ (режим 2).

Схемы измерений, представленные на рисунке 6, включали в себя программируемый источник постоянного тока R&S HMP2030, на котором было установ-

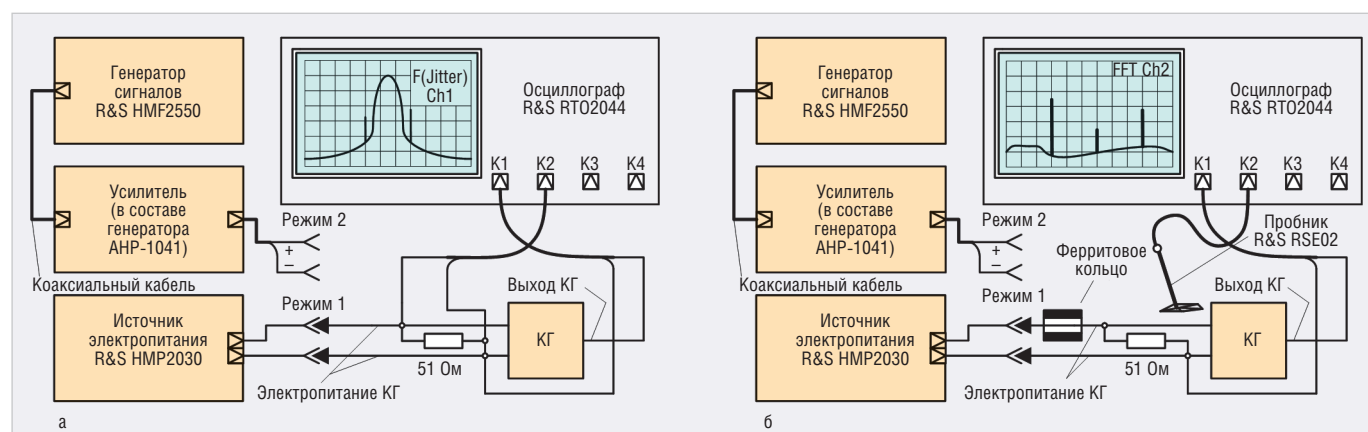


Рис. 6. Схемы измерительной установки: а) при исследовании джиттера сигнала, формируемого КГ; б) при оценке уровня помехоэмиссии

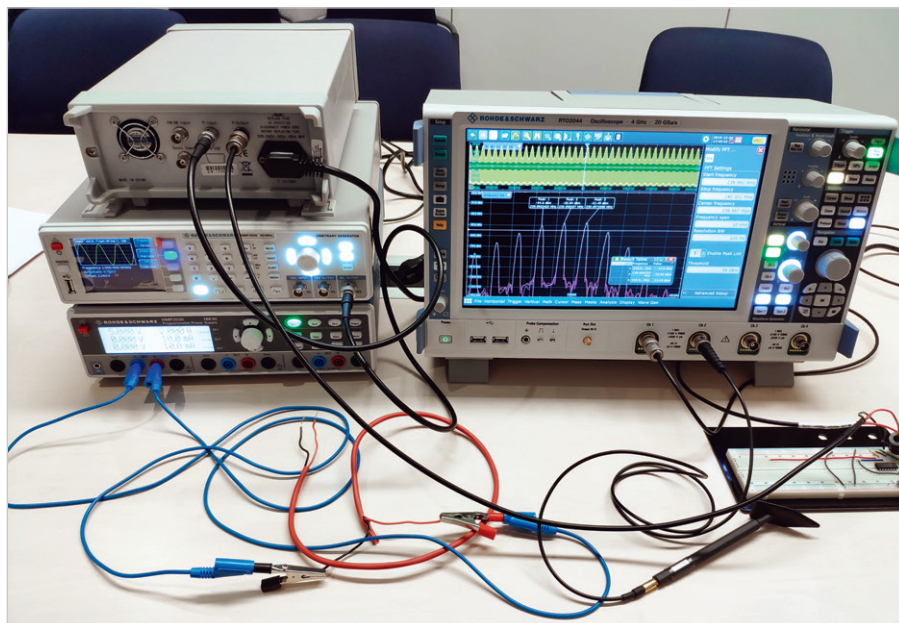


Рис. 7. Фотография измерительной установки в одном из режимов измерений

лено напряжение электропитания 5 В. Питание КГ в режиме 2 обеспечивалось путём подачи напряжения с измерительного усилителя в составе генератора АНР-1041 с выходным сопротивлением около 2,5 Ом. На вход усилителя подавалось выходное напряжение генератора R&S HMF2550, предназначенного для формирования сигналов стандартных и произвольных форм.

В обоих режимах кварцевый генератор работал без нагрузки, и к его выходу подключался изогнутый проводник длиной около 10 см. Поскольку потребляемый кварцевым генератором без нагрузки ток составляет в среднем менее 10 мА, и он зависит от напряжения на выходе КГ, то для стабилизации нагрузки источника питания параллельно выводам питания КГ было установлено сопротивление номиналом 51 Ом. Характеристики выходного сигнала генератора R&S HMF2550 выбирались таким образом, чтобы на этом сопротивлении без подключения КГ напряжение в режиме 2 изменялось в интервале от 3,5 до 5 В, после чего КГ устанавливался на макетную плату.

При исследовании помехоэмиссии с использованием схемы на рисунке 6б вблизи макетной платы размещалось ферритовое кольцо, через которое проходил один из проводов электропитания. Это необходимо для ослабления электромагнитного излучения от цепей питания КГ, которое в режимах 1 и 2 будет отличаться из-за разной конфигурации схемы. Согласно описанию [15], применявшееся ферритовое кольцо

имеет полное сопротивление от 90 до 147 Ом в интервале частот 100...240 МГц.

В качестве основного средства измерений использовался осциллограф R&S RTO2044 с полосой 4 ГГц и четырьмя каналами. В схеме на рисунке 6а на первый канал осциллографа подавалось выходное напряжение КГ, а на второй (только в режиме 2) – напряжение электропитания. В схеме на рисунке 6б на первый канал также подавалось выходное напряжение КГ, а на второй – сигнал с пробника R&S RSE02 из комплекта R&S HZ-15, предназначенного для исследования электрических и магнитных полей.

Фотография измерительной установки при работе КГ в режиме 2 в ходе исследования помехоэмиссии приведена на рисунке 7. Микросхема, установленная на монтажную плату, не подключалась к напряжению электропитания и служила для неизменного размещения пробника ближнего поля R&S RSE02, что необходимо для обеспечения повторяемости и сопоставимости результатов измерений.

Результаты и особенности оценки джиттера КГ при наличии и отсутствии УД

Согласно представленному описанию измерительной установки, в режиме 1 джиттер выходного сигнала КГ должен определяться случайными факторами и иметь нормальное распределение. Для получения распределений джиттера, представленных на рисунке 8, использовался особый режим синхронизации с принудительным запуском развёртки через 1 мс, т.е. через пери-

од управляющего джиттером напряжения питания КГ. На рисунке 8а представлена гистограмма распределения импульсов по частоте и результаты измерений в табличной форме, полученные при использовании схемы измерений, показанной на рисунке 6а. Распределение соответствует нормальному и имеет среднее значение $M = 79,996$ МГц. Среднеквадратичное отклонение σ составляет 60,85 кГц. Наличие двух максимумов, равноудалённых от среднего значения, указывает на наличие детерминированного джиттера [3, 14]. На рисунке 8б представлена аналогичная гистограмма для режима 2 работы КГ, имеющая характерный провал в районе средней частоты ($M = 80,024$ МГц) и максимумы вблизи частот 79,46 и 80,58 МГц (интервал изменения частоты 1120 кГц), симметрично расположенные относительно математического ожидания распределения. Значение σ в режиме 2 составляет 635 кГц. Это соответствует арксинусоидальному распределению, лежащему в существенно более широких границах, чем ожидаемые. Оно имеет преобладающий характер и маскирует нормальное распределение, имевшееся в режиме 1. Полученное противоречие между значениями интервала измерений частоты при постоянном напряжении питания из интервала от 3,5 до 5,0 В и при синусоидальном законе его изменения требует правильной трактовки.

При построении гистограммы осциллограф R&S RTO2044 отсчитывает значение частоты повторения импульсов относительно некоторого опорного уровня, выбранного автоматически на основе анализа входного сигнала. В то же время, как это видно в верхней части рисунка 8б, изменение напряжения электропитания по гармоническому закону приводит к модуляции импульсов на выходе КГ по амплитуде, в результате чего опорный уровень также требует смещения. Но поскольку он постоянен и работа КГ сопровождается непрерывающимися переходными процессами с нерегулярным смещением фронтов и спадов, измеренное значение произведения $k \times f_0$ составляет 560 кГц, что существенно превосходит определённое для статического режима значение 1 кГц. Если исходить из равенства $k \times f_0 = 560$ кГц, то для первой гармоники и частоты управления джиттером 1 кГц индекс модуляции составляет $m = 560$, что не соответствует действительности, т.к. для имеющегося образца



Рис. 8. Распределение импульсов по частоте: а) режим 1 – в отсутствие управляемого джиттера; б) режим 2 – при наличии управляемого джиттера



Рис. 9. Спектрограммы, полученные с использованием функции БПФ осциллографа R&S RTO2044: а) в режиме 1 для всех гармоник; б) в режиме 2 для первой гармоники; в) в режиме 2 для второй гармоники; г) в режиме 2 для третьей гармоники

КГ и выбранных условиях измерений для первой гармоники расчётное значение $m = 1$. Это подтверждают и приводимые далее результаты оценки снижения помехоэмиссии.

Представленный пример показывает, что при оценке границ колебаний частоты при реализации управляемого джиттера имеются особенности, которые могут привести к ошибочным результатам. При этом, как это было продемонстрировано в [14], осциллографы серии R&S RTO позволяют проводить анализ

различных показателей джиттера. Снятие статической частотной характеристики КГ может быть выполнено как при помощи частотомера, так и с использованием спектрального анализа по вариации частоты первой гармоники.

Наблюдение расщепления спектра при переходе к УД и оценка снижения помехоэмиссии

Суть выполнения измерений состояла в оценке помехоэмиссии в отсутствие и

при наличии УД в схеме, представленной на рисунке 6б. Поскольку формируемый КГ сигнал в режиме 1 является периодическим, то спектр помехоэмиссии будет включать ряд гармоник на кратных частотах, как это было показано выше. Для определения амплитуды использовалась функция быстрого преобразования Фурье (БПФ), реализуемая математической обработкой в осциллографе R&S RTO2044.

На рисунке 9а представлены результаты оценки, полученные для

Результаты измерений и расчётов для оценки эффективности УД

Значение параметра	Номинальная частота, МГц (номер гармоники n)		
	80 (1)	160 (2)	240 (3)
a_n , дБм	-29,3	-54,4	-35,2
a_n' , дБм	-31,7	-55,6	-39,8
$V_{изм}^*$, дБ	2,4	1,2	4,6
m	1	2	3
V^* , дБ	1,9	4,3	5,7

режима 1 для первой, второй и третьей гармоник, а на рисунках 9б–9г – спектрограммы, построенные для режима 2 в окрестности их частот с полосой разрешения 100 Гц. Поиск максимумов спектра выполнялся в автоматическом режиме. Как видно из полученных результатов, гармоники претерпевают расщепление на отдельные составляющие. Для дальнейшего анализа результаты оценки амплитуд сведены в таблицу. В данной таблице a_n' обозначает уровень максимальной гармоники в окрестности частоты $n \times f_0$ при наличии УД, измеренное значение ослабления помехоэмиссии составляет $V_{изм}^* = a_n - a_n'$. Оценочные значения V^* рассчитывались с использованием аппроксимирующего уравнения (10) при $\gamma > 1$.

Как следует из таблицы 1, для первой и третьей гармоник разность теоретической и экспериментальной оценок составляет 0,5 и 1,1 дБ при наибольшей разнице в 3,1 дБ для второй гармоники, которая отсутствует в спектре идеализированной последовательности прямоугольных импульсов. Полученное расхождение в оценках эффективности управляющего джиттера определяется погрешностями:

- аппроксимирующего уравнения (10), оцениваемой в 1 дБ;
- измерений значений a_n и a_n' , которую можно оценить в 1 дБ и обусловленную некоторой неточностью позиционирования пробника ближнего поля.

Ожидаемый уровень чётных гармоник для периодических, например тактовых, сигналов будет находиться в среднем на 15...25 дБ ниже, чем уровень предыдущих нечётных гармоник. При использовании уравнения (10) для решения практических задач необходимо учитывать, что для чётных гармоник оно, по-видимому, будет давать более оптимистичные оценки снижения помехоэмиссии.

Важно отметить, что собственный джиттер выходного сигнала КГ, выраженный в разбросе значений периодов сигнала на гистограмме, показанной на рисунке 8а и особенно на рисунке 8б, существенно больше вводимой управляемой компоненты, которая даже не выражена в явном виде. Тем не менее спектрограммы, представленные на рисунке 9, убедительно говорят в пользу уменьшения помехоэмиссии при расщеплении гармонических составляющих. Следовательно, использование УД возможно и в системах с высоким уровнем собственного джиттера, обеспечивающего значительно больший разброс значений частоты, чем управляемая компонента. Это позволяет применять УД, например, в перспективных высокоскоростных интерфейсах и тактовых сигналах, а также ЦУ высокого быстродействия при значительных диэлектрических потерях в печатных платах и пониженном напряжении электропитания, которые всегда сопровождаются увеличением джиттера.

Таким образом, эффективность использования УД получила практическое подтверждение на примере периодических сигналов, реализующих тактирование в цифровых устройствах. Аналогичная оценка для непериодических битовых последовательностей требует проведения дополнительных экспериментов.

Особенности практической реализации управляемого джиттера в цифровых устройствах

Результаты, полученные в теории управляемого джиттера, указывают на основные пути его реализации. Поскольку ЦУ обычно имеет внешние подключения с использованием стандартных интерфейсов, то источник УД должен находиться непосредственно в ЦУ. Наиболее простым решением является использование тактовых генераторов с перестраиваемой частотой, при этом синусоидальный сигнал подаётся на управляющий вход тактового генератора.

При использовании УД типичное значение k лежит в интервале 0,0001...0,01, что даёт возможность сохранить стабильность работы ЦУ. В то же время описанное техническое решение, основанное на зависимости выходной частоты неуправляемых КГ от напряжения питания, нельзя реко-

мендовать к широкому практическому использованию по причине того, что уменьшение питающего напряжения приводит и к снижению выходного напряжения КГ сверх допустимого предела, что может стать источником сбоев в работе ЦУ. Для неуправляемых КГ зависимость частоты от напряжения питания не всегда является линейной. Потому реализация моногармонического закона управления тактовой частотой на основе простых схемных решений оказывается затруднённой. Наконец, снижение питающего напряжения, как это показано в [14], всегда повышает случайный джиттер, что может оказаться неприемлемым для некоторых видов цифровых устройств и интерфейсов.

Для реализации УД требуется продуманное и обоснованное использование специализированной компонентной базы.

Заключение

Использование УД является одним из способов снижения помехоэмиссии и относится к модификации сигналов – самому молодому из направлений электромагнитной совместимости. Эффективность использования УД для снижения помехоэмиссии получила теоретическое обоснование и экспериментальное подтверждение. Несмотря на то, что такое снижение не является самоцелью при проектировании ЦУ, в ряде случаев оно может стать наиболее дешёвым решением при доработке изделий и планировании мероприятий по обеспечению электромагнитной совместимости, что и определяет его ценность.

Практическое использование УД требует контроля параметров расщепления спектра с использованием рассмотренных ранее схем. В ходе приборного контроля оцениваются показатели управляемого и неуправляемого джиттера, контролируется снижение уровня спектральных составляющих и глазковые диаграммы (при необходимости). Основным требованием для таких измерений является высокое качество реализации соответствующих функций средств измерений, которое достигнуто, например, в осциллографах серий RTO и RTP компании Rohde&Schwarz.

Литература

1. Кечиев Л.Н. Проектирование печатных плат для цифровой быстродействующей

- щей аппаратуры. М. ООО «Группа ИДТ». 2007. С. 616.
2. Бузов А.Л., Быховский М.А., Васехо Н.В. и др. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем. Под ред. Быховского М.А. М. Эко-Трендз. 2006. С. 376.
 3. Кечиев Л.Н. Печатные платы и узлы гигабитной электроники. М. Грифон. 2017. С. 424.
 4. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. М. Высшая школа. 2003. С. 462.
 5. Уильямс Т. ЭМС для разработчиков продукции. Пер. с англ. Кармашева В.С., Кечиева Л.Н. М. Издательский дом «Технологии». 2003. С. 540.
 6. Лемешко Н.В. Теоретические основы моделирования сертификационных испытаний радиоэлектронных средств по эмиссии излучаемых радиопомех. Монография. М. МИЭМ. 2012. С. 196.
 7. ГОСТ Р 51319-99 «Совместимость технических средств электромагнитная. Приборы для измерения промышленных радиопомех. Технические требования и методы испытаний». М. Издательство Стандартов. 2000. С. 57.
 8. ГОСТ Р 51318.16.1.1-2007 «Совместимость технических средств электромагнитная. Требования к аппаратуре для измерения параметров промышленных радиопомех и методы измерений. Часть 1-1. Аппаратура для измерения параметров промышленных радиопомех и помехоустойчивости. Приборы для измерения промышленных радиопомех». М. Стандартинформ. 2008. С. 58.
 9. Корякин В.С., Кравчук Ю.В., Лебедева О.В. и др. Измерители радиопомех. Под ред. Фастовского И.А. М. Связь. 1973. С. 152.
 10. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы (6-е изд.). М. Бином. Лаборатория знаний. 2008. С. 636.
 11. Левшина Е.С., Новицкий П.В. Электрические измерения физических величин. Измерительные преобразователи. М. Энергоатомиздат. 1983. С. 320.
 12. Universal Serial Bus 3.2 Specification. Rev.1, 22.09.2017. URL: <http://www.usb.org> (дата обращения 22.10.2019).
 13. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей. М. Эдиториал УРСС. 2001. С. 320.
 14. Лемешко Н.В., Струнин П.А. Современные возможности анализа джиттера в высокоскоростных цифровых устройствах на примере опции R&S RTO-K12. Контрольно-измерительные приборы и системы. 2019. №2. С. 21–31.
 15. Fair-Rite Product's Catalog. Part Data Sheet. 044380640. 2014.



НОВОСТИ МИРА

В Китае больных COVID-19 будут лечить роботы

Исследователи одного из ведущих университетов Китая разработали робота, который, по их словам, может помочь спасти жизни во время вспышки коронавируса.

Аппарат состоит из роботизированной руки на колесах, которая может выполнять УЗИ, брать мазки изо рта и прослушивать пациента с помощью стетоскопа.



Такие задачи обычно выполняются врачами лично. Но с этим роботом, который оснащён камерами, медицинский персонал может находиться в другой комнате и даже в другом городе.

«Все врачи очень смелые, — приводит источник слова профессора университета Цинхуа Чжэна Ганти (Zheng Gangtie), главного конструктора робота. — Но этот вирус слишком заразный... Мы можем использовать роботов для выполнения наиболее опасных задач».

Идея пришла к нему во время карантина в Ухане, когда он узнал, что самая большая проблема заключается в заражении врачей, непосредственно контактирующих с больными.

Собрав команду разработчиков, Чжэн принялся за адаптацию для новой деятельности уже известных механизированных манипуляторов, используемых на производствах и в космосе. По словам Чжэна, роботы были почти полностью автоматизированы и могли даже дезинфицировать себя после контакта с больным. Однако врачи попросили оставить элемент личного присутствия, который успокаивающе действует на пациентов.

В результате команда создала двух роботов, которые были опробованы врачами

в больницах в Пекине. Один из них сейчас находится в лаборатории команды в университете, а другой — в госпитале Ухань, где врачи готовятся использовать его в своей практике.

Стоимость робота составляет \$72 000. Разработчики не планируют коммерциализацию разработки, но надеются, что какая-нибудь компания возьмёт это на себя.

За время вспышки коронавируса в Китае заразилось более 3000 медицинских работников.

Reuters



СВЧ-блоки

Синтезаторы частот до 20 ГГц, -140 дБн/Гц @ 1 ГГц, при отстройке 10 кГц, умножители частоты
Аттенюаторы, управляемые напряжением до 26 ГГц
Усилители до 20 ГГц, 0.5 Вт

I/Q модуляторы / демодуляторы, смесители, фильтры

Приборы

Генераторы сигналов, электронные аттенюаторы, I/Q-модуляторы

www.advantex.ru

Реклама

Поисковое проектирование цифровых фазовых корректоров

Владимир Бугров (bug@rf.unn.ru), Иван Воробьёв

В статье рассматриваются вопросы моделирования и синтеза цифровых фазовых корректоров на основе рекурсивных фазовых (все пропускающих) цепей. Приводятся постановка и пример решения задачи многофункционального синтеза 8-битового фазового корректора поисковыми методами нелинейного математического программирования в дискретном пространстве параметров. Также дано сравнение теоретических и экспериментальных характеристик.

Введение

Цифровые фазовые цепи или фильтры на их основе широко применяются в различных задачах цифровой обработки сигналов. Одной из таких задач является коррекция фазовых искажений в сигнальных трактах различных аналого-цифровых систем. Под искажениями обычно понимают изменение информационных параметров широкополосного сигнала в канале связи или сигнальном тракте. Амплитудно-частотные искажения при этом обусловлены изменением амплитудного спектра гармоник обрабатываемого широкополосного сигнала в сигнальном тракте, а фазо-частотные искажения – изменением фазового спектра. Условие отсутствия искажений сигнала в сигнальном тракте, записанное в частотной области, выглядит так [1, 2]:

$$K(j\omega) = A(\omega) \times e^{j\varphi(\omega)} = a \times e^{-j\omega\tau},$$

где $K(j\omega)$ – комплексный частотный коэффициент передачи тракта, $A(\omega)$ – его амплитудно-частотная характеристика (АЧХ), $\varphi(\omega)$ – фазо-частотная характеристика (ФЧХ) тракта, а a и τ – некоторые константы.

Таким образом, фазовые искажения отсутствуют, если в рабочем диапазоне частот фазовая характеристика является линейной функцией частоты:

$$\varphi(\omega) = \omega \times \tau. \quad (1)$$

Количественная оценка фазовых искажений обычно производится по уровню нелинейности ФЧХ-тракта в рабочем диапазоне частот.

Представим сигнальный тракт, вносящий искажения, или некоторую часть трак-

та в виде искажающего звена (см. рис. 1), в котором последовательно включено корректирующее звено – корректор фазовых искажений. Согласно (1), вся цепь не внесет фазовых искажений, если:

$$\varphi_{(w)}^H + \varphi_{(w)}^K = \omega \times \tau \quad (\tau = const), \quad (2)$$

где φ^H и φ^K – фазы коэффициентов передачи искажающего и корректирующего звеньев.

Таким образом, для осуществления коррекции фазовых искажений фаза коэффициента передачи корректора в рабочей полосе частот должна удовлетворять соотношению:

$$\varphi_{(w)}^K = \omega \times \tau - \varphi_{(w)}^H, \quad (3)$$

а модуль коэффициента передачи корректора для сохранения АЧХ сигнального тракта неизменной полагается считать равным единице в рабочем диапазоне частот:

$$A_{(w)}^K = 1. \quad (4)$$

В случае коррекции фазовых искажений в аналого-цифровых сигнальных трактах цифровая фазовая цепь удовлетворяет данным требованиям, так как она воздействует только на фазовый спектр обрабатываемого широкополосного сигнала и в принятой классификации соответствует все пропускающему (allpass) цифровому фильтру обычно из каскада рекурсивных или нерекурсивных фазовых звеньев 1-го или 2-го порядка. Фазовый фильтр имеет единичный модуль коэффициента передачи на всём частотном интервале Найквиста и работает по сложному закону изменения аргумента, то есть ФЧХ. Аналитический расчёт [3, 4, 5] позволяет определить коэффициент

передачи цифрового фазового фильтра заданного порядка применением билинейного z-преобразования к его аналоговому прототипу. Расчёт состоит из двух основных этапов: аппроксимации и практической реализации корректора. Характерно, что при аналитическом расчёте коэффициенты числителя и знаменателя передаточной характеристики фазового фильтра вещественны и зеркальны, что существенно ограничивает возможность соответствия сложным функциональным требованиям при синтезе фильтра. Как известно, при реализации фазовых фильтров, спроектированных с использованием аналогового прототипа, возникают систематические ошибки квантования коэффициентов, что может приводить к существенному искажению характеристик фазового корректора.

Однако эффективный синтез цифровых фазовых цепей и фазовых корректоров на их основе в настоящее время возможен благодаря применению современных численных методов машинного проектирования, позволяющих работать не с аналитическим, а с дискретным представлением характеристик фазовой цепи. В этом случае характеристики цепи табулированы с заданной дискретностью в частотной области и в вычислительной системе представлены двумерными массивами (векторами). Это позволяет реализовать требуемый закон изменения ФЧХ фазового фильтра, необходимого для коррекции сложных форм фазовых искажений сигнального тракта. Представление ФЧХ корректора совокупностью скалярных частотных выборок $Y_j(y_1, y_2, \dots, y_m)$ позволяет применять для синтеза технических решений эффективные поисковые методы многокритериальной (векторной) оптимизации, а также осуществлять проектирование ЦФК непосредственно в дискретном квантованном пространстве параметров (коэффициентов фазового фильтра). При использовании в алгоритме цифровой фильтрации вычислений в формате с фиксированной точкой (ФТ), дискретизация коэффициентов наиболее часто осуществляется вещественным кодом (квантом) данного представления [6–8]:

$$C_{float} = C_{int} / 2^{m_k-1}, \quad (5)$$

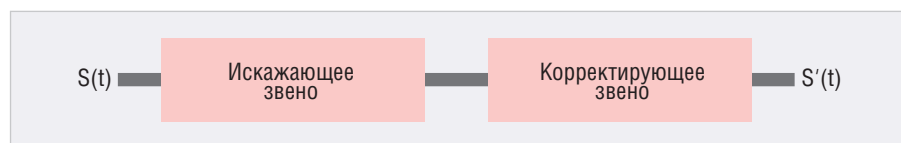


Рис. 1. Коррекция фазовых искажений в тракте

где W_k – длина битового представления коэффициентов (включая знак), C_{int} – целочисленный код (квант) коэффициента.

Таким образом, при проектировании ЦФК методами дискретного программирования осуществляется дискретизация как характеристик, так и коэффициентов фильтра, что позволяет устранить ошибки аналитической аппроксимации и квантования при практической реализации фазового корректора. Современные алгоритмические комплексы дискретной минимизации позволяют надёжно и эффективно решать подобные проектные задачи нелинейного программирования при соблюдении всех внешних требований и ограничений работы цифрового фазового корректора, что даёт возможность существенно повысить качество проектирования и сократить время разработки фазовых корректоров с заданной разрядностью представления данных.

Моделирование и синтез рекурсивных ЦФК

Основным ограничением аналитического синтеза фазового корректора является, как уже отмечено выше, требование зеркальной симметрии коэффициентов передаточной функции, что существенно ограничивает число варьируемых коэффициентов (например, всего четыре коэффициента для БИХ-фильтра 4-го порядка). Таким образом ограничивается и возможность реализации требуемых сложных законов изменения ФЧХ фазового фильтра, особенно при малой разрядности представления его коэффициентов. Однако при проектировании методами дискретного программирования вполне возможно обеспечить единичный модуль коэффициента передачи корректора как на всём частотном интервале Найквиста, так и в некоторой его части в стандартной топологии построения БИХ-корректора при снятии требования зеркальной симметрии коэффициентов, что повышает возможность реализации сложного закона изменения ФЧХ. Сравнение каскадных, параллельных, прямых и волновых структур [9, 10] показывает, что наилучшей структурой построения ЦФК является последовательная структура, поскольку:

- она позволяет реализовывать ряд передаточных функций небольшим набором функциональных звеньев низкого (обычно второго) порядка;
- она обеспечивает наименьшую чувствительность характеристик к изменению параметров (коэффициентов);

- каскадная структура удобна в случае необходимости подстройки коэффициентов после синтеза, поскольку каждое звено фазового фильтра изолировано друг от друга. Более того, в структуру каскадного фильтра могут быть легко добавлены предварительно рассчитанные звенья амплитудной или фазовой коррекции;

- при необходимости техническое решение в последовательной форме может быть легко конвертировано в прямую или параллельную структуры, например средствами пакета MATLAB.

В связи с этим в настоящее время построение рекурсивных фильтров (в том числе и фазовых) в форме каскадного соединения звеньев второго порядка прямой или обращённой формы на практике используется наиболее часто.

Передаточная функция для рекурсивного ЦФК, состоящего из каскадного соединения m звеньев второго порядка ($m=N/2$, где N – общий порядок фазового фильтра), имеет следующий вид [7]:

$$H(z) = \prod_{i=1}^m \frac{b_{0i} + b_{1i} \times z^{-1} + b_{2i} \times z^{-2}}{1 + a_{1i} \times z^{-1} + a_{2i} \times z^{-2}}, \quad (6)$$

где комплексная переменная z при переходе к описанию частотной характеристики $K(e^{j\omega T}) = \left[K(e^{j\omega T}) \right] \times e^{j\varphi(\omega T)}$ принимает значение $z = e^{j\omega T}$, где T – период дискретизации.

Все коэффициенты передаточной функции на единичном интервале их изменения определяются вещественным квантом (5) для заданной длины битового слова (разрядности) коэффициентов. Из соотношения (6) легко получается разностное уравнение для одного звена фазового фильтра:

$$y_n = b_0 \times x_n + b_1 \times x_{n-1} + b_2 \times x_{n-2} - a_1 \times y_{n-1} - a_2 \times y_{n-2}, \quad (7)$$

где x_n, y_n – входная и выходная целочисленные временные последовательности.

На рисунке 2 приведена типичная структура звеньев рекурсивного ЦФК, соответствующая разностному уравнению (7).

Как известно, рекурсивный фазовый фильтр будет устойчив, если все полюсы p_i передаточной функции (6) удовлетворяют следующему условию:

$$|Zp_i| < r_{\max}, \quad (8)$$

где $r_{\max}$ – допустимый максимальный радиус полюсов передаточной функции фильтра в z -плоскости, при котором в системе не возникают предельные циклы [6].

Синтез методами дискретного программирования позволяет реализовать любые значения максимальных радиусов: как полюсов, так и нулей коэффициента передачи при решении конкретной про-

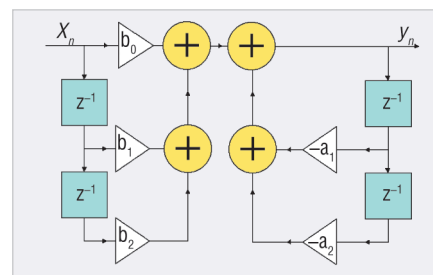


Рис. 2. Структура звена рекурсивного ЦФК

ектной задачи [6, 7]. Как показала практика, при синтезе с меньшим значением максимального радиуса полюсов практически всегда удаётся получить проектное решение без предельных циклов того или иного рода, хотя селективная способность рекурсивного корректора при этом, естественно, снижается.

Как известно, в каскадных формах построения фильтров необходима процедура масштабирования сигнала, то есть равномерной раскладки усиления по каскадам. Это позволяет фильтру работать в широком динамическом диапазоне входных сигналов. Однако в каскадных ЦФК расчёт такого масштабирования целочисленного звена гораздо легче осуществлять не стандартным применением Лр-нормы, а прямым введением требования обеспечения малого разброса коэффициентов передачи отдельных звеньев при синтезе фильтра [7, 8]. Как показывает практика, существенного сужения динамического диапазона не происходит, если максимальные коэффициенты передачи каскадов различаются не более чем в 5–7 раз. При более грубом покададном масштабировании сужение динамического диапазона становится заметным. Формально требования масштабирования сигнала записываются двусторонними функциональными ограничениями (12) экстремальной задачи дискретного синтеза.

В общем виде задачу синтеза рекурсивного ЦФК с заданной разрядностью представления коэффициентов можно записать так:

$$F^0(X^0) = \min F(X) \quad X \in R^{5m}, \quad (9)$$

$$\begin{aligned} -1 \leq a_{di} < 1 \quad d=1,2 \quad i=\overline{1,m} \\ -1 \leq b_{di} < 1 \quad d=0,2 \quad i=\overline{1,m}, \end{aligned} \quad (10)$$

$$|Zp_i| < r_{\max} \quad i=\overline{1,m}, \quad (11)$$

$$K_i^{\min} \leq |K_i(e^{j\omega T})| \leq K_i^{\max} \quad i=\overline{1,m}, \quad (12)$$

где m – число звеньев второго порядка, d – индекс коэффициента передаточной функции фазового звена (7), X – вектор многомерного пространства квантованных коэффициентов, $F(X)$ – целевая функция, $K_i^{\min}, K_i^{\max}$ – допусти-

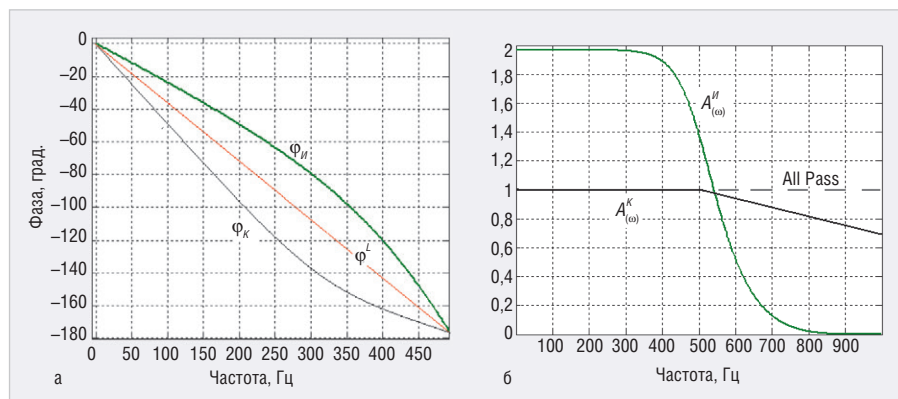


Рис. 3. ФЧХ (а) и АЧХ (б) искажающего и корректирующего фильтров

Оптимальные коэффициенты ЦФК

Звено фильтра	Коэффициенты передаточной функции					Усиление звена $K_{\max}$
	a_1	a_2	b_0	b_1	b_2	
1	0,8984375	0,1640625	-0,1796875	-0,0390625	0,9687500	3,1
2	-0,1015625	-0,0156250	0,9687500	0,9218750	0,1484375	2,7

мые границы изменения коэффициентов усиления i -го звена.

Экстремальная задача синтеза ЦФК (9) записана относительно вещественного квантованного пространства R^{5m} параметров (коэффициентов фазового фильтра) размерностью $5m$. Ограничения (10) задают границы изменения этих коэффициентов, функциональные ограничения (11) контролируют в процессе синтеза условие устойчивости рекурсивного корректора по всем полюсам коэффициента передачи с радиусами не выше $r_{\max}$, а ограничения (12) масштабируют коэффициенты передачи звеньев в заданный интервал.

Для численного решения экстремальной задачи (9) использовался эффективный алгоритм поиска на дискретной сетке кода Грея, предназначенной для решения дискретных задач оптимального проектирования [6, 11]. Данный алгоритм относится к классу глобальных итеративных алгоритмов направленного сканирования на детерминированной сетке, которая образуется путём равномерного разбиения интервала изменения каждой i -ой переменной на 2^{Q_i} дискретных значений, где параметр Q_i определяет дискретность сетки, равную числу двоичных разрядов, которыми в кодовом пространстве отображается каждая i -ая переменная. Таким образом, в данном алгоритме реализована именно необходимая для квантования коэффициентов формата ФТ дискретность сетки. Для преобразования массива дискретных значений каждой i -ой переменной в кодовое простран-

ство используется код Грея, который позволяет организовать построение минимизирующей последовательности на дискретной сетке при помощи так называемых сфер поиска с изменяющимися радиусами. Таким образом, при последовательном автоматическом расширении и сужении сфер поиска происходит направленное сканирование всей области поиска без полного её перебора. Характерными особенностями данного поискового алгоритма являются высокая надёжность отделения глобального экстремума, малые потери на поиск, эффективная работа в пространстве высокой размерности, а также отсутствие априори настраиваемых параметров. Вектор X^0 , минимизирующий скалярную целевую функцию $F(X)$ на множестве допустимых целочисленных решений (10), является Парето-эффективным решением задачи синтеза рекурсивного ЦФК по совокупности противоречивых характеристик.

Ниже приведён пример решения задач синтеза 8-битового рекурсивного ЦФК с учётом требуемого радиуса полюсов передаточной функции фильтра. Эти задачи выполняются с помощью эксклюзивного компьютерного пакета дискретного синтеза [6, 7]. Анализ характеристик синтезированного ЦФК во временной области осуществлялся средствами пакета MATLAB.

Дискретный синтез ЦФК

Рассмотрим решение задачи синтеза 8-битового ЦФК на приме-

ре коррекции фазовых искажений рекурсивного фильтра Баттерворта, расчёт которого осуществлялся в пакете MATLAB по селективным требованиям фильтра нижних частот 4-го порядка с частотой среза $f_c=500$ Гц при квантовании коэффициентов до 8 бит. Как известно, аналитическое проектирование БИХ-фильтров билинейным преобразованием при любых аппроксимациях характеристик фильтров-прототипов осуществляется при фиксации нулей передаточной функции на единичной окружности в z -плоскости, что определяет сильную нелинейность ϕ'' фазо-частотной характеристики «искажающего» фильтра Баттерворта (см. рис. 3а) с максимальным отклонением 30° от линейного ϕ^L закона. На этом же рисунке приведена и требуемая согласно (3) фазовая характеристика ЦФК, определяемая по соотношению $\phi^K = 2\phi^L - \phi''$ из предположения, что фазовый набег на частоте среза $f_c=500$ Гц одинаков для искажающей и корректирующей цепи, как это показано на рисунке 3а. Суммарный фазовый набег, таким образом, будет равен $2\phi^L$. Соответствующие характеристики модулей коэффициентов передачи «искажающего» A'' и «корректирующего» A^K фильтров приведены на рисунке 3б. Так как фазовая коррекция осуществляется не на всём интервале Найквиста, то модуль коэффициента передачи корректора равен единице только в полосе пропускания фильтра Баттерворта, а в переходной полосе и полосе не пропускания вполне достаточно требования $A^K_{stop} < 1$, т.е. не превышения единичного значения, что только повысит суммарную амплитудную селективность.

Таким образом, синтез рекурсивного ЦФК в пространстве 8-битовых квантованных параметров осуществлялся согласно следующим спецификациям:

1. полоса пропускания: 0–500 Гц;
2. коэффициент передачи в полосе: $1 \pm 0,01$;
3. коэффициент передачи вне полосы пропускания: ≤ 1 ;
4. погрешность итоговой фазовой коррекции тракта: 10° ;
5. длина слова коэффициентов: 8 бит;
6. порядок рекурсивного корректора: 4;
7. максимально допустимый радиус полюсов: 0,95;
8. масштабирование коэффициентов передачи звеньев в интервал {2–4};
9. частота дискретизации: 2 кГц.

Пример ввода требуемой АЧХ корректора в модуле функционального

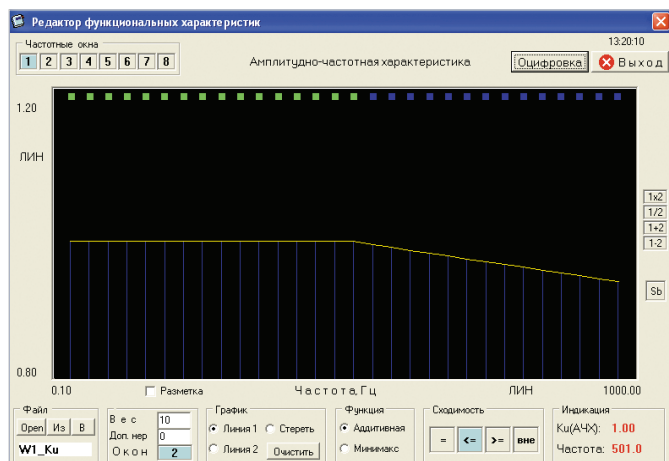


Рис. 4. Ввод требуемой АЧХ корректора

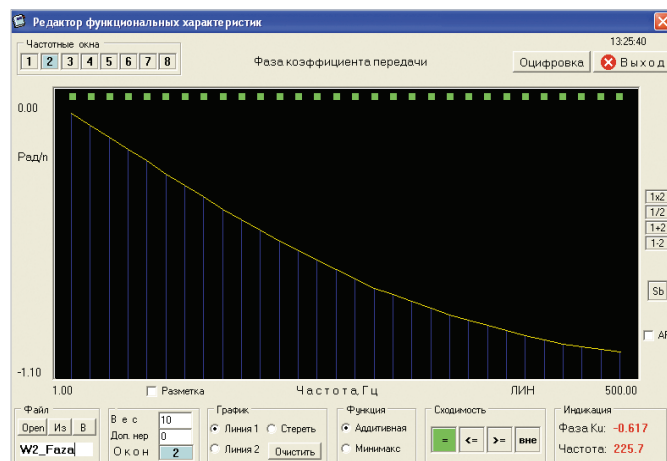


Рис. 5. Ввод требуемой ФЧХ фазового корректора

редактора пакета синтеза представлен на рисунке 4. Требуемая сложная форма фазо-частотной характеристики φ^k при этом задавалась графически непосредственно во втором окне функционального редактора (см. рис. 5), после чего характеристика оцифровывалась.

Таким образом, целевая функция данной задачи формировалась в виде взвешенной суммы двух частных (оконных) целевых функций $f_{\text{АЧХ}}(X)$ и $f_{\text{ФЧХ}}(X)$, обеспечивающих как необходимое значение модуля коэффициента передачи корректирующего фазового фильтра, так и требуемый закон изменения его фазы в полосе пропускания:

$F(X) = \beta_1 \times f_{\text{АЧХ}}(X) + \beta_2 \times f_{\text{ФЧХ}}(X)$, (13) где сами частные целевые функции формировались по критерию минимума среднеквадратичного отклонения:

$$f_i(X) = \frac{1}{p} \times \sum_{n=1}^p [Y_n(X) - Y_n^T]^2, \quad (14)$$

где $Y_n(X)$ – текущее значение характеристики фильтра на n -ой дискретной частоте диапазона определения, а Y_n^T – требуемое значение частотной характеристики.

Весовые коэффициенты частных целевых функций определялись практически в ходе решения следующей экстремальной задачи дискретного программирования для синтеза 8-битового ЦФК в форме каскадного соединения двух фазовых звеньев прямой формы:

$$F^0(X^0) = \min F(X) \quad X \in R^{10}, \quad (15)$$

$$-1 \leq a_{di}, b_{di} < 1 \quad i = \overline{1, 2}, \quad (16)$$

$$|Z_{pi}| < 0,95, \quad (17)$$

$$2.0 \leq |K_i(e^{j\omega T})| \leq 4.0 \quad i = \overline{1, 2}. \quad (18)$$

Итоговая минимизация целевого функционала осуществлялась на 10-мерном квантованном пространстве 8-битовых вещественных параметров в допустимой области (16) при выпол-

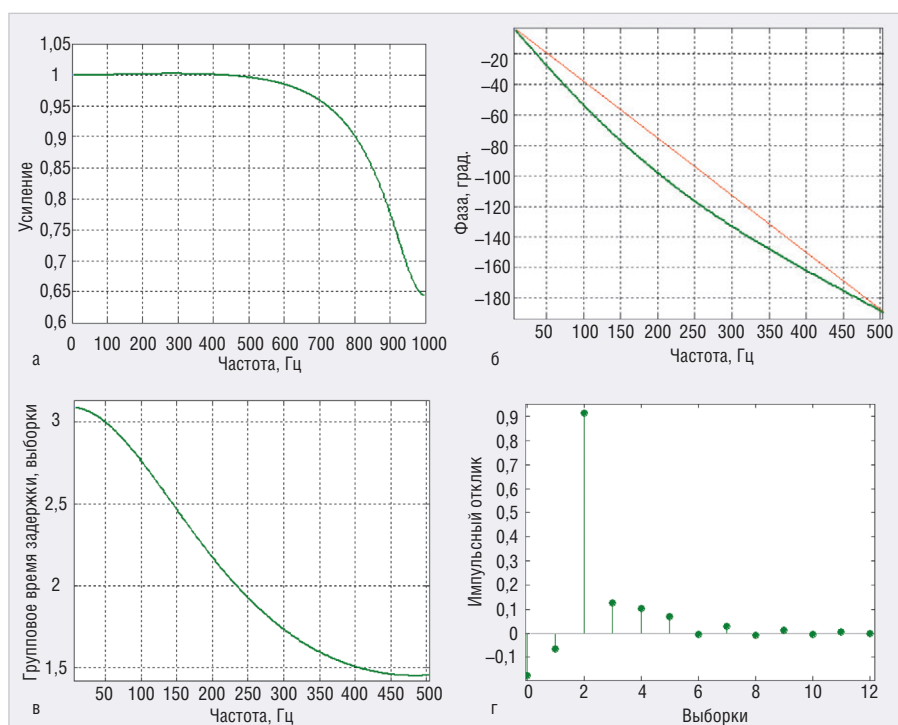


Рис. 6. Характеристики ЦФК: АЧХ (а), ФЧХ (б) и ГВЗ (в) в полосе пропускания, импульсная характеристика (г)

нении функциональных ограничений устойчивости фильтра (17) по всем полюсам передаточной функции ЦФК с радиусами, не превышающими 0,95 в z -плоскости, и масштабирования (18) коэффициентов усиления каскадов в заданный интервал.

В таблице приведены оптимальные значения 8-битовых коэффициентов передаточной функции ЦФК.

Для анализа характеристик синтезированного 8-битового ЦФК во временной и частотной области оптимальные коэффициенты с помощью m -файла загружались в пакет MATLAB. Как видно (см. рис. 6), требования амплитудной селекции были полностью выполнены, причём неравномерность АЧХ от единичного требуемого уровня в полосе пропускания «искажающего» филь-

тра Баттерворта составляла $\Delta K=0,008$, а максимальное отклонение ФЧХ корректора от требуемого закона φ_k не превышало $\Delta \varphi=3^\circ$. При этом характерна монотонно падающая зависимость группового времени задержки (ГВЗ) фазового корректора с ростом частоты. Масштабирование корректора осуществлено в заданном интервале.

На рисунке 7 приведено распределение полюсов и нулей передаточной функции в z -плоскости. Можно видеть, что в данном случае все полюса и нули передаточной функции ЦФК являются действительными.

Исследуем профиль целевого функционала в точке целочисленного оптимума путём построения координатных разрезов. Графики разреза (см. рис. 8) подтверждают, что целевые функции в

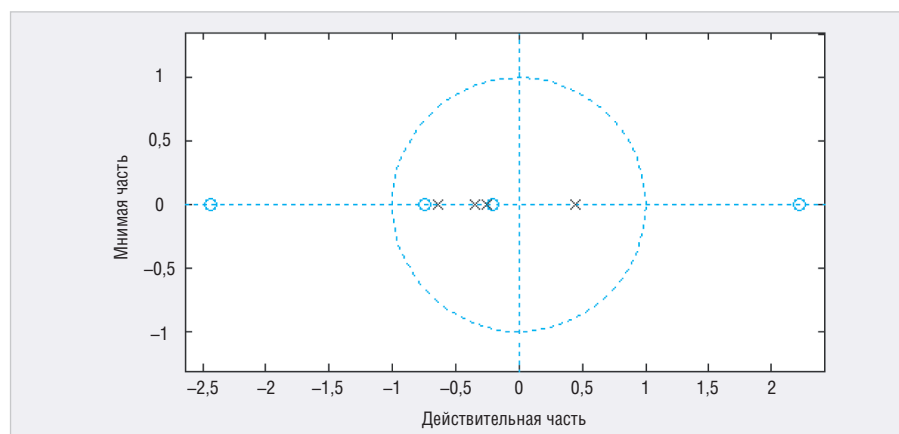


Рис. 7. Распределение полюсов и нулей корректора в z-плоскости

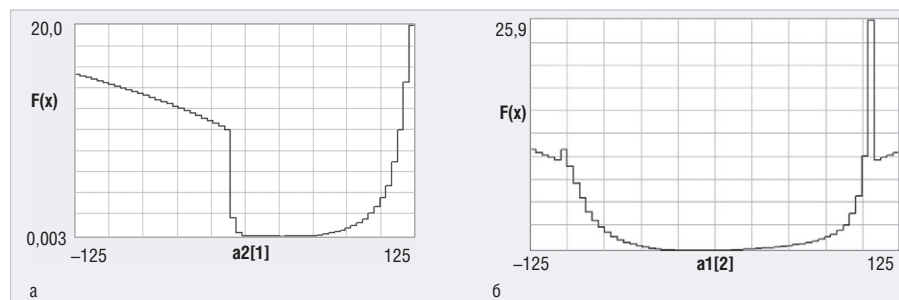


Рис. 8. Координатные разрезы целевой функции ЦФК в точке оптимума

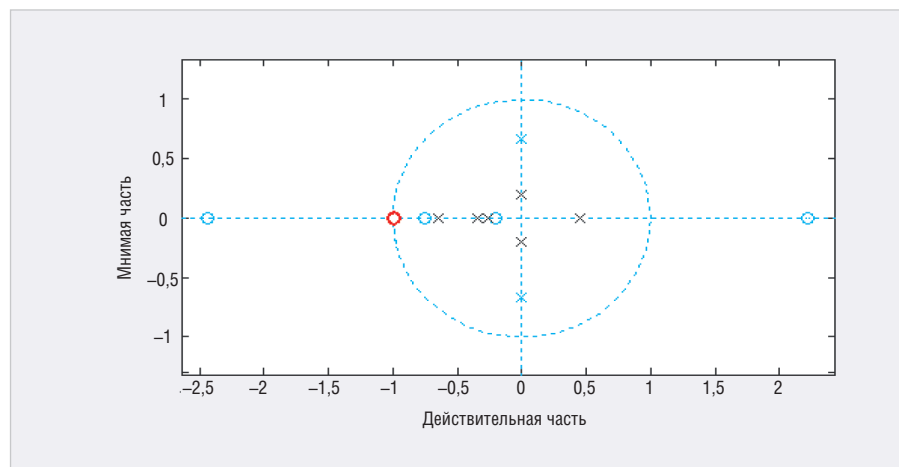


Рис. 9. Распределение полюсов и нулей в z-плоскости

задачах многофункционального синтеза ЦФК имеют сложный, полимодальный характер. Дискретная минимизация таких функций является весьма непростой задачей. Тем не менее разработанный программно-алгоритмический поисковый комплекс пакета синтеза успешно справился с этой задачей, показав высокую надёжность и эффективность.

Практическая реализация синтезированного ЦФК и экспериментальные результаты измерения его частотных характеристик вполне соответствовали данным синтеза. Анализ выходного сигнала при нулевом входе показал, что предельные циклы того или иного рода при мак-

симальном радиусе полюсов, равном 0,64, в синтезированном ЦФК отсутствуют.

Однако независимость каскадов при последовательной структуре построения как «искажающего» фильтра Баттерворта, так и фазового корректора вполне позволяет практически оценить и суммарный эффект коррекции, то есть измерить АЧХ и ФЧХ скорректированного «сигнального тракта» на реальном сигнале. Для этого в программу расчёта отклика «искажающего» фильтра Баттерворта были добавлены два звена корректирующего фазового фильтра.

Распределение полюсов и нулей передаточной функции такого «суммарного» фильтра в z-плоскости при-

ведено на рисунке 9. Видно, что к действительным полюсам ЦФК добавились мнимые полюса фильтра Баттерворта с его единственным нулём единичного радиуса на частоте Найквиста.

На рисунке 10 приводится суммарная фазовая характеристика φ_2 скорректированного сигнального тракта и её фазовая нелинейность по результатам моделирования. Как видно, в полосе пропускания тракта на суммарном растре фазовой характеристики 380° отклонение от линейного закона не превышает 6° .

Экспериментальные графики частотных характеристик скорректированного сигнального тракта на всём интервале Найквиста для частоты дискретизации $f_s = 2$ кГц приведены на рисунке 11. На этом же рисунке показаны и экспериментальные фазовые характеристики искажающего и корректирующего фильтров. Измерение проводилось на реальном сигнале с помощью панорамной автоматизированной измерительной системы, разработанной в среде виртуальных приборов LabVIEW.

Как видно, экспериментальные результаты фазовой коррекции соответствуют данным моделирования и синтеза. Таким образом, все функциональные требования по синтезу 8-разрядного рекурсивного цифрового фазового корректора были выполнены. Аналогичным образом, естественно, может быть осуществлён синтез ЦФК и для других форм фазовых искажений в сигнальном тракте.

Заключение

Методы целочисленного нелинейного программирования в приложении к задачам проектирования цифровых фазовых корректоров на основе рекурсивных фазовых цепей являются перспективной альтернативой традиционным методам синтеза корректирующих фильтров по их аналоговому прототипу. Принципиальная особенность дискретного синтеза состоит в применении современных численных методов машинного проектирования, позволяющих работать не с аналитическим, а с дискретным представлением характеристик проектируемого корректора, когда требуемые и текущие его характеристики табулированы с заданной дискретностью представления в частотной области и в вычислительной системе представлены двумерными массивами (векторами).

Это даёт возможность применять для синтеза технического решения эффективные поисковые методы дискретного программирования, позволяющие осуществлять проектирование непосредственно

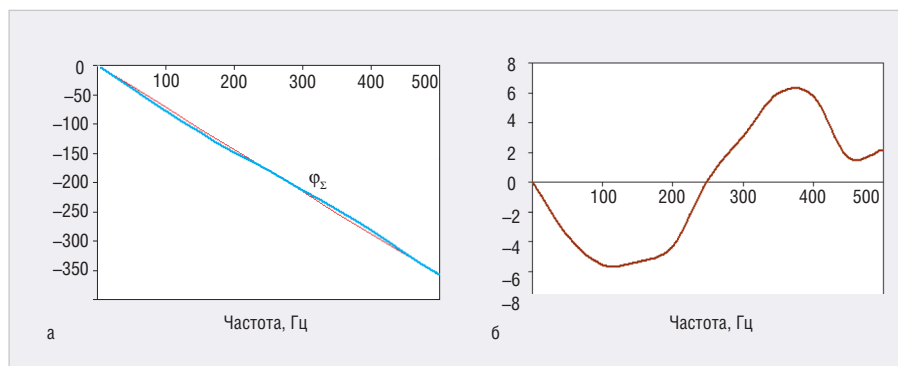


Рис. 10. ФЧХ скорректированного сигнального тракта (а) и фазовая нелинейность (б)

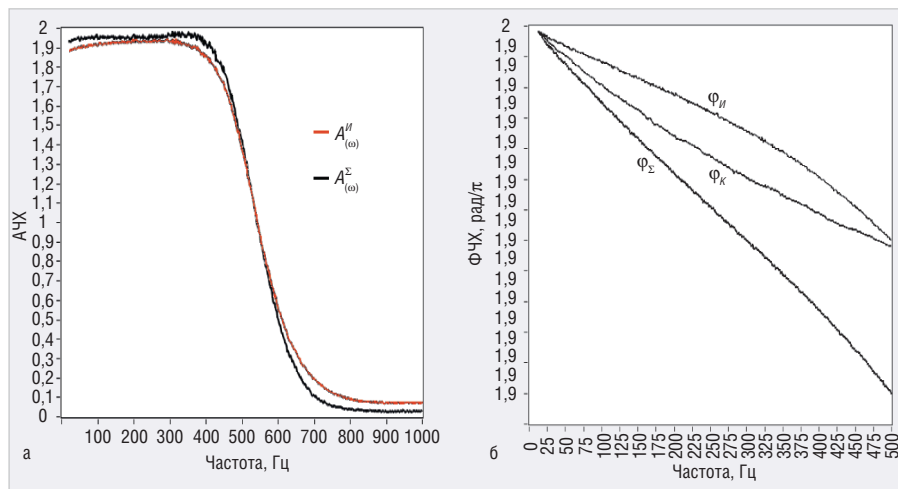


Рис. 11. Экспериментальные измерения АЧХ (а) и ФЧХ (б) исходного «искажающего» и суммарного скорректированного сигнального тракта

на квантованном пространстве параметров. Критерием поиска при этом является соответствие текущего функционирования синтезируемого цифрового корректора требуемому функционированию по совокупности частотных характеристик.

Современные алгоритмические комплексы целочисленной минимизации позволяют надёжно и эффективно решать проектные задачи при выполнении всех внешних требований и ограничений работы цифрового фильтра, что даёт возможность существенно повысить качество корректирующих фильтров и сократить время их разработки.

Литература

1. Кисель В.А. Аналоговые и цифровые корректоры. Справочник. М. Радио и связь. 1986. С. 184.
2. Попова Н.Э., Сильвинская К.А., Москвитин В.Д. и др. Коррекция искажений в трактах и каналах связи. Под редакцией Поповой Н.Э. М: Связь. 1979. С. 152.
3. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. СПб. 2002.
4. Основные свойства и структурные схемы всепропускающих фильтров. URL: <http://www.ru.dsplib.org>.
5. Phillip A. Regalia, Sanjit K. Mitra, Vaidyanathan P.P. The Digital All-Pass Filter: A Versatile Signal Processing Building Block: Proceedings of the IEEE. Vol. 76. 17 January 1988. № 1. P. 19-37.
6. Бугров В.Н. Целочисленные цифровые фильтры. Монография. Saarbrücken: Lambert Academic Publishing. 2017. С. 156.
7. Бугров В.Н. Дискретный синтез минимально-фазовых и линейно-фазовых цифровых БИХ-фильтров. Компоненты и технологии. 2019. № 10.
8. Бугров В.Н. Проектирование мало-разрядных БИХ-фильтров в целочисленном пространстве параметров. Компоненты и технологии. 2017. № 11.
9. Dempster A.G., Macleod M.D. IIR digital filter design using minimum adder multiplier blocks. IEEE Trans. on Circuits and Systems-II. V. 45. 1998. № 6.
10. Ifeachor Emmanuel, Jervis Barrie. Digital Signal Processing: A Practical Approach (2nd Edition). Harlow: Pearson Education. 2002.
11. Воинов Б.С., Бугров В.Н., Воинов Б.Б. Информационные технологии и системы: поиск оптимальных, оригинальных и рациональных решений. М. Наука. 2007.



Компактные высоковольтные преобразователи напряжения



ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЕ И СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ МОДЕЛИ

Технические параметры

- Входное напряжение 5,12, 24 В
- Выходные напряжения от 2 до 10 кВ
- Мощность от 2 мВт до 15 Вт
- Диапазон температур от -55 до +70°C
- Длительный ресурс

Применение

- Медицинская диагностика
- Научное оборудование
- Авиационно-космическая техника

ProSoft®



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636 • INFO@PROSOFT.RU • WWW.PROSOFT.RU

НОВОСТИ МИРА

В России заработала система слежки за носителями коронавируса?

Минкомсвязи России по поручению премьер-министра России Михаила Мишустина разработало систему отслеживания перемещений россиян-носителей коронавируса. В настоящее время доступ к ней осуществляется через отдельный раздел официального сайта Министерства.

На создание такой системы у Министерства было всего несколько дней – Мишустин дал поручение 23 марта 2020 г. и назначил крайний срок его выполнения на 27 марта 2020 г. Решение было принято по итогам заседания президиума Координационного совета при правительстве РФ по борьбе с распространением новой коронавирусной инфекции. В заседании также принимали участие первый заместитель премьер-министра Андрей Белоусов, заместитель премьер-министра и глава аппарата правительства России Дмитрий Григоренко, заместитель премьер-министра Татьяна Голикова, заместитель премьер-министра Дмитрий Чернышенко, министр финансов России Антон Силуанов и мэр Москвы Сергей Собянин.

По информации «Ведомостей», работать система отслеживания будет на основе геолокационных данных, предоставляемых операторами связи, о чём говорится в письме главы Министерства Максута Шадаева руководителям регионов. Ведомство ещё 30 марта 2020 г. затребовало у региональных властей номера телефонов людей, больных коронавирусом.

Как пишет ресурс «Медуза», эту информацию Минкомсвязи получает в обезличенном виде. Дополнительно оно запросило номера телефонов россиян, оказавшихся на самоизоляции после контакта с инфицированными или после возвращения из других стран.

Номера телефонов, геолокация и другая информация по абонентам, собранная операторами связи, будет поступать в ситуационный центр Минкомсвязи. Если станет ясно, что отслеживаемый абонент отошёл слишком далеко от места самоизоляции, об этом узнают правоохранительные органы.

«Медуза» пишет, что отслеживания в реальном времени пока не будет, и что список нарушителей карантина или самоизоляции планируется составлять постфактум – к при-

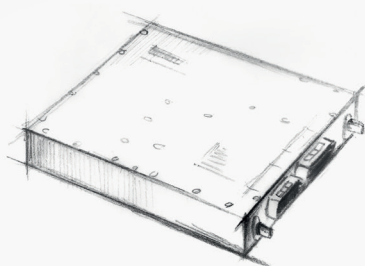
меру, по итогам дня. Вероятность возникновения ошибок в отслеживании текущего положения россиян Минкомсвязи планирует снизить путём увеличения расстояния, после которого жители России будут считаться нарушителями – оно может составить до нескольких километров.

В настоящее время операторы связи сотрудничают с Минкомсвязи – в последнюю неделю марта 2020 г. они передали ему перечень номеров телефонов всех россиян, находившихся в международном роуминге с последних чисел февраля 2020 г. Каждый номер из перечня сопровождался информацией о том, какие страны посещал его владелец за указанный период, и когда он вернулся обратно в Россию. В документе, подписанном Приезжевой, сказано, что предоставленный объём информации, не содержащий ФИО абонентов, не нарушает закон «О персональных данных».

Слежка за заболевшими коронавирусом и теми, кто находится на самоизоляции по прибытии из-за границы – это первый этап развёртывания системы. В дальнейшем не исключена вероятность отслеживания с её помощью всех россиян, находящихся на карантине.

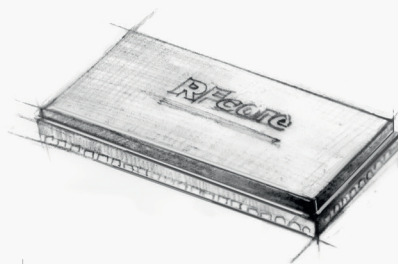


НОВЫЕ МОЩНОСТИ — НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ



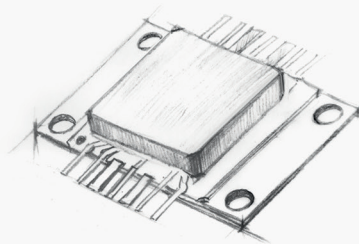
СВЧ-усилители мощности

- Диапазон частот: от HF до Ku
- Выходная мощность: 2...1000 Вт
- Типовое усиление: 25...65 дБ
- Рабочее напряжение: 28, 40 В



Многофункциональные CMOS MMIC

- Диапазон частот: S, C, X, Ku
- Выходная мощность: до 15 Вт
- Исполнение: QFN-корпус



GaN и GaAs MMIC

- Диапазон частот: 2...18 ГГц
- Выходная мощность: до 12 Вт
- Типовое усиление: 10...23 дБ
- Исполнение: QFN-корпус/кристалл

ProCHIP
POWERED BY ProSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА
(495) 232-2522 ■ INFO@PROCHIPRU ■ WWW.PROCHIPRU

Реклама

НОВОСТИ МИРА

При этом россияне должны будут самостоятельно заполнить на сайте госуслуг специальную анкету. В неё необходимо будет внести контактный номер телефона и адрес, по которому они будут находиться на самоизоляции.

Исключить возможность тотальной слежки за перемещениями и до нуля снизить вероятность попадания в список нарушителей можно лишь одним способом – нужно оставить телефон или смартфон дома. В этом случае система не сможет установить факт нарушения, и никакие санкции применены не будут.

Но всё это может не сработать на территории Москвы – в столице готовится к запуску система идентификации личности по лицу для выявления нарушителей карантина, в том числе и самоизолировавшихся людей, решивших выйти на улицу. Она сможет распознавать даже лица, на 40% закрытые маской или предметом одежды. Систему свяжут с камерами наблюдения по всему городу, количество которых превышает 175 тыс. и в обозримом будущем увеличится ещё на 9000, и данными сотовых операторов по геолокации. Необходимое

оборудование для системы полностью закуплено, однако на его развертывание потребуются дополнительные временные затраты. Сроки финального запуска системы слежки за москвичами и гостями столицы пока не установлены.

IDC: в этом году расходы на ИТ упадут на 2,7%

Специалисты аналитической компании IDC снова скорректировали свой прогноз относительно мировых расходов на информационные технологии (ИТ) в этом году. Рост отрасли прерван пандемией COVID-19.

Ещё недавно аналитики IDC полагали, что рост возможен, хотя и не на 4%, как прогнозировалось изначально, а на 1%, но сейчас пришли к выводу, что следует ждать сокращения расходов по сравнению с прошлым годом.

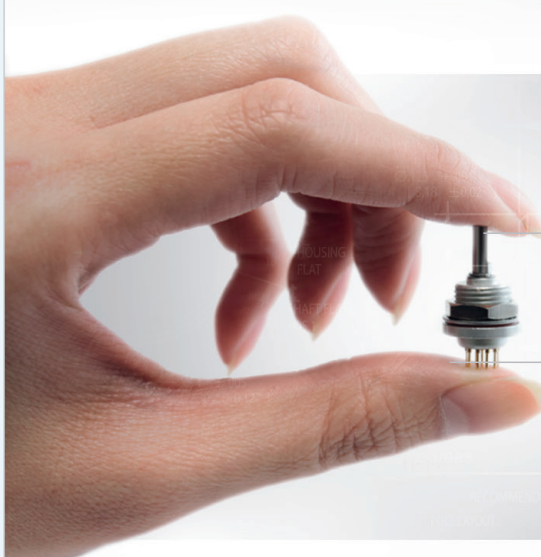
Пандемия COVID-19 влияет на мировую экономику, заставляя многие компании и организации во всём мире планировать действия на случай непредвиденных обстоятельств, в частности, сокращая расходы в краткосрочной перспективе. Как это было в случаях с предыдущими экономически-

ми спадами расходы на оборудование, программное обеспечение и услуги в сфере ИТ, вероятно, сократятся в большей степени, чем общий ВВП, так как участники рынка быстро сокращают капитальные расходы по мере уменьшения доходов, прибыли, прогнозов и численности персонала.

В этом году ожидается значительное сокращение расходов на ПК, планшеты, смартфоны и периферийные устройства. Общие расходы на устройства сократятся на 8,8%. Расходы на серверы, хранилища и сетевое оборудование тоже сократятся, несмотря на высокий спрос на облачные сервисы. Расходы на инфраструктуру (включая облачную) вырастут на 5,3%, но весь этот рост будет связан с расходами предприятий на инфраструктуру как услугу (IaaS) и расходами облачных провайдеров на серверы. В то же время расходы на серверное оборудование и хранилища сократятся на 3,3%, а расходы на сетевое оборудование – на 1,7%. Расходы на сервисы сократятся на 2,0%. И хотя расходы на ПО вырастут на 1,7%, этого будет недостаточно, чтобы изменить ситуацию в целом.

IDC

Grayhill



Вся суть в размере!

Компактный поворотный переключатель 77-й серии

23,22 мм




- 25 000 циклов переключения
- Соответствует: MIL-DTL-3786, MIL-STD-20
- Высота выступающей части с задней стороны панели — 4,5 мм

ProCHIP
POWERED BY ProSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА
(495) 232-2522 ■ INFO@PROCHIP.RU ■ WWW.PROCHIP.RU



Рис. 0010

Проектирование для производства (DFM)

Часть 3. Подготовка стратегии конструирования печатного узла

Игорь Зырин (igor.zyrin@altium.com), Дэвид Марракчи

В статье рассмотрены вопросы детальной проработки будущей печатной платы, которые позволят спланировать размещение элементов платы с учётом технологических требований производства. Рассмотрена специфика установки переходных отверстий, нюансы размещения печатных проводников, варианты подсоединения печатного рисунка к контактным площадкам и вопросы установки тепловых барьеров. Рассмотрены возможности САПР Altium Designer, позволяющие учесть эти особенности.

Введение

Статья продолжает цикл, посвящённый проектированию печатных плат с учётом технологии производства и технологических требований. Другими словами, в статье затрагиваются вопросы проектирования для производства (DFM). DFM – способ организации процесса проектирования изделий на основе печатных плат. Достижение корректного результата может вызвать проблемы, если не соблюдать всех требований.

После того как вы определились с выбором компонентов на печатной плате, определили структуру слоёв, размеры и типы переходных отверстий (ПО), разобрались с правилами проектирования на слоях шелкографии и паяльной маски, можно приступать к размещению и трассировке компонентов. Далее будут даны рекомендации для более детальной проработки ограничений, связанных с размещением переходных отверстий. Рассмотрим ограничения и дадим рекомендации, связанные с расположением печатных проводников и установкой тепловых барьеров с учётом их особенностей. Также будут рассмотрены другие вопросы, которые позволят избежать проблем на старте и грамотно спланировать подход к проектированию печатной платы.

От того, как спроектирована печатная плата, напрямую зависит последующий процесс её изготовления. Подход к проектированию печатной платы может отличаться от проекта к проекту, однако существует ряд основных конструктивных рекомендаций, которые учитывают требования DFM и позволяют довести проект платы до завершения без проблем, связанных с производством.

Расположение переходных отверстий

Если на печатной плате присутствуют компоненты с монтажом в отверстия, то у таких компонентов рекомендуется максимально отдалять переходные отверстия от сквозных контактных площадок (КП). Это связано с тем, что при монтаже переходных отверстий припой может перетечь под корпус компонента и повредить его. При пайке волной припой через переходные отверстия может подниматься вверх к корпусу компонента. Если отдалить переходные отверстия невозможно (например, в связи с высокой плотностью монтажа печатной платы), следует применять технологию закрытия переходных отверстий. Или же отверстия можно заполнить непроводящим компаундом. Также имеется вариант формирования на поверхности таких отверстий масочных мостиков, кото-

рые будут препятствовать перетеканию припоя. О деталях и доступных технологических возможностях следует уточнять у производителя печатной платы.

Для автоматического закрытия отверстий паяльной маской в менеджере правил и ограничений Altium Designer имеется правило Solder Mask Expansion, которое устанавливает соответствующий признак (Tented) для верхней и нижней монтажной стороны (см. рис. 1).

Если имеются компоненты в SIP корпусах, то расставлять переходные отверстия стоит с отступом около 2,5 мм от корпуса, так как есть риск неправильной установки в процессе монтажа.

Так как припой может перетекать через переходные отверстия, крайне не рекомендуется размещать переходные отверстия под чип-компонентами. Это может привести к короткому замыканию или появлению эффекта «надгробного камня» (дефектов пайки оплавлением, при которых чип-компонент поднимается на один из торцов, подобно надгробному камню, и образуется паяное соединение только с одной стороны компонента). Ещё одна причина, по которой переходные отверстия нельзя устанавливать под чип-компонентами, связана с необходимостью технологической фиксации компонентов на печатной плате термоотверждаемым клеем по технологии одновременной групповой пайки компонентов с двух сторон платы. На рисунке 2 показаны зоны, не пригодные для установки переходных отверстий под чип-компонентом.

Подключение переходных отверстий к контактным площадкам рекомендуется делать проводником длиной не менее 0,25 мм. Если на проектируемой печатной плате недостаточно места для создания отступов переходных отверстий – лучше покрыть их защитной паяльной маской. Более точные значения необходимых отступов переходных отверстий от контактных площадок рекомендуется уточнить у выбранного производителя печатных плат. На рисунке 3 показан пример рекомендуемого способа подключения переходных отверстий к контактным площадкам компонентов.

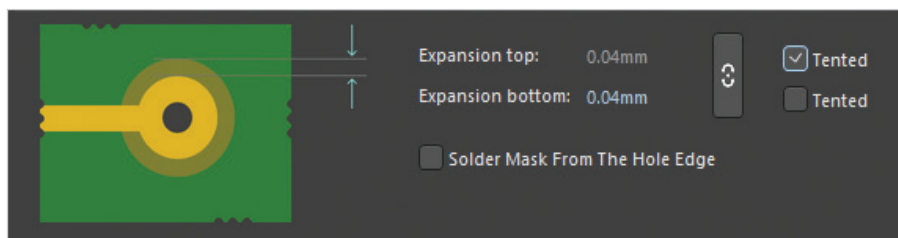
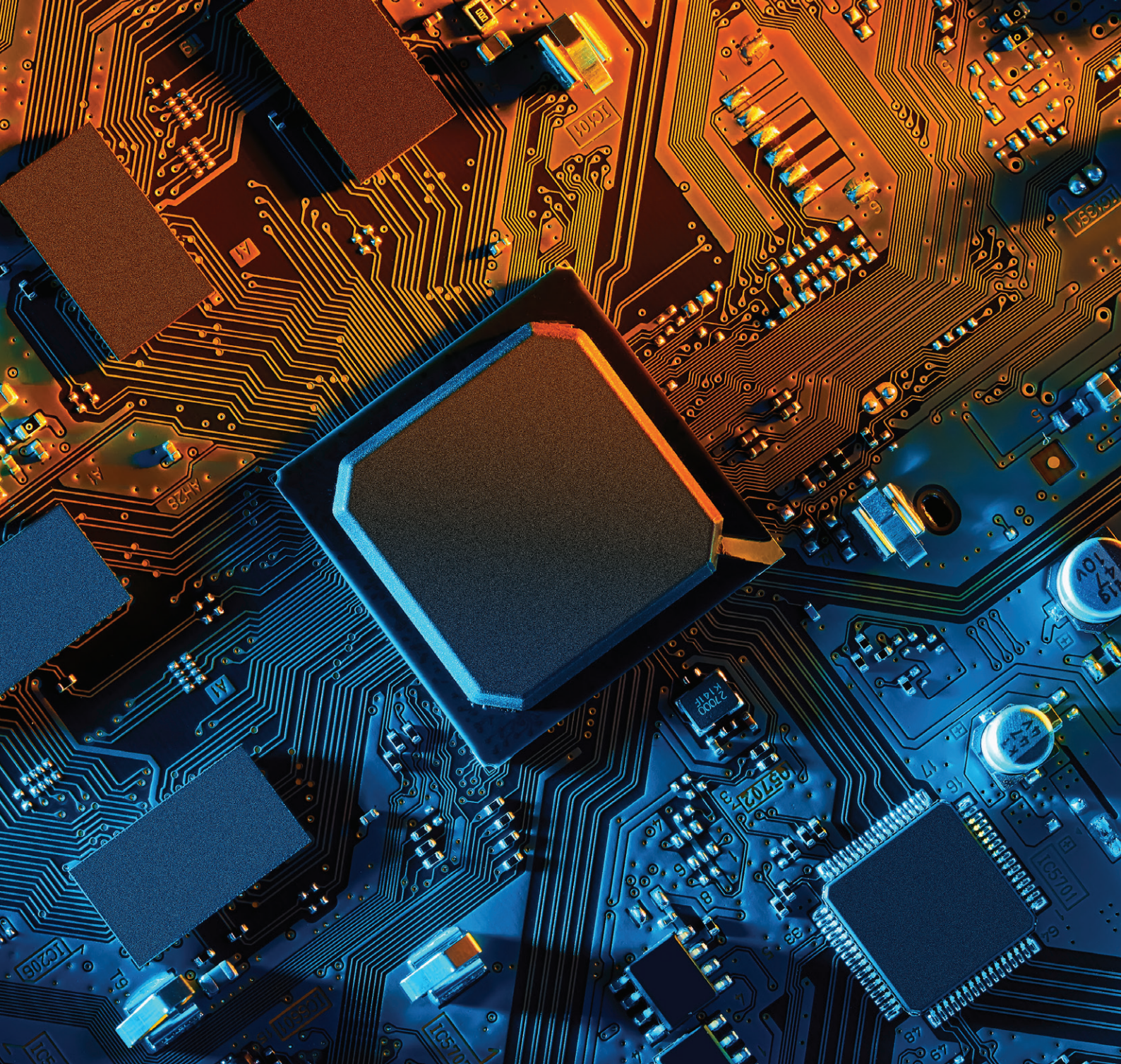


Рис. 1. Правило Solder Mask Expansion



Electronics Lifecycle
Management

Altium

- Поставка САПР Altium Designer, Altium Concord, PDN Analyzer
- Техническая поддержка и Обучение
- Внедрение

www.elm-c.ru

ООО "ЭЛМ" официальный дистрибьютор Altium Limited

Тел. +7 (495) 005-51-45 Email: info@elm-c.ru www.elm-c.ru

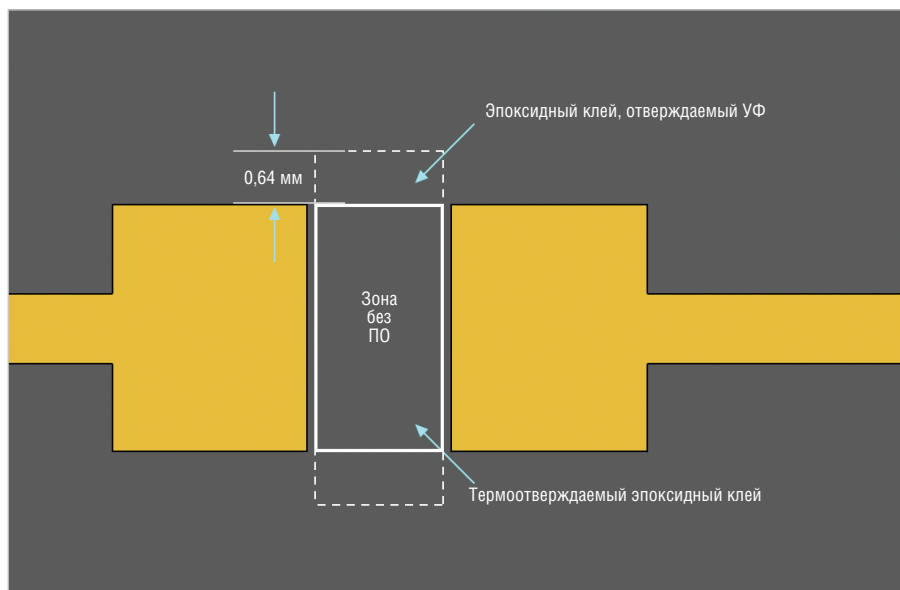


Рис. 2. Переходные отверстия под чип-компонентами

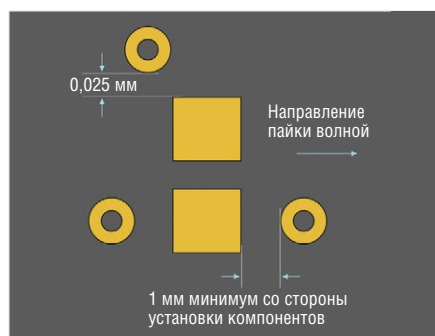


Рис. 5. Рекомендуемые отступы для переходных отверстий

В менеджере правил и ограничений Altium Designer имеется правило SMD To Plane, которое используется для контроля длины проводника от контактной площадки до переходного отверстия. SMD To Plane позволяет указать длину проводника от центра контактной площадки до центра переходного отверстия (см. рис. 4).

Переходные отверстия, не подключенные к контактным площадкам, рекомендуется располагать на расстоянии не менее 0,64 мм от контактных площадок. Если переходное отверстие расположено со стороны монтажа, то отступ рекомендуется увеличить до 1 мм. На рисунке 5 показан пример расположения переходных отверстий относительно контактных площадок.

Переходные отверстия являются критически важной частью любого проекта. От того, насколько качественно проработана стратегия установки отверстий на печатной плате, зависит весь процесс проектирования, технологичность и экономическая эффективность.

Подвод проводников к контактным площадкам

Если вывод компонента выводит питание/землю или служит теплоотводом – его контактным площадкам требуется подведение широких проводников. Широкие проводники являются мощными переносчиками тепла, что может привести к нарушениям в процессе пайки компонента. Это особенно критично, если на печатной плате отсутствует защитная паяльная маска или нанесено оловянно-свинцовое финишное покрытие на весь печатный рисунок. Ширину трассы для контактных площадок необходимо выполнять с небольшим сужением относительно ширины контактной площадки. Это позволит соблюсти тепловой баланс, предотвратить утечку припоя и тепла по проводнику от контактной площадки. На рисунке 6 показан пример подключения широкого проводника к силовой контактной площадке.

Для автоматического сужения ширины проводника в процессе трассировки в менеджере правил и ограничений Altium Designer имеется правило SMD Neck Down, открывающее возможность установки процентного соотношения ширины проводника к ширине КП (см. рис. 7).

Силовая шина (чаще всего она представляет собой полигон или широкий проводник) соединяется с силовой контактной площадкой компонента посредством заужения проводников. Так будет обеспечен тепловой баланс, а припой не попадет на силовую шину. Идеально выполнять такое

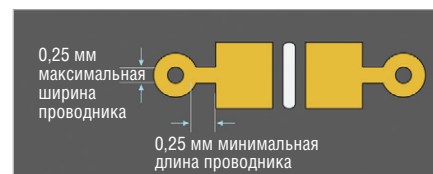


Рис. 3. Рекомендуемый способ подключения переходных отверстий

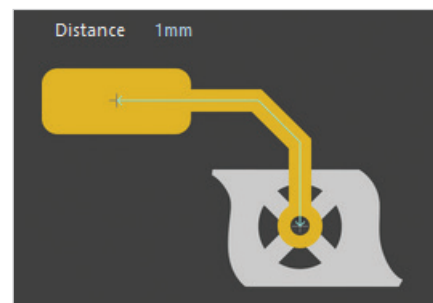


Рис. 4. Правило SMD To Plane

подключение проводниками не шире 0,25 мм, с минимальной длиной до силовой шины 0,25 мм. Если контактная площадка широкая, то подключение к силовой шине выполняется массивом проводников, которые должны иметь одинаковую ширину. На рисунке 8 показаны «хороший» и «плохой» примеры подключения силовой контактной площадки к силовой шине. «Хороший» способ подключения позволит избежать большинства проблем, связанных с ручным и автоматизированным монтажом компонентов на печатную плату. Также значительно повышается ремонтопригодность, так как демонтаж компонента не составит проблем.

Подключение контактных площадок одной цепи у близкорасположенных компонентов необходимо выполнять следующим образом: вывести проводники перпендикулярно контактным площадкам из их торца в сторону, направленную от корпуса, а затем соединить общей шиной (Ш-образное соединение). Прямое (Н-образное) соединение у контактных площадок близко расположенных компонентов приводит к нарушению пайки: появлению «надгробных камней», холодного паяного соединения (непроя), смещению компонентов и усложнению оптического контроля. В процессе монтажа нарушение пайки может восприниматься как случайное короткое замыкание – его необходимо устранить. На рисунке 9 показаны «хороший» и «плохой» примеры соединения контактных площадок одной цепи.



Рис. 6. Подключение широкого проводника к силовой контактной площадке

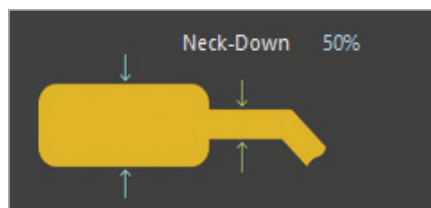


Рис. 7. Правило SMD Neck Down

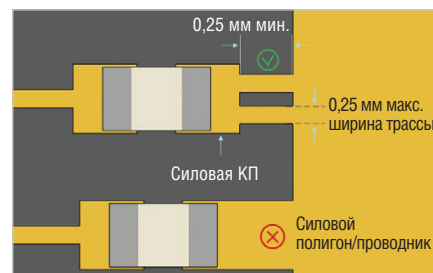


Рис. 8. «Хороший» и «плохой» примеры подключения силовой контактной площадки к силовой шине

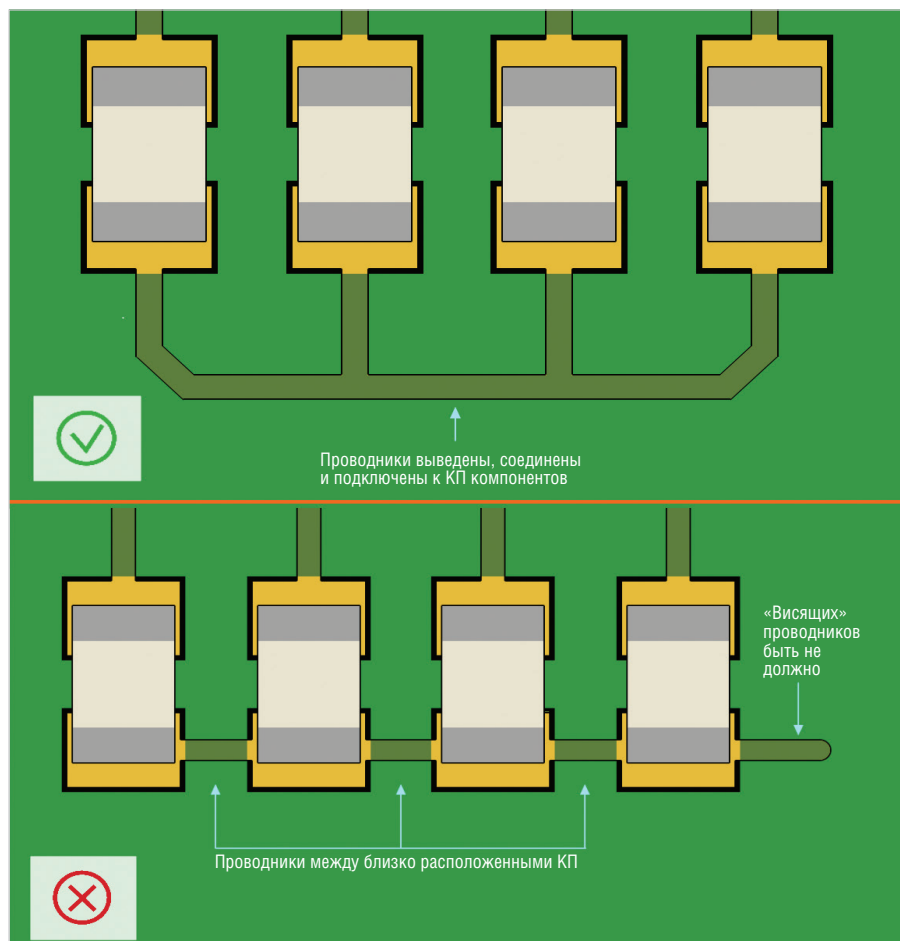


Рис. 9. «Хороший» и «плохой» примеры соединения контактных площадок одной цепи

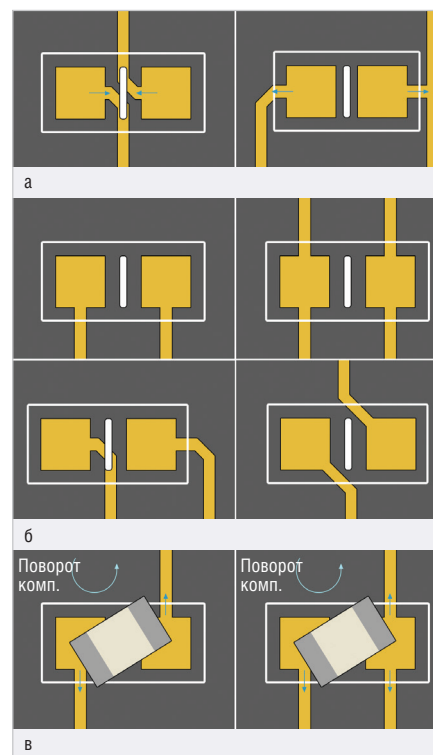


Рис. 10. Способ подключения чип-компонентов к контактной площадке: а) рекомендуемый; б) допустимый; в) недопустимый

Каждая контактная площадка компонента подключается к собственному проводнику. При этом крайне важно сохранять симметричность трассировки: если один проводник выходит из внутренней стороны контактной площадки, то и второй должен выходить так же. Это является особенно критичным в зонах без паяльной маски, поскольку позволяет предотвратить смещение компонентов. Большинство производителей печатных плат рекомендуют наносить оптимальное количество меди, соединяющей контактные площадки. На рисунке 10 показаны рекомендуемые способы подключения проводников к контактным площадкам чип-компонентов (а), а также допустимые (б) и нерекомендуемые (в) способы.

При трассировке компонентов поверхностного монтажа (SMD) для стоящих рядом контактных площадок одной цепи рекомендуется прокладывать проводники U-образно, а не H-образно (см. рис. 11).

Полигоны и проводники

Полигоны питания и земли рекомендуется располагать на внутренних слоях печатной платы, делать это симметрично и по центру относительно стека печатной платы. Это позволит избежать коробления печатной платы, а также поможет выполнить точное позиционирование компонентов в процессе монтажа. Большинство производителей печатных плат допускают изгиб и кручение не более 0,7–0,75% для двухслойных плат или многослойных с толщиной около 1,5 мм.

Эта же рекомендация относится и к сигнальным слоям, и к проводникам. Печатный рисунок на печатной плате должен быть как можно более симметричным и равномерным по осям X и Y. Направление размещения проводников по слоям должно быть различным, чтобы исключить эффект скручивания и деформации платы. Идеальный вариант прокладки проводников – трассировка без приоритета направлений, максимально равномерное распределение печатного рисунка по печатной плате с увеличением зазоров между проводниками там, где это возможно. Увеличенные зазоры проводников на печатной плате значительно упростят контроль печатного рисунка на этапе изготовления. Отсутствие приоритетного направления трассировки позволит

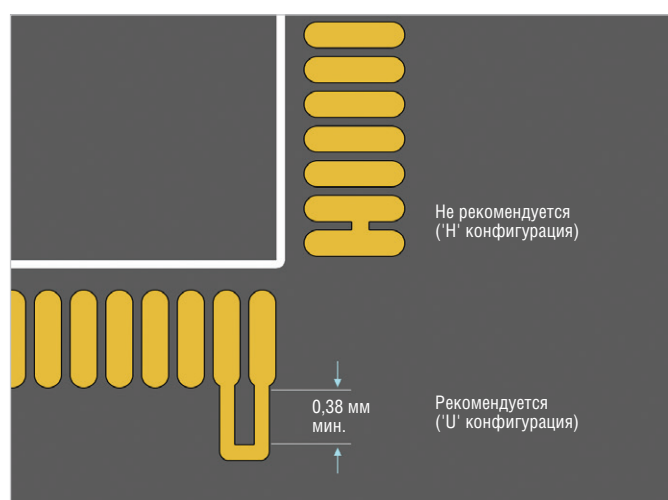


Рис. 11. U-образный способ соединения контактной площадки одной цепи

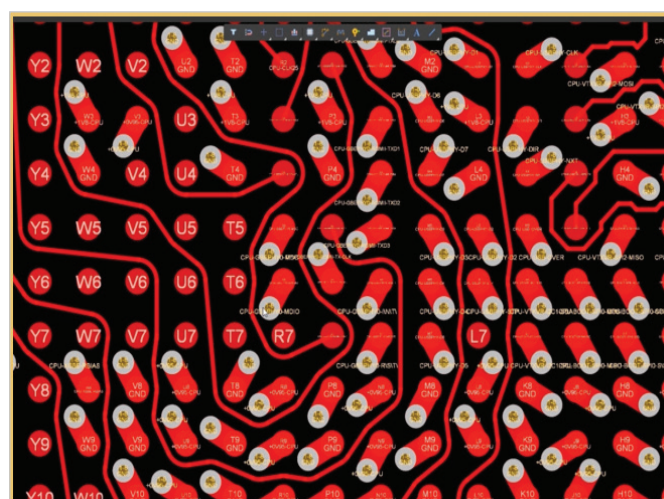


Рис. 12. Пример топологии в стиле Snake Routing

Сравнительная таблица финишных покрытий

Свойство	Материал						
	HASL (SnPb)	HASL без свинца	Электролитический никель, иммерсионное золото – ENIG	Иммерсионное серебро – IAg	Органическое защитное покрытие – OSP	Иммерсионное олово – ISn	Электролитический никель, золото – NiAu
RoHS	Нет	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Затраты	Низкие	Низкие	Средние	Средние	Низкие	Средние	Высокие
Срок годности	1 год	1 год	1 год	9-12 месяцев*	9-12 месяцев*	9-12 месяцев*	1 год
Возможность ремонта	Ограничена	Ограничена	Ограничена	Да	Нет	Нет	Нет
Смачиваемость припоем	Превосходная	Хорошая	Хорошая	Очень хорошая	Хорошая	Хорошая	Хорошая
Плоскостность	Плохая	Хорошая	Превосходная	Превосходная	Превосходная	Превосходная	Хорошая / плохая
Целостность припоя	Превосходная	Хорошая	Хорошая	Превосходная	Хорошая	Хорошая	Плохая**
Низкое сопротивление/ высокая скорость	Нет	Нет	Нет	Да	Непригоден	Нет	Нет
Термокомпрессионное соединение алюминиевой проволоки	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Нет	Да

* Требуются особые условия хранения

** Толстые слои золота могут привести к охрупчиванию паяного шва

максимально снизить риски коробления печатной платы, а равномерное распределение проводников позволит значительно снизить допуски на ширину проводников при травлении.

Выполнить трассировку без приоритета направлений, под произвольными углами, с огибанием препятствий (стиль трассировки дугами – Snake Routing) можно в Altium Designer, начиная с версии 20.0. Такая трассировка выполняется настройкой Corner Style, которую нужно перевести в значение Any Angle в инструменте Interactive Routing. Пример трассировки, выполненной в стиле Snake Routing, можно увидеть на рисунке 12.

Финишные покрытия печатного рисунка

После изготовления стека внешние слои печатной платы покрываются финишным покрытием. Сделать это нужно для защиты меди от внешних воздействий, обеспечения качественной пайки и контактирования с внешними коммутационными устройствами. Имеются и другие причины, зависящие от условий эксплуатации каждого конкретного проекта.

В большинстве плат в качестве первого покрытия используется дополнительная гальваническая медь. Её получают в процессе металлизации переходных отверстий по технологии

PTH (plated through-hole). Подробнее о технологии металлизации сквозных отверстий и нанесении дополнительных покрытий, как правило, можно узнать на сайте производителя печатных плат [1]. Чтобы получить толщину медных стенок отверстия 20 мкм и обеспечить достаточную проводимость металлизированного переходного отверстия, толщина гальванической меди проводников на внешних слоях должна составлять ~40 мкм. Необходимо учитывать толщину гальванической меди проводников при производстве печатных плат с металлизированными отверстиями и выполнять расчёты производственных допусков, импеданса и



Рис. 13. Пример типового теплового барьера

токовой нагрузки с учётом увеличения толщины проводника. Конкретные значения увеличения толщины внешних слоёв зависят от требований к толщине стенок переходных отверстий, соотношения диаметра отверстий к толщине печатной платы и возможностей производства.

Следующее покрытие, которое применяется на печатных платах, – финишное покрытие. Выбор финишного покрытия зависит от различных факторов. В таблице [2] показан список самых популярных финишных покрытий с характеристиками, которые позволят выполнить сравнение и сделать окончательный выбор.

Учёт финишных покрытий выполняется в менеджере слоёв печатной платы, который входит в состав Altium Designer. Менеджер слоёв поддерживает все основные сегодняшние типы финишных покрытий. Менеджер слоёв автоматически выполнит корректировку толщины печатной платы и учтёт влияние финишных покрытий на импеданс сигнальных проводников.

Тепловые барьеры

Наличие тепловых барьеров на печатной плате зачастую играет решающее значение при пайке волной, пайке в отверстия и ручной пайке. Как следствие, тепловые барьеры влияют на ремонтпригодность и оказывают значительное влияние при использовании других технологий пайки. Тепловые барьеры особенно важны для печатных плат с большим количеством медных слоёв и для слоёв с высоким процентом заполнения медью. Медь выступает в качестве радиатора и отводит существенную часть тепла из области пайки. Последнее, в свою очередь, может сильно затруднить контроль термoproфиля при пайке. Введение тепловых барьеров значительно облегчит пайку компонентов в сквозные отвер-

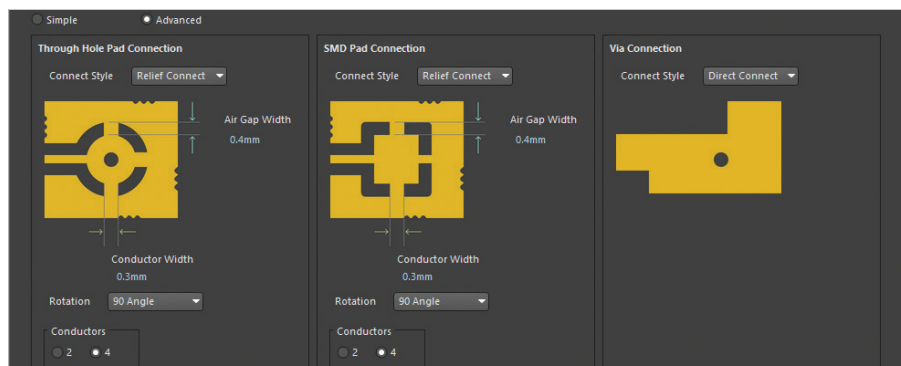


Рис. 14. Правило Polygon Connect

ствия, замедляя скорость оттока тепла через металлизированные отверстия. Отсутствие теплового барьера может привести к недостаточному заполнению отверстия припоем или холодному контакту. Вот основные преимущества тепловых барьеров:

- упрощённый контроль размеров отверстий;
- больше равномерности толщины покрытия внешних слоёв;
- быстрая и простая проверка паяных соединений.

Общая рекомендация – использовать тепловой барьер для любого сквозного металлизированного отверстия, подключённого к слою земли или питания. Однако стоит учитывать, что тепловой барьер нельзя использовать на отверстиях для деталей, устанавливаемых прессованием. Учитывается и наличие отверстий для деталей при расчёте плотности тока в высокоскоростных проектах. На рисунке 13 показан типовой тепловой барьер.

Во время проектирования печатной платы для автоматической установки тепловых барьеров и контроля их наличия в менеджере правил и ограничений Altium Designer установлено дополнительное правило Polygon Connect, определяющее стиль подключения полигонов к монтажным отверстиям, поверхностным КП и переходным отверстиям. Имеется несколько вариантов способа задания параметров теплового барьера (см. рис. 14).

Заключение

В процессе подготовки стратегии проектирования печатной платы, пригодной для производства, помимо информации, изложенной во второй части [3] данного цикла статей, стоит уделить особое внимание размещению переходных отверстий, расположению проводников и способам их присоединения к контактными площад-

кам компонентов. Также учитывается тип покрытия внешних слоёв печатной платы, нужно следить за симметричностью проводящего рисунка, и стоит не забывать использовать тепловые барьеры там, где это необходимо.

Информация, изложенная во второй и третьей частях цикла статей, закладывает фундамент для понимания процесса проектирования печатной платы и позволяет построить стратегическую основу компоновки платы.

Выполнить корректное подключение проводников к контактными площадкам, установить тепловые барьеры, учесть дополнительные покрытия, влияющие на последующее изготовление платы, поможет набор инструментов, входящих в состав САПР Altium Designer.

В следующей статье цикла будет рассмотрено размещение компонентов на печатной плате. Также для успешного изготовления печатной платы автор статьи даст конкретные рекомендации по местоположению и ориентации компонентов. Будут рассмотрены особенности размещения компонентов для пайки волной, компонентов в корпусах типа BGA и PTH, даны рекомендации для установки конденсаторов и чип-компонентов.

Литература

1. Поэтапная технология изготовления многослойных печатных плат в картинках (метод сквозной металлизации, ООО «Резонит»). URL: <https://www.pcbfab.ru>.
2. Final Plating Finish Comparisons (n.d.): n. pag. Final Plating Finish Comparisons. Advanced Circuits. 2016. URL: www.4pcb.com/media/plating-comparison-chart.pdf.
3. Зырин И., Марракчи Д. Проектирование для производства (DFM). Часть 2. Подготовка стратегии конструирования печатного узла. Современная электроника. 2020. №3.



Как создать прикладную программу для Altium Designer?

Вадим Иванов (v.ivanov@glavkon.com),
Дмитрий Чайкин (d.chaykin@niitm.spb.ru),
Алексей Красильников (a.krasilnikov@glavkon.com),
Илья Левин (Levin.iliya.g@gmail.com)

При проектировании радиоэлектронной аппаратуры разработчикам приходится решать множество конструкторских задач, порой выходящих за рамки имеющегося программного обеспечения. Разработчики САПР предлагают воспользоваться программными сервисами для расширения функциональных возможностей и создания собственных прикладных программ.

Современные системы проектирования РЭА позволяют решать широкий круг задач различным категориям пользователей. Однако периодически возникает необходимость в реализации дополнительного функционала, не предусмотренного разработчиками системы. Поэтому разработчики сложных систем, включая Altium Designer, разрабатывают программные API для расширения функциональных возможностей. В Altium Designer такие модули называются Extensions.

Существует два способа создания программных модулей для Altium Designer:

1. **Altium SDK** (Software Developer Kit) – модуль поставляется в виде dll, для создания используются языки программирования C++, C#, Delphi;
2. **Altium Designer API** (Application Programming Interface) – поставляется в виде исходного кода на язы-

ках программирования PascalScript, JScript, VBScript, Query Language.

Два представленных метода кардинально отличаются подходом к построению прикладных программ, набором доступного функционала и принципом исполнения.

Использование Altium SDK

Для использования SDK необходимо иметь доступ к программе разработчиков Altium DXP Developer. Доступ открывается после запроса через поставщика решений Altium. После регистрации в данной программе для разработчиков в разделе Extensions & Updates появится дополнительное расширение Altium Developer. Для установки расширения необходимо подключиться к Личному кабинету.

После установки расширения в меню File появится дополнительный раздел

(см. рис. 1), с помощью которого можно создать собственный Extension и зарегистрировать его.

Для написания программы с помощью SDK необходимо использовать любое доступное средство для разработки под конкретный язык, например Borland Delphi – при использовании языка Delphi или Visual Studio – для языка C#. В каждом случае при создании собственной программы необходимо использовать SDK под конкретный язык.

На данный момент существует пять версий SDK:

1. SDK 1.0 для Altium Designer 14.2 и выше;
2. SDK 2.0 для Altium Designer 15 и выше;
3. SDK 3.0 для Altium Designer 16 и выше;
4. SDK 3.1 для Altium Designer 17 и выше;
5. SDK 4.0 для Altium Designer 18 и выше.

Используя SDK и методы конкретной версии, необходимо учитывать, что разработанная программа может не работать на старых версиях Altium Designer при использовании того функционала, который отсутствует в конкретной версии Altium Designer.

Используя меню Extension, необходимо подключить созданный проект на любом доступном языке, задать имя будущего плагина, назначить иконку и другие параметры. Подробнее о формировании Extension можно ознакомиться на сайте Altium [1].

Итогом создания прикладной программы с помощью SDK является библиотека dll, которая встраивается в Altium Designer как обычный Extension и будет загружаться в систему при каждом запуске. Запуск программы будет зависеть от реализации проекта: это может быть кнопка в панели инструментов, отдельная панель или масштабный модуль, затрагивающий множество функциональных возможностей Altium Designer.

Использование SDK – метод, требующий хороших навыков программирования и умения разбираться в сторонних библиотеках для извлечения и использования нужных методов для реализации необходимых прикладных задач.

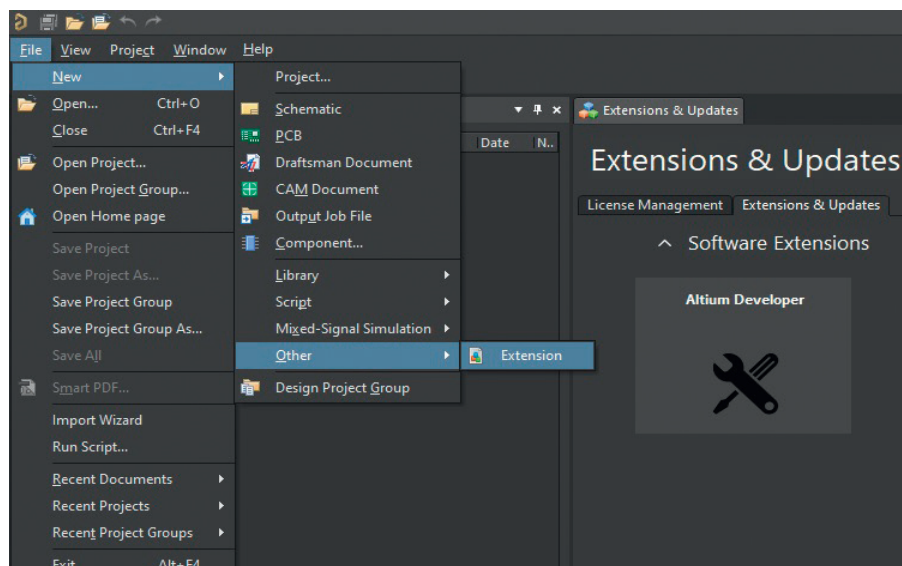


Рис. 1. Меню создания Extension

Менее трудоёмким процессом создания прикладных программ является использование API.

Использование Altium Designer API

API – интерфейс для создания скриптов средствами самого Altium Designer. В отличие от SDK при этом не требуется сторонних компиляторов для формирования dll-библиотеки, не требуется создания Extension и подключения его. Для запуска и исполнения скрипта необходимо в меню File \ Run Script указать нужный проект с созданной программой и указать исполняемый файл с кодом программы.

Для создания прикладной программы (скрипта) с помощью API в Altium Designer необходимо создать проект PrjScr через меню File. Затем в данный проект необходимо вставить Script Form, и после этого можно приступать к созданию программы. Используя API, сам код и интерфейс скрипта разрабатываются средствами встроенного интерфейса (см. рис. 2). В нижней части рабочей области есть кнопки переключения между визуальной частью скрипта (Form) и исполняемым кодом (Code).

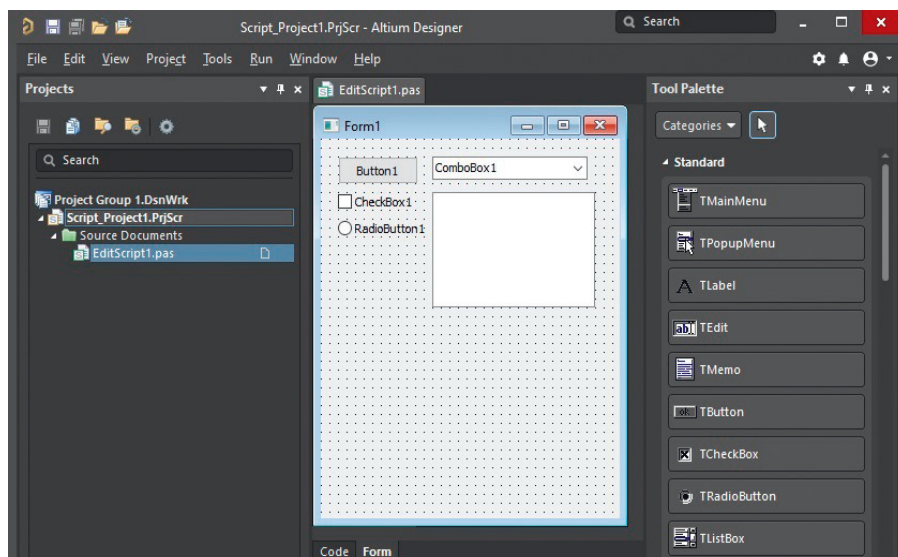


Рис. 2. Создание интерфейса скрипта в Altium Designer

При использовании API имеется описание всех необходимых интерфейсов Altium в документации на сайте [2], там же приведены примеры использования.

Весь представленный программный интерфейс разделён на несколько разделов:

- System API (работа с файлами);
- Integrated Library API (работа с библиотеками);

- FPGA API (работа с FPGA-моделями);
- PCB API (работа с PCB-редактором);
- Schematic API (работа со схематическим редактором);
- Workspace Manager API (работа с проектами).

В каждом из разделов есть свой набор интерфейсов со своими методами.

Для создания графического интерфейса скрипта используется панель Tool

Glavkon

— We make the complex simple

Разрабатываем прикладные программы для автоматизации работы в Altium Designer

glavkon.com
youtube.com/glavkon
+7.812.922.28.98
info@glavkon.com

API

```

52  where (string) template.Attribute("active") = "
53  select (string) template.Attribute("name");
54
55  return names;
56
57
58  Count: 2
59  private void Block(Dictionary<string, string>
60  {
61      XDoc.XPathEvaluate($"te
62      Cast<Element>())
63
64
65      (double) line.Attribute(
66      (double) line.Attribute(
67      (double) line.Attribute(
68      (double) line.Attribute(
69      (double) line.Attribute("width")
70      (double) line.Attribute("height")
71      (double) line.Attribute("rotation")
72      (double) line.Attribute("rotation")
73      (double) line.Attribute("rotation")
74      (double) line.Attribute("rotation")
75      (double) line.Attribute("rotation")
76      (double) line.Attribute("rotation")
77      (double) line.Attribute("rotation")
78      (double) line.Attribute("rotation")
79      (double) line.Attribute("rotation")
80      (double) line.Attribute("rotation")
81      (double) line.Attribute("rotation")
82      (double) line.Attribute("rotation")
83      (double) line.Attribute("rotation")
84      (double) line.Attribute("rotation")
85      (double) line.Attribute("rotation")
86      (double) line.Attribute("rotation")
87      (double) line.Attribute("rotation")
88      (double) line.Attribute("rotation")
89      (double) line.Attribute("rotation")
90      (double) line.Attribute("rotation")
91      (double) line.Attribute("rotation")
92      (double) line.Attribute("rotation")
93      (double) line.Attribute("rotation")
94      (double) line.Attribute("rotation")
95      (double) line.Attribute("rotation")
96      (double) line.Attribute("rotation")
97      (double) line.Attribute("rotation")
98      (double) line.Attribute("rotation")
99      (double) line.Attribute("rotation")
100     (double) line.Attribute("rotation")
101     (double) line.Attribute("rotation")
102     (double) line.Attribute("rotation")
103     (double) line.Attribute("rotation")
104     (double) line.Attribute("rotation")
105     (double) line.Attribute("rotation")
106     (double) line.Attribute("rotation")
107     (double) line.Attribute("rotation")
108     (double) line.Attribute("rotation")
109     (double) line.Attribute("rotation")
110     (double) line.Attribute("rotation")
111     (double) line.Attribute("rotation")
112     (double) line.Attribute("rotation")
113     (double) line.Attribute("rotation")
114     (double) line.Attribute("rotation")
115     (double) line.Attribute("rotation")
116     (double) line.Attribute("rotation")
117     (double) line.Attribute("rotation")
118     (double) line.Attribute("rotation")
119     (double) line.Attribute("rotation")
120     (double) line.Attribute("rotation")

```

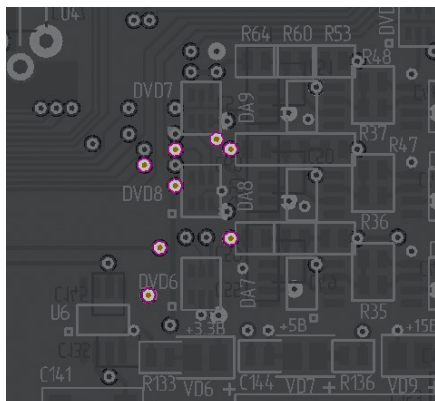



Рис. 3. Результат выполнения примера скрипта

Palette, в которой есть стандартные визуальные WindowsForms-примитивы для отображения в окне программы. Все объекты, вставленные в форму в редакторе кода, можно обрабатывать и по различным действиям на объекты производить определённый набор необходимых действий. После завершения написания скрипта команду его запуска можно внедрить во вновь созданную строчку меню или кнопку в панели инструментов, для этого в меню Edit Command редактирования кнопки необходимо вставить:

```
Process : ScriptingSystem:RunScript
Parameters : ProjectName=[имя
проекта] | ProcName=[файл кода].
pas>[имя метода]
```

Примеры реализации скрипта

В качестве примера приводится код скрипта на языке Delphi с использованием API и на языке C# – с использованием SDK. Программа выполняет поиск переходных отверстий на плате, координаты которых не кратны текущей координатной сетке, и накладывает на такие отверстия маску, тем самым скрывая все остальные примитивы плат. Результат выполнения скрипта представлен на рисунке 3.

Следующий пример создан на языке Delphi. Его можно повторить, используя API: создать файл `viagrid.pas`, внося в него следующий код, и вызвать через меню `File – Run Script`: (см. Листинг 1).

Пример реализации этой же программы на языке C[#] с использованием SDK приведён в Листинге 2.

Оба приведённых примера доступны для общего пользования в публичном репозитории по адресу <https://github.com/glavkondev>.

Заключение

Открытые средства для разработки прикладных программ для Altium

Листинг 1

```

function viagrid;
var
Board      : IPCB_Board;
Iter       : IPCB_BoardIterator;
Via        : IPCB_Via;
grid, x, y : double;
begin
Board := PCBServer.GetCurrentPCBBoard;
If Board = Nil then exit;
ResetParameters;
AddStringParameter('Scope','All');
RunProcess('PCB:DeSelect');
Iter := Board.BoardIterator_Create;
Iter.AddFilter_ObjectSet(MkSet(eViaObject));
Iter.AddFilter_AllLayers;
Via := Iter.FirstPCBObject;
While (Via <> nil) do begin
x := roundto(coordtomms(Via.x-Board.BoardOutline.BoundingRectangle.
Left),-3);
y := roundto(coordtomms(Via.y-Board.BoardOutline.BoundingRectangle.
Bottom),-3);
grid := roundto(coordtomms(Board.ComponentGridSize),-3);
if ((frac(x / grid) <> 0) or (frac(y / grid) <> 0))
then Via.Selected := True;
Via := Iter.NextPCBObject;
end;
Board.BoardIterator_Destroy(Iter);
Client.PostMessage('PCB:RunQuery','Apply=True|Expr=IsSelected|Mask=True',
Length('Apply=True|Expr=IsSelected|Mask=True'), Client.CurrentView);
end;

```

Листинг 2

```

public void Command_ViaGrid(IServerDocumentView view, ref string
parameters)
{
IPCBoard_ServerInterface pcbServer = PCB.GlobalVars.PCBServer;
if (pcbServer == null) return;

IPCBoard pcbBoard = pcbServer.GetCurrentPCBBoard();
if (pcbBoard == null) return;

DXP.Utills.RunCommand("PCB:DeSelect", "Scope=All");

var boundingRect = pcbBoard.GetState_BoardOutline().
BoundingRectangle();
var gridSize = (int)pcbBoard.GetState_ComponentGridSize();
var delta = EDP.Utills.MMsToCoord(0.001);

IPCBoard_BoardIterator iterator = pcbBoard.BoardIterator_Create();
iterator.AddFilter_ObjectSet(new PCB.TObjectSet(PCB.TObjectId.
eViaObject));
iterator.AddFilter_LayerSet(PCB.Constant.V6AllLayersSet);
iterator.AddFilter_Area(boundingRect.Left, boundingRect.Bottom,
boundingRect.Right, boundingRect.Top);

IPCBoard_Primitive pcbObject = iterator.FirstPCBObject();
while (pcbObject != null)
{
if (pcbObject is IPCBoard_Via via
&& (via.GetState_XLocation() % gridSize > delta
|| via.GetState_XLocation() % gridSize < -delta))
via.SetState_Selected(true);
pcbObject = iterator.NextPCBObject();
}
pcbBoard.BoardIterator_Destroy(ref iterator);

DXP.Utills.RunCommand("PCB:RunQuery",
"Apply=True|Expr=IsSelected|Mask=True|Select=True");
}

```

Desinger позволяют решать любые, возникающие у пользователей подзадачи. В руках программистов данные средства могут значительно увеличить эффективность работы с системой проектирования для рядовых пользователей. Скрипты и плагины могут быть различной сложности: от обычного вывода справочной информации до сложных интеграционных систем, позволяющих обеспечить связь Altium Designer с другими внедрёнными на предприятии системами.

За всю историю развития Altium Designer инженерами-энтузиастами было написано множество прикладных программ и скриптов, решаю-

щих конкретные узконаправленные задачи. Множество из них находится в открытом доступе [3], их можно установить, модифицировать и использовать для решения любых возникающих задач.

Литература

1. Документация Altium DXP Developer.
URL: <https://www.altium.com/ru/documentation/altium-dxp-developer>.
2. Документация по Altium Designer API.
URL: <https://techdocs.altium.com/display/SCRT/Altium+Designer+API+Reference>.
3. Сборник скриптов для Altium Designer.
URL: <https://github.com/Altium-Designer-addons/scripts-libraries>.

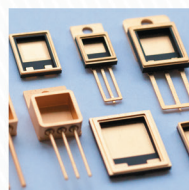
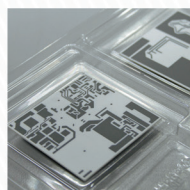
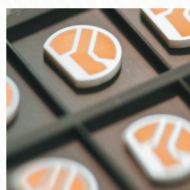
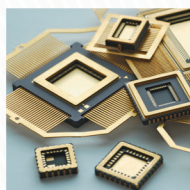
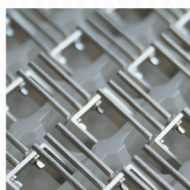
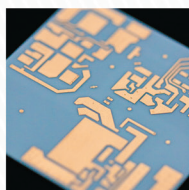
НАНЕСЕНИЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

из никеля (Ni) и золота (Au)

ТЕСТПРИБОР



Самый современный технологический процесс и многоступенчатый контроль качества гарантируют выполнение самых сложных запросов



НА ПРОИЗВОДСТВЕ КОМПАНИИ «ТЕСТПРИБОР» ОСВОЕНЫ СЛЕДУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ:

- электрохимическое никелирование из электролитов различных составов
- электрохимическое никелирование сплавом никель-фосфор
- химическое никелирование сплавами никель-фосфор, никель-бор
- электрохимическое золочение
- химическое и иммерсионное золочение
- «черный никель»

НОВОСТИ МИРА

Минобороны РФ создаёт «СЕКРЕТНЫЕ» НЕЙРОСЕТИ ДЛЯ ВОЕННОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Минобороны России готовится потратить несколько сотен миллионов рублей на создание и обучение нейросетей для нового поколения военных систем с искусственным интеллектом (ИИ). Подрядчик будет выбран по результатам закрытого конкурса, заявку на проведение которого ведомство разместило 27 марта 2020 г. Одно из требований, предъявляемых к будущему исполнителю – наличие действующей лицензии на проведение работ, связанных с использованием сведений, составляющих гостайну со степенью секретности разрешённых к использованию сведений не ниже «секретно».

Победитель конкурса должен будет выполнить научно-исследовательскую работу «Исследования по созданию экспериментального образца комплекса разработки, обучения и реализации глубоких нейронных сетей для нового поколения военных систем с искусственным интеллектом (шифр «Каштан»)».

На портале госзакупок конкурс Минобороны проходит под номером 0173100004520000334 (идентификационный код закупки – 20177042522617704010 0100015437219217). Приём заявок на участие в нём продлится до 27 апреля 2020 г., а начальная (максимальная) цена госконтракта составляет около 387,7 млн руб. Закупка осуществляется по государственному оборонному заказу в соответствии с Федеральным законом № 275-ФЗ «О государственном оборонном заказе» от 29 декабря 2012 г.

Определённый по итогам конкурса подрядчик должен будет выполнить научно-исследовательскую работу не позднее 10 ноября 2022 г. Минобороны разделит финансирование проекта на три этапа – часть средств исполнитель получит в 2020 г., часть – в 2021 г., а последний перевод будет осуществлён в 2022 г.

Итоговая сумма контракта разделена по годам не поровну. Так, в 2020 г. на выполнение работ будет выделено около 115,1 млн руб., в 2021 г. – свыше 152,6 млн руб., а в 2022 г. – ровно 120 млн руб.

Источник всех средств – федеральный бюджет России. Согласно концепции конкурса, система платежей будет авансовой – перед выполнением каждого из этапов научно-исследовательской работы Минобороны будет перечислять 50% суммы, запланированной на этот этап, на счёт подрядчика.

Согласно извещению Минобороны о проведении конкурса, каждый из его участников

должен соответствовать единым требованиям, предусмотренным п.1 ч.1 ст.31 Федерального закона № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» от 5 апреля 2013 г. Они включают в первую очередь наличие действующей лицензии на проведение работ, связанных с использованием сведений, составляющих гостайну со степенью секретности разрешённых к использованию сведений не ниже «секретно», выданной уполномоченным органом.

Дополнительно все участники конкурса должны соответствовать требованиям пунктов 3-5, 7, 7.1 и 9-11 ч.1. ст. 31 ФЗ № 44-ФЗ, а также требованиям части 1.1 статьи 31 ФЗ № 44-ФЗ.

В 2018 г. по инициативе Минобороны в России началось строительство военного инновационного технополиса «Эра», размещённого в Анапе в Краснодарском крае. С инициативой по его созданию в феврале 2018 г. к Президенту России Владимиру Путину обратился министр обороны Сергей Шойгу.

Сотрудники технополиса «Эра», в первую очередь военнослужащие из состава научных рот, работают в областях робототехники, суперкомпьютеров, информационной безопасности и искусственного интеллекта. Основная цель комплекса заключается в создании инновационной инфраструктуры и формировании эффективной модели организации научных исследований в интересах укрепления обороноспособности России. Не исключено, что проект «Каштан» будет частично или полностью связан с этим технопарком.

CNEws

СУПЕРКОМПЬЮТЕР МСЦ РАН ПОМОЖЕТ ЛЕЧИТЬ ПАНДЕМИЮ COVID-19

Ресурсы суперкомпьютера выделяются российским научным коллективам и организациям, ведущим соответствующие исследования, в приоритетном порядке.

Модернизированная вычислительная система Межведомственного суперкомпьютерного центра Российской академии наук (МСЦ РАН) используется российскими учёными в рамках реализации международного проекта, цель которого – создание медицинских препаратов для диагностики и лечения коронавирусной инфекции COVID-19.

Вычислительные ресурсы системы на серверных процессорах Intel Xeon Scalable 2-го поколения в приоритетном порядке выделяются российским научным коллективам и организациям, ведущим исследования с целью борьбы с COVID-19.

МСЦ РАН

Союз LTE выполнил поставленные задачи и с 3 апреля 2020 года ПРЕКРАЩАЕТ СВОЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Союз операторов мобильной связи LTE, созданный в 2011 году для взаимодействия операторов по исследованию возможностей и условий создания в РФ сетей мобильного широкополосного доступа в Интернет четвёртого поколения (4G), сообщает о прекращении своей работы в связи с выполнением уставных задач.

В соответствии с поставленными задачами в 2019 году основными направлениями деятельности Союза ЛТЕ были конверсия радиочастотного спектра в полосах 791–862 МГц и 694–790 МГц; доступность радиочастотного спектра в полосе 1920–2170 МГц; создание условий для внедрения NB-IoT на действующих сетях LTE и последующих модификаций; проработка концепции развития операторами сетей связи 5G; взаимодействие с Минкомсвязи России, Государственной комиссией по радиочастотам и другими государственными органами и организациями, международными организациями по актуальным для членов Союза вопросам; участие в ТРГ «Сети связи» и РГ АНО «Цифровая экономика». В числе осуществлённых исследовательских работ: разработка концепции построения и развития узкополосных беспроводных сетей Интернета вещей для создания условий внедрения NB-IoT на действующих сетях LTE и последующих модификаций; разработка проекта национального стандарта «Информационные технологии. Интернет вещей. Протокол беспроводной передачи данных на основе стандарта LTE в режиме NB-IoT», разработка проекта дорожной карты высвобождения полос 694–790 МГц от РЭС ЦЭТВ в интересах внедрения 5G/IMT-2020 в рамках программы «Цифровая экономика», а также участие в исследовании GSMA «Развитие 5G в России и мире: взгляд в будущее», которое было представлено экспертному бизнес-сообществу в рамках ПМЭФ совместно с GSMA и Аналитическим центром при Правительстве России.

Приоритетом Союза LTE в 2019 году были исследования условий и возможностей развития сетей 5G и проработка мер по созданию дополнительных механизмов стимулирования инвестиционной активности операторов, фокусировки поддержки государства в наиболее значимых и проблемных вопросах отрасли, в том числе в рамках направления «Информационная инфраструктура»

НОВОСТИ МИРА

программы «Цифровая экономика Российской Федерации», так как одними из основных сквозных цифровых технологий, на которых строится данная Программа, являются технологии беспроводной связи.

Работа будет продолжена операторами на других площадках и в новых форматах. Сайт <http://lteunion.ru/> доступен до завершения официальных процедур.

Союз операторов мобильной связи ЛТЕ

Аналитики прогнозируют рецессию в отрасли, но закон Мура продолжает работать

По подсчётам аналитической компании **IC INSIGHTS** производители интегральных схем (ИС), штаб-квартиры которых находятся в США, имели в 2019 году долю в 55% на глобальном рынке микросхем. Причём, это средняя цифра, а при детализации: 65% приходится на fabless-компании и 51% – на IDM-компании. Далее следует Южная Корея – 21%, Европа – 7%, Тайвань – 6%, Япония – 6% и замыкает список Китай – 5%. Впрочем, Китай единственный, кто в прошлом году продемонстрировал рост своих локальных компаний – +10%.

В целом, по оценке аналитика, мировые продажи микросхем упали в 2019 году на 15%. В основном, это результат корректировки цен на микросхемы памяти.

Аналитическая компания **TRENDFORCE** представила обновлённый Top-10 рейтинг fabless-производителей ИС. Если годом ранее компании из топовой десятки демонстрировали средний рост +7,2%, то в 2019 году они же «упали» на 4,1%. Причины этого спада аналитики, в первую очередь, объясняют ограничениями, наложенными администрацией США на взаимодействие с компанией HUAWEI. Также, по мнению аналитика, в 2020 году на фоне добавленных проблем с COVID-19 ожидать роста в этом сегменте не приходится.

Мировая индустрия разработки полупроводников «сжалась» в 2019 году на 10,1% до уровня \$300,4 млрд, т.е. практически до уровня 2017 года. Эти данные приводит аналитическая компания **OMDIA**, возникшая после покупки английской медиа-компанией **INFORMA** осенью прошлого года известного аналитика **IHS MARKIT** и интеграции с ним нескольких собственных бизнесов. Не совсем понятно, что «новый» аналитик подразумевает под термином *Global semiconductor design spending*, ведь

весь рынок полупроводников оценивается в \$400 млрд. Но будем надеяться, что со временем это проявится. А пока – это ещё одна капля на чашу весов, предсказывающих рецессию в отрасли.

Эксперты аналитической компании **IC INSIGHTS** проанализировали текущее состояние полупроводниковой отрасли с точки зрения исполнения закона Мура и уверяют, что темпы роста числа транзисторов в ИС продолжают примерно следовать этому эмпирическому правилу, сформулированному 55 лет назад. В то же время, происходит регулярная смена лидирующих групп. Так, до 2010 года число транзисторов в процессорах **INTEL** росло на 40% в год, но в последующие годы этот показатель уменьшился вдвое. А с 2017 года компания перестала сообщать о числе транзисторов в своих чипах. В процессорах **APPLE** темп роста числа транзисторов составлял 43% вплоть до 2013 года. Лучшее всего закону Мура следует flash-память – 55...60% до 2012 года и 30...35% в наши дни. В начале 2000-х число транзисторов в dram-памяти росло на 45% в год, но темп упал до 20% в 2016 году.

*Новостная рассылка проекта
«Мониторинг рынка электроники»*



АО «Компонента» – официальный дистрибьютор Weipu в России

Влагозащищенные разъемы Weipu

Серия: SF

Корпус: хромированная латунь

Степень защиты: Ip67

Тип соединения: Push-Pull

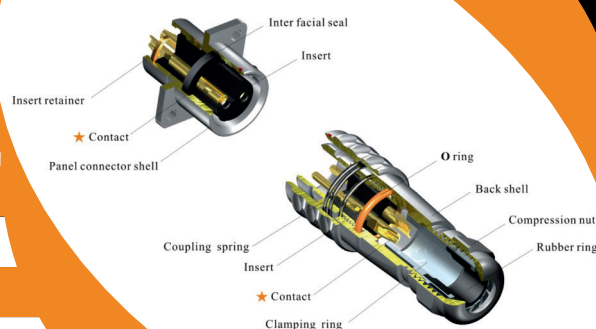
Наконечник: припой, винт, обжим

Изоляция: ПФС, до 260°C

Контакты: позолоченная латунь

Диаметр кабеля: 8–12 мм

Температурный диапазон: –40°C до +85°C



8 495 150 2 150



www.komponenta.ru



info@komponenta.ru

На правах рекламы

Герой нашего времени: к 90-летию Нобелевского лауреата и академика Ж.И. Алфёрова

Владимир Бартнев (bartvg@rambler.ru)

В этом году исполняется 90 лет со дня рождения нашего соотечественника, выдающегося учёного – Жореса Ивановича Алфёрова. Его исследования в области гетеропереходов внесли огромный вклад в современную физику полупроводников. Активная общественно-политическая деятельность Жореса Ивановича говорит о нём как о настоящем гражданине и патриоте страны.

Трудно писать о Жоресе Ивановиче Алфёрове, известном советском и российском учёном, получившем мировое признание, который только год назад активно участвовал в научной и общественной жизни. Теперь его нет с нами. Однако мы не должны думать, что открытия Алфёрова – дело прошлого. Мы должны смотреть в будущее и делать всё для того, чтобы Россия заняла достойное место среди мировых лидеров в производстве микроэлектроники. Вспоминаются слова Жореса Ивановича: «Я отношусь к оптимистам, потому что считаю, что у России будущее, безусловно, есть. И нужно за это будущее бороться...» [1].

Жорес Алфёров родился в Витебске 15 марта 1930 года. После окончания школы в Минске с золотой медалью поступил в Белорусский политехнический институт. Прочувшись там

несколько семестров, перевёлся в Ленинградский электротехнический институт им. В. И. Ульянова (Ленина) – ЛЭТИ (ныне Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет). В 1952 году Алфёров с отличием окончил институт по специальности «Электровacuумная техника». Полученная Жоресом Ивановичем специальность далека от физики полупроводников, тем не менее интерес к полупроводниковой электронике у Алфёрова проявился ещё во время учёбы в институте. Что этому способствовало? В 1948 году американские физики Джон Бардин, Уолтер Браттейн и Уильям Брэдфорд Шокли создали полупроводниковый транзистор [2]. Это важное научное открытие ознаменовало начало новой эпохи. В том же 1948 году не прошла мимо Алфёрова и первая публикация в СССР об усили-

телях на полупроводниках профессора Красилова «Кристаллический триод» [3]. Алфёров начал интересоваться полупроводниковой темой на кафедре основ электровacuумной техники под руководством Наталии Николаевны Созиной. После окончания ЛЭТИ Ж.И. Алфёрова направили на работу в Ленинградский физико-технический институт им. Иоффе, где Жорес Иванович начал работать младшим научным сотрудником в лаборатории академика Владимира Максимовича Тучкевича. При участии Алфёрова в Ленинградском Физтехе были разработаны первые советские транзисторы и диоды. Кандидатскую диссертацию, посвящённую исследованию германиевых и кремниевых силовых выпрямителей, Алфёров защитил в 1961 году. С 1965 года Жорес Иванович – старший научный сотрудник. Докторскую диссертацию на тему «Гетеропереходы в полупроводниках» Алфёров защитил в 1970 году, став доктором физико-математических наук. С 1972 года он стал профессором ЛЭТИ. В 1973–2003 годах работал заведующим базовой кафедрой оптоэлектроники ЛЭТИ при ЛФТИ. В 1987–2003 годах – директор, а в 2003–2006 годах – научный руководитель ЛФТИ. В 1972 году Алфёров избран членом-корреспондентом Академии наук СССР, в 1979 году – академиком. Всего за свою жизнь великий учёный написал более 500 научных работ, три монографии и стал автором 50 изобретений. В 1988–2004 годах Алфёров – декан физико-технического факультета Ленинградского, а затем – Санкт-Петербургского государственного политехнического университета (СПбГПУ). В 2004 году он основал и возглавил кафедру физики и технологий наноструктур в Институте физики, нанотехнологий и телекоммуникаций (ИФНиТ). Был научным руководителем ИФНиТ СПбГПУ. Вот так, если кратко, складывалась научная и педагогическая карьера Жореса Ивановича Алфёрова. Возникает закономерный вопрос: в чём секрет феноменального успеха и награждения Алфёрова Нобелевской премией по физике в 2000 году?



Жорес Иванович Алфёров (1930–2019)

Думаю, что это произошло, прежде всего, благодаря целеустремлённости и трудолюбию, которые были свойственны этому великому учёному. А ещё – удаче. В одном из интервью Жорес Иванович на вопрос, что важнее всего для успеха в научной деятельности – везение, талант или труд – ответил: «Где-то подобное сочетание уже было, я забыл имя автора, но в его книге содержался рецепт, как делать великие открытия. Там говорилось, что нужно вовремя разобраться в очень сложных вещах и обязательно иметь удачу...» И действительно, первое удачное событие произошло, когда Алфёров работал в лаборатории Владимира Максимовича Тучкевича и проводил исследования гетеропереходов. Хотя идея использования гетеропереходов в полупроводниковой электронике была давно известна, но многочисленные попытки реализовать её оказывались безрезультатными. Смелость научного поиска и способность предвидеть положительный результат способствовали интенсивному поиску Жоресом Ивановичем решения этой сложной проблемы. Для идеального гетероперехода подходили арсенид галлия и арсенид алюминия, но последний мгновенно окислялся на воздухе, и об использовании арсенида алюминия, казалось бы, не могло быть и речи. Но тут произошел удачный случай – появление замечательного специалиста по химии полупроводников, сотрудницы ЛФТИ, профессора Нины Александровны Горюновой, а точнее, одного из её учеников – Дмитрия Николаевича Третьякова, который работал непосредственно с Алфёровым. Третьяков сказал, что неустойчивый сам по себе арсенид алюминия абсолютно устойчив в тройном соединении алюминий-галлий-мышьяк в «твёрдом растворе». Так был найден известный теперь в мире микроэлектроники гетеропарагаллий – арсенид галлия-арсенид алюминия. В 1968 году в ЛФТИ в лаборатории академика В.М. Тучкевича засветился первый в мире гетеролазер. Затем в 1970 году Алфёров защитил докторскую диссертацию [4]. А в 1972 году творческий коллектив, возглавляемый Ж. И. Алфёровым, был удостоен высшей по тем временам отечественной научной награды – Ленинской премии. В число награждённых вошёл и Дмитрий Николаевич Третьяков.

Вторая удача Алфёрова – командировка в США в 1971 году. Вот что учёный рассказывает об этом: «У нас было

хорошее соглашение о научном обмене между Академией наук СССР и Национальной академией наук США. И согласно этому соглашению я полгода был приглашённым профессором (visiting professor) в Иллинойском университете. В Урбана-Шампейне я работал со своим старым другом профессором Холоньяком. В соответствии с соглашением, в последнем месяце пребывания в США объездил множество различных лабораторий». Продолжительная командировка в США расширила круг общения с американскими учёными и, главное, позволила реально признать заслуги Жореса Ивановича в микроэлектронике гетеропереходов в научном мире США.

В 1990–1991 годах Алфёров – вице-президент АН СССР, с 1991 по 2017 год – вице-президент РАН. С 2007 года – председатель комиссии РАН по нанотехнологиям, с 2008 года – заместитель академика-секретаря отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН. Учёный также являлся главным редактором научного журнала «Письма в журнал технической физики» РАН. С июня 2010 года – сопредседатель консультативного научного совета Фонда развития Центра разработки и коммерциализации новых технологий «Сколково».

Помимо научной работы, Алфёров занимался общественной и политической деятельностью. С 1989 по 1992 год работал депутатом Верховного совета СССР (избирался от АН СССР). С 1995 года – депутат Государственной думы Федерального Собрания РФ III–VII созывов. С 1999 года баллотировался в Госдуму по списку КПРФ: участвовал в выборах 1999 года под десятым номером общефедеральной части списка; 2003 года – под пятым номером; 2007 года – под вторым, после лидера КПРФ Геннадия Зюганова; 2011 года – под четвёртым. С 1999 года – член фракции КПРФ. В 1999–2007 годах Алфёров был членом думского комитета по образованию и науке, в 2007–2016 годах – комитета по науке и наукоёмким технологиям. В 2016 году вновь избран в Госдуму РФ VII созыва от КПРФ (четвёртый номер в общефедеральной части списка кандидатов). 86-летний Жорес Алфёров был самым старшим среди депутатов нижней палаты российского парламента. Член думского комитета по образованию и науке. Жорес Иванович не был членом КПРФ, но о себе говорил: «Я коммунист по своим убеждениям,

хотя и беспартийный человек». Воспитание в семье убеждённых коммунистов, назвавших будущего академика именем выдающегося французского социалиста Жана Жореса, основавшего «Юманите» и Социалистическую партию Франции, самым серьёзным образом повлияло на судьбу Жореса Алфёрова. Алфёров стал известен не только научными открытиями, но и активной гражданской позицией. Об этом убедительно говорит участие учёного в XIX Международной встрече коммунистических и рабочих партий, посвящённой 100-летию Великой Октябрьской социалистической революции. Большой интерес вызвал доклад учёного на проведённой в честь 200-летия со дня рождения Карла Маркса Международной конференции «Капитал» К. Маркса и его влияние на развитие мира». В конференции 2018 года участвовали 38 стран, а также представители практически всех российских регионов.

Жорес Алфёров – лауреат Ленинской премии (1972) за фундаментальные исследования гетеропереходов в полупроводниках и создание новых приборов на основе этого принципа. В 1984 году он – лауреат Государственной премии СССР за цикл работ «Изопериодические гетероструктуры многокомпонентных (четверных) твёрдых растворов полупроводниковых соединений A^3B^5 », опубликованных в 1971–1981 годах. В 2001 году Алфёров – лауреат Государственной премии РФ за цикл работ «Фундаментальные исследования процессов формирования и свойств гетероструктур с квантовыми точками и создание лазеров на их основе». В 1971 году Франклиновский институт (США) присудил ему престижную медаль Баллантайна, которая была учреждена для награждения за лучшие работы в области физики. Медаль Баллантайна называют «малой Нобелевской премией». Кроме того, Жорес Иванович был награждён орденами Ленина (1986), Октябрьской Революции (1980), Трудового Красного Знамени (1975), Александра Невского (2015), «Знаком Почёта» (1959), орденами «За заслуги перед Отечеством» IV, III, II и I степеней (2010, 1999, 2000, 2005). Награждён иностранными орденами: Почётного легиона (Франция, 2011), Франциска Скорины (Белоруссия, 2001), Ярослава Мудрого V степени (Украина, 2003) и Дружбы Народов (2003, Белоруссия). Алфёров является лауреатом ряда

научных премий, в том числе премии им. А. Ф. Иоффе РАН (1996), международной энергетической премии «Глобальная энергия» (2005). Также награждён золотой медалью им. А. С. Попова РАН (2000).

В 2000 году Жоресу Ивановичу Алфёрову совместно с американскими учёными Джеком Килби и Гербертом Кремером присуждена Нобелевская премия по физике. Алфёров и Кремер получили награду за разработку полупроводниковых гетероструктур, используемых в высокочастотных схемах и оптоэлектронике [6], Килби – за участие в изобретении первой интегральной схемы [7]. В 2001 году Алфёров учредил благотворительный Фонд поддержки образования и науки, в него учёный перечислил часть своей Нобелевской премии.

Благодаря открытию Алфёрова стало возможным создание волоконно-оптической связи, которая является, в частности, основой высокоскоростного доступа в Интернет. Алфёров является одним из создателей гетеролазеров, получивших применение в медицине,

космосе и быту. Открытия Алфёрова позволили создать сверхвысокочастотные транзисторы и быстрые интегральные схемы, которые используются в спутниковой связи и мобильных телефонах.

19 апреля 2019 года был открыт в Академическом университете Санкт-Петербурга памятник академику и Нобелевскому лауреату. Бронзовый памятник изготовлен в авторской мастерской Зураба Церетели. Памятник разместили в холле университета рядом с портретами других выдающихся учёных. На торжественной церемонии открытия присутствовали члены семьи Алфёрова, коллеги и студенты университета.

В заключение приведу высказывание о Жоресе Ивановиче Алфёрове президента РАН Александра Михайловича Сергеева: «Жорес Иванович не только великий учёный, но и человек, который очень многое сделал для РАН, в самое сложное время защищавший её позиции и престиж на всех самых высоких уровнях. Используя позиции во власти, всегда стоял на страже российской науки и в самые сложные годы ново-

го российского времени стал для отечественной науки самым страстным защитником».

Литература

1. Алфёров Ж.И. Физик, лауреат Нобелевской премии. Интервью. <https://public.wikireading.ru/63867>.
2. Бартенев В.Г. Александр Шокин и советская радиоэлектроника. Современная электроника. 2019. № 9.
3. Красилов А.В. Кристаллический триод. Вестник информации. 1948. № 21.
4. Алфёров Ж.И. Гетеропереходы в полупроводниках: автореферат дис. на соискание учёной степени доктора физико-математических наук. АН СССР. Физ.-техн. ин-т им. А. Ф. Иоффе. Ленинград. 1970. 26 с.
5. Захарченя Б.П. Небольшая сага о Жоресе Алфёрове. Журнал «Аврора». 1996. № 5.
6. Алфёров Ж.И. Двойные гетероструктуры: концепция и применения в физике, электронике и технологии. Нобелевская лекция. Стокгольм. 2000. <https://ufn.ru/ru/articles/2002/9/e/>.
7. Первая полупроводниковая интегральная микросхема Джека Килби. <https://ra3dhl.livejournal.com/29344.html>. ©

innodisk

ДЕЙСТВУЙ НА ОПЕРЕЖЕНИЕ

Компактные твердотельные накопители с интерфейсом SATAIII с высокой скоростью передачи данных

ProSOFT®

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636
INFO@PROSOFT.RU

WWW.PROSOFT.RU



Реклама

Источники питания для монтажа на плату

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



5 Вт
AC/DC
площадь
1"×1"

Маломощные источники питания AC/DC для установки на плату



Серия ECE

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



Серия ECL

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



Загрузите

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

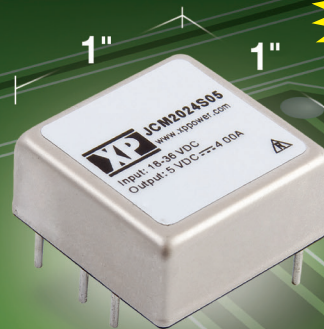
www.xppower.com/literature_downloads



GREEN+POWER



Селектор для загрузки
в мобильные устройства



20 Вт
DC/DC
площадь
1"×1"

Серии DC/DC-преобразователей в стандартном исполнении

От 1 до 3 Вт



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

От 2 до 6 Вт



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

Соответствие требованиям медицинских стандартов



- От 3 до 10 Вт
- IEC 60601-1, 3-е издание
- Усиленная изоляция 4 кВ (переменный ток)
- Ток утечки на пациента 2 мкА

Драйверы для светодиодных систем освещения



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

Модели для поверхностного монтажа



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



XP Power



НОВОСТИ МИРА

Стал известен перечень из 646 системообразующих организаций экономики РФ

Правительственная комиссия по повышению устойчивости российской экономики 20 марта рассмотрела и утвердила новый перечень системообразующих организаций, чьё финансовое состояние в условиях обвала цен на нефть и пандемии коронавируса власти будут мониторить и по необходимости рассматривать вопрос об оказании поддержки.

Список системообразующих предприятий – детище кризиса 2008 года, когда десятки крупных компаний из-за финансового кризиса оказались одномоментно отрезаны от кредитных ресурсов, и государству пришлось задуматься об их спасении. В 2014–2015 годах, после ослабления рубля на фоне подешевевшей нефти и геополитических рисков, чиновники вернулись к списку системообразующих организаций, периодически рассматривая на заседаниях правкомиссии вопросы оказания поддержки этим компаниям.

В перечень системообразующих предприятий в 2008 году включили чуть более 300 компаний, в 2015 году список сократился до примерно 200. На фоне кризисных явлений в мировой экономике, связанных с пандемией коронавируса, правительство решило обновить список: такое поручение первый вице-премьер Андрей Белоусов подписал 10 марта.

Минфин предлагал в этот раз включить в перечень в том числе финансовые организации – более полусотни банков, страховых компаний, инфраструктурных организаций и даже брокеров, но Правительство отказалось это делать, так как эти организации находятся под регулированием ЦБ.

Помимо возможности претендовать на господдержку, присутствие в перечне также, вероятно, будет означать мораторий на банкротство в ближайшие полгода – такой пункт есть в проекте постановления Правительства, которое подготовило Минэкономразвития.

Премьер-министр РФ Михаил Мишустин подписал распоряжение о мониторинге финансово-экономического состояния системообразующих предприятий страны. Согласно этому распоряжению, отраслевые ведомства и госкорпорации должны будут обеспечить предоставление в государственную информационную систему промышленности и в систему топливно-энергетического комплекса показателей системообразующих компаний.

На основании этой информации Минпромторг и Минэнерго будут готовить отчёты по мониторингу организаций, а Минэкономразвития – формировать сводный отчёт и направлять в Правительство для принятия возможных решений по поддержке.

В итоговом списке – 646 позиций, среди них: ГК «Ростех», АО «ВПК "НПО машиностроения"», АО «ГКНПЦ им. М. В. Хруничева», АО «Группа ГМС», АО «Завод "Фиолент"», АО «ИСС», АО «Концерн "Моринформсистема-Агат"», АО «Концерн "Океан-прибор"», АО «Российские космические системы», АО «Концерн НПО "Аврора"», АО «Концерн "Радиоэлектронные технологии"», АО «Концерн "ЦНИИ "Электроприбор"», АО «Корпорация тактическое ракетное вооружение», ОАО «Объединенная ракетно-космическая корпорация», ООО «Веза», ООО «Объединенная сервисная компания», ПАО «Электромеханика», АО «Роснано», АО «АПЗ», АО «Электроцит» (ТМ «Самара»), АО «Государственный рязанский приборный завод», АО «Ижевский мотозавод "Аксион-холдинг"», АО «Ульяновский механический завод», АО «Электрозавод»...

С подробным списком можно ознакомиться на сайте <https://www.interfax.ru/sistemoobrazuyuchieorgangizatsii.html>.

Могут запретить экспортировать чипы Intel в Китай

Ссылаясь на сообщения несколько анонимных источников, Reuters утверждает, что администрация президента США скоро ужесточит правила экспортного контроля, чтобы запретить Китаю приобретать передовые американские технологии в коммерческих целях и затем использовать их в военных проектах.



Высокопоставленными официальными лицами США, якобы, уже согласованы три меры, которые призваны помешать китайским компаниям покупать у США определённые товары, включая оптические материалы, радиолокационное оборудование и полупроводниковую продукцию.

По сообщениям Reuters, эти шаги не только отражают ухудшение отношений между

США и Китаем, основным покупателем американских технологий, но и служит признаком растущей нервозности в правительстве США по поводу «слияния гражданских и военных» Китая – курса на наращивание технологической и военной мощи.

Одна из мер – отмена экспорта определённых товаров без лицензии, если они не предназначены для военного использования. Она может привести, в частности, к запрету на экспорт интегральных микросхем производства Intel и Xilinx.

Вторая мера – запрет на экспорт без лицензии товаров, которые закупались военными, но для мирного использования. Например, это касается научного и медицинского оборудования.

Третья мера – требование, чтобы иностранные компании, отправляющие определённые американские товары в Китай, запрашивали одобрение не только у своих правительств, но и у правительства США.

Было неясно, подпишет ли новые правила президент США, но представители промышленности уже опасаются, что изменения могут загнать китайских потребителей в объятия иностранных конкурентов.

Reuters

Компания Intel продолжает консолидацию портфеля продуктов и услуг, избавляясь от части активов

По сообщению Techpowerup, подразделение Home Gateway Platform Division продано калифорнийскому провайдеру инфраструктуры связи MaxLinear за \$150 млн. Это один из шагов Intel, направленных на сокращение расходов путём продажи видов деятельности, которые не приносят желаемой прибыли.

В случае с Home Gateway Platform Division компания Intel пыталась конкурировать на рынке однокристальных систем для домашних шлюзов, точек доступа Wi-Fi и Ethernet с такими компаниями, как Qualcomm и Broadcom.

Ранее компания Intel продала свой бизнес по разработке и выпуску сотовых модемов компании Apple, обосновав это решение тем, что указанное подразделение «не обеспечило бы привлекательную прибыль». Другими словами, Intel предпочитает переориентироваться на высокорентабельные рынки, на которых она уже имеет доминирующее положение, вместо того, чтобы тратить силы на диверсификацию путём охвата рынков с высокой конкуренцией.

Techpowerup

18-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ЭЛЕКТРОНИКИ

ChipEXPO-2020

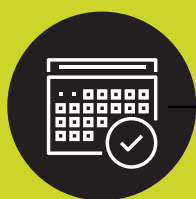
КОМПОНЕНТЫ | ОБОРУДОВАНИЕ | ТЕХНОЛОГИИ

ВЫСТАВКА ПРОЙДЕТ

15-17.09

В ТЕХНОПАРКЕ ИННОВАЦИОННОГО ЦЕНТРА

СКОЛКОВО



ТЕМАТИЧЕСКИЕ ЭКСПОЗИЦИИ:

- Экспозиция Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России, включая:
 - экспозицию предприятий, являющихся изготовителями изделий, включенных в единый реестр российской радиоэлектронной продукции (Постановление Правительства РФ №878),
 - экспозицию разработок, созданных в рамках государственной программы «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 годы» (Постановление Правительства РФ №109),
 - экспозицию разработок, обеспечивающих выполнение приоритетных национальных проектов.
- Дивизионы кластера «Радиоэлектроника» ГК «Ростех»
- Стартапы в электронике
- Квалифицированные поставщики ЭКБ
- Консорциумы и дизайн-центры по электронике
- Участники конкурса «Золотой Чип»
- Корпорация развития Зеленограда

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:



ОРГАНИЗАТОРЫ:

ЗАО «ЧипЭКСПО» Москва, 121351, ул. Ярцевская, д.4. Тел.: +7 (495) 221-50-15
E-mail: info@chipexpo.ru <http://www.chipexpo.ru>

Инновации «Территории NDT 2020»

В начале марта на Красной Пресне состоялась выставка «Территория NDT», посвящённая неразрушающему контролю и технической диагностике. Всего на выставке показали продукцию более 60 компаний – разработчиков технологий, производителей оборудования и сервисных фирм. В предлагаемом материале собраны главные новинки выставки.

«ГлобалТест»: USB-акселерометр AP2047D

Саровское научно-производственное предприятие «ГлобалТест», специализирующееся на изготовлении измерительной датчиковой аппаратуры, представило на выставке цифровой USB-акселерометр AP2047D. Устройство представляет собой датчик вибрации со встроенным АЦП, обеспечивающим регистрацию, запись и цифровую постобработку сигнала.

Акселерометр используется для измерения вибрационного и ударного ускорения в диагностических системах и при лабораторных исследованиях в условиях сильных электромагнитных полей. AP2047D имеет частотный диапазон до 15 кГц, встроенный 24-битный АЦП. Данные передаются по стандарту USB 2.0. Чувствительный элемент имеет двойной экран и изолирован от корпуса.

Для работы с AP2047D используется ПО GTLab, которое предоставляет возможность использовать прибор как спектроанализатор, осциллограф, вольтметр переменного и постоянного тока, частотомер. Устройство используется для модального, взаимно-спектрального анализа, измерения амплитудно- и фазо-частотных характеристик. Анализировать можно цифровые фильтры низких и высоких частот любого порядка.

Все данные записываются на ПК с операционной системой Windows XP и выше.

ЗХО+: «АВГУР-АРТ 2020»

Московский научно-производственный центр неразрушающего контроля «ЭХО+» привёз на выставку ручной ультразвуковой дефектоскоп на фазированных решётках «АВГУР-АРТ 2020». Прибор с помощью дополнительных сканирующих устройств контролирует (вручную, механически или автоматизированно) состояние сварных соединений.

Дефектоскоп оснащён программным обеспечением, формирующим высококачественные изображения несплошностей в объекте контроля, процесс определения типа и размера может быть автоматизирован.

Основными особенностями прибора являются: работа одновременно с 64 независимыми каналами и 128 коммутируемых каналами; имеются два канала TOFD, четыре совмещённых пьезоэлектрических преобразователя (ПЭП); скорость контроля до 80 мм/с; до 16 групп контроля; накопитель данных SSD от 128 Гб; могут применяться сложные сигналы. Управлять прибором можно по WiFi, полученные данные – синхронизировать с «облаком».

В «АВГУР-АРТ 2020» реализуется технология сплошной толщинометрии

с применением фазированных решёток, установленных на призму или с локальной иммерсионной ванной.

Технология позволяет измерять толщину и скорость ультразвуковой волны в контролируемом изделии в области основного металла и сварного соединения, а также учитывать неровную внешнюю поверхность.

Поддерживается выравнивание чувствительности по углу и дальности с применением типовых контрольных отражателей. Алгоритмы «АВГУР-АРТ» позволяют получать изображения В-типа по разным акустическим схемам с учётом отражения от дна объекта контроля.

ООО «НПП «Промприбор»: дефектоскоп ВД-131-НД.3 и толщинометр ТУЗ-7

Производитель средств и технологий неразрушающего контроля «НПП «Промприбор» показал на выставке вихретоковый дефектоскоп ВД-131-НД.3. Устройство предназначено для выявления поверхностных дефектов в стальных цилиндрических роликах, находящихся внутри подшипников качения, которые используются в буксовых узлах вагонов.

Дефектоскоп может применяться для проведения неразрушающего контроля цилиндрических роликов на территории завода изготовителя, вагоностроительных и вагоноремонтных предприятий. ВД-131-НД.3 может контролировать торцевые и цилиндрические поверхности ролика, выявляет дефекты глубиной от 0,1 мм с раскрытием 2 мкм. Производительность прибора – от 120 роликов в час. Имеется функция автоматической сортировки годных и бракованных роликов.

Главной особенностью устройства является встроенная сенсорная панель для управления дефектоскопом и мгновенного просмотра результатов контроля. Доступен комплект мер для контроля работоспособности КМ-131 и дополнительных настроечных образцов. Механически можно регулировать пост контроля в зависимости от выбранного типоразмера ролика. Прибор подключается к локальной сети предприятия, а также к принтеру – для печати протоколов контроля.

Главное преимущество ультразвукового метода измерений перед традиционными, уверены специалисты «Промприбора», – ультразвуковые измерения



могут осуществляться при одностороннем доступе к контролируемому материалу.

Ещё одна новинка «Промприбора» – ультразвуковой толщиномер ТУЗ-7. Прибор входит в семейство универсальных прецизионных ультразвуковых толщиномеров. Возможно измерение толщины различных материалов с точностью до $\pm 0,01$ мм при одностороннем доступе к контролируемому материалу. Устройство применяется в различных отраслях промышленности для измерения толщины стенок ёмкостей, труб, корпусных деталей, листов и т.п., в том числе с корродированными поверхностями.

Зона инноваций

В специальной зоне инноваций на выставке «Территория NDT» выступили изобретатели и разработчики, на экспозицию они принесли готовые приборы и прототипы.

Толщиномер от ФГУП «ВНИИМС»

Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы показал частотно-интерференционный толщиномер (ЧИТ) полупроводниковых покрытий. Прибор основан на оригинальном частотно-интерференционном методе измерений (патент № 2665809). Устройство построено по схеме двухлучевого интерферометра Майкельсона на основе волоконной оптики.

Прибор предназначен для измерения толщины покрытий интерференционным и частотно-интерференционным методами в ближней и инфракрасной области излучения.

Наведение на поверхность покрытия и границу раздела покрытия с основанием осуществляется с помощью ахроматической интерференционной полосы, а измерение линейного размера толщины покрытий проводится путём измерений частоты импульсов света, формирование которых осуществляется в световом генераторе импульсов, встроенном в оптическую схему толщинометра.

Генератор импульсов света построен на регулируемой по оптической длине задержки, по которой поступает инфракрасное излучение при настройке на точки, ограничивающие толщину покрытия. Толщина покрытия является одним из элементов контура оптической задержки. Частота импульсов света зависит от оптической длины замкнутого контура оптической задержки и соответствует толщине покрытия.



«Ижконтрольсервис»: комплект устройств для ориентации ультразвуковых (УОУ) преобразователей

Ижевская компания «Ижконтрольсервис» показала на «Территории NDT» новую разработку – комплект устройств для ориентации ультразвуковых преобразователей, с помощью которого можно выявить металлургические, эксплуатационные и сварочные дефекты.

Комплект приборов разрабатывался для лабораторий неразрушающего контроля и диагностики, центральных заводских и полевых испытательных лабораторий, а также для экспертных организаций.

Устройство позволяет контролировать оборудование в следующих случаях: в процессе эксплуатации и ремонта; при изготовлении деталей, заготовок, полуфабриката (труб, прутков, листов); в сварных соединениях металлоконструкций, сосудов и трубопроводов из стали и полиэтилена, спиральных и прямых швов.

Комплект УОУ заменит притёртые преобразователи, а благодаря широкому диапазону настройки щелевого зазора, УЗК (ультразвукового контроля) можно проводить даже с внутренней поверхности трубы. Грубая неподготовленная поверхность объекта контроля для УОУ не проблема: установив необходимый щелевой зазор, легко обнаружить дефекты и сохранить в целостности преобразователи. Измерять показания можно ручным, механизированным и многоканальным способами.

NDTCONS – «НК-Консультант»

Ещё один интересный продукт в рамках инновационной экспозиции представила молодая IT-фирма NDTCONS – мобильное приложение «НК-Консультант». Программа позиционируется как удобный интерактивный помощник для специ-

алистов сварочного производства: от сварщика до специалиста технадзора. В «НК-Консультанте» содержатся наиболее распространённые нормативные документы, используемые при строительстве и реконструкции в нефтегазовой отрасли.

Использование в работе непосредственно ГОСТ, РД, СТО и прочего (в том числе для установления истины в спорных ситуациях) требует времени на поиск нужной информации и подсчёта параметров контроля для каждого отдельного случая. «НК-Консультант» помогает существенно сэкономить время и деньги.

В приложении содержится актуальная база информации, изменения к НТД (нормативно-технической документации) отслеживаются и оперативно вносятся в систему. Система выдаёт все необходимые сведения для контроля сварного соединения, не загружая лишними данными.

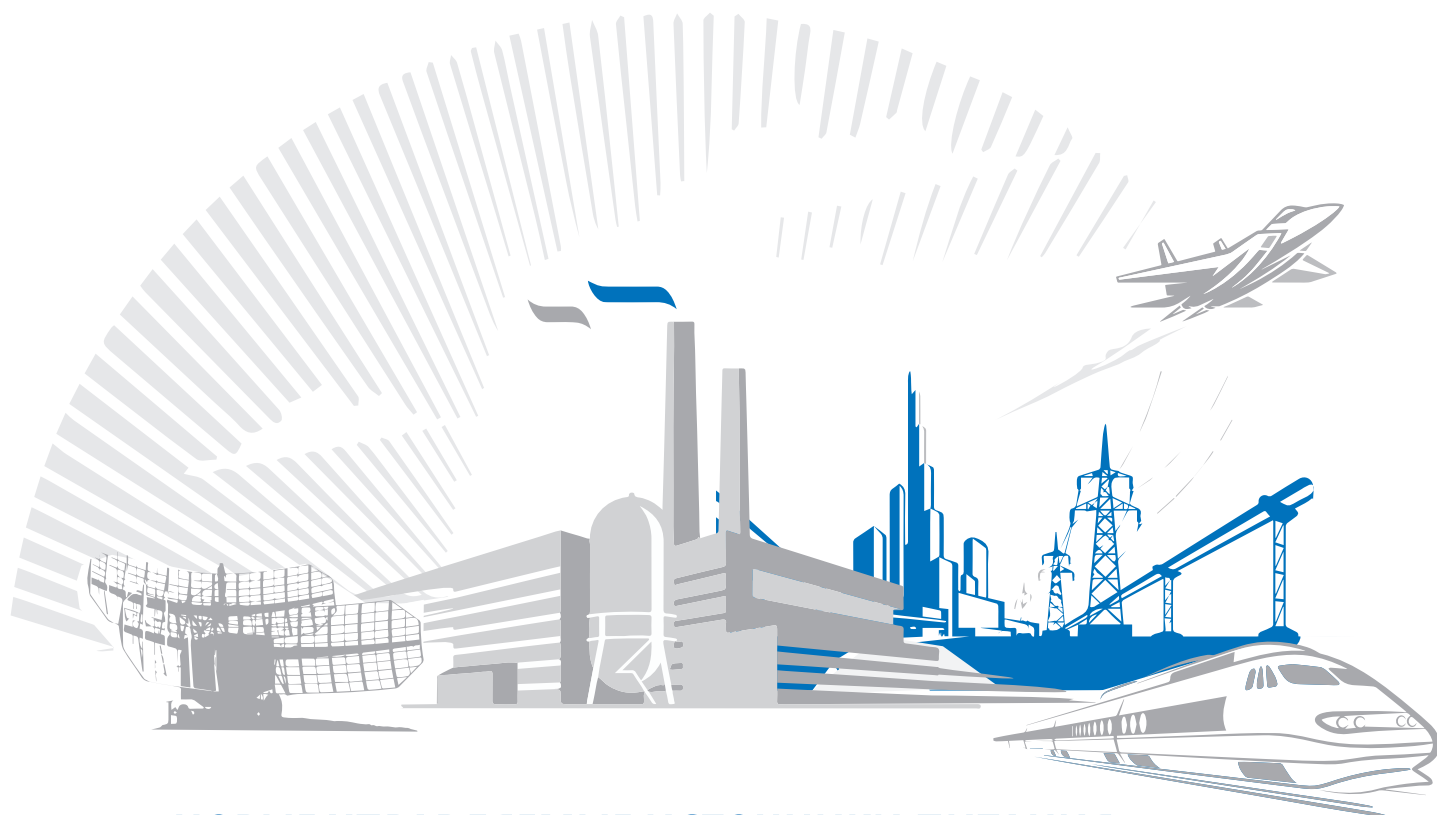
Работа в приложении не требует произведения расчётов: пользователь вводит только основной параметр – толщину стенки контролируемого изделия.

Для работы со справочником программы не требуется подключение к Интернету. Пока приложение доступно в Google Play, скоро разработчики обещают добавить программу и в App Store.

Конечно же, далеко не все новинки удалось охватить в рамках небольшого обзора. Чтобы узнать больше и лично протестировать новинки, приходите на выставку «Территория NDT» в следующем году.



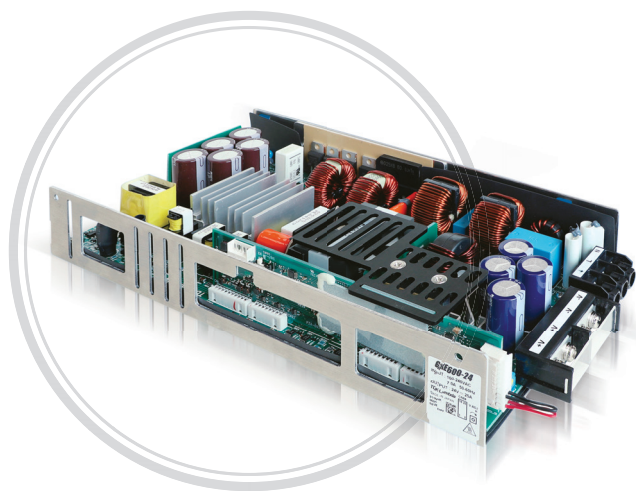
Подробный фотоотчёт с мероприятия смотрите на сайте www.soel.ru в разделе «Фотоотчёты».



НОВЫЕ УПРАВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Серия GXE

- Входное напряжение 85–265 В AC или 120–370 В DC
- Выходная мощность 600 Вт
- Выходные напряжения 24 или 48 В DC
- КПД до 95%
- Высота 1U
- Запуск при –40°C
- Гарантия 7 лет



- Конвективное охлаждение
- Режим стабилизации напряжения или стабилизация тока
- Аналоговый порт: сигналы on/off, DC-OK, AC-Fail, Power-Fail, 0–100% выходной ток, 20–120% выходное напряжение
- Цифровой порт (Modbus RTU, на RS-485): установки выходных параметров + регулировка фронта нарастания, настройки защит. Считывание температуры, времени наработки прибора
- Варианты исполнения: в кожухе или без, с конформным покрытием платы или без





ПАТРОНАЖ ТПП РФ

21-23

СЕНТЯБРЯ 2020

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

КВЦ «ЭКСПОФОРУМ»



Radel

XX МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА РАДИОЭЛЕКТРОНИКА & ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

- ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ И КОМПЛЕКТУЮЩИЕ
- ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ И ДРУГИЕ НОСИТЕЛИ СХЕМ
- СВЕТОДИОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
- РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ
- РОБОТОТЕХНИКА
- КОНСТРУКТИВЫ
- МАТЕРИАЛЫ
- ТЕХНОЛОГИИ
- ПРОМЫШЛЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТЫ
- КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ



Реклама

radelexpo.ru

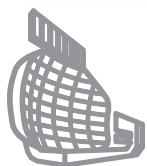
ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ:



(812) 777-04-07

Анализатор спектра и сигналов высшего класса R&S®FSW

Устанавливая новые стандарты ВЧ-характеристик и удобства использования



Анализ импульсных сигналов
ЛЧМ и ППРЧ



5G



WLAN

Современные и перспективные
стандарты радиосвязи



Спутниковая связь

Загляните в будущее уже сегодня! Разрабатывайте новые технологии вместе с R&SFSW

www.rohde-schwarz.com/ru



Реклама

ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real

