Современная электроника

8
2017
WWW.SOEL.RU

РОССИЙСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА: ПОИСК НОВЫХ ТОЧЕК РОСТА...

Системы ЧМИ для промышленных применений

Дисплеи для железнодорожного транспорта

SpaceWire: взгляд со стороны

Процессорное управление электроприводами

БЕСПЛАТНАЯ ПОДПИСКА 2018 ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ

App Store

Google Play

GIGAVAC®

ADVANCED SWITCHING SOLUTIONS

ЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКС

Официальным представителем и дистрибьютором продукции Gigavac в России и СНГ является фирма ООО "ЭТ-Комплекс"

+7 (495) 925-50-15
info@et-complex.ru

et-complex.ru
gigavac.com

Реклама

ПРОТЕХ

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ

Дымоуловители Duet FE 300-2

DUET FE 300-2 – многоступенчатая система, для очистки воздуха при ручной пайке до состояния почти медицинской стерильности.

Duet FE 300-2 блок – портативная система легко устанавливается и в любое время может быть перенесена в связи с производственными нуждами.

- Гранулированный угольный фильтр;
- Фильтр HEPA-13 (эффективность 99.97%), класс F7;
- Увеличенный размер выпускных патрубков 75 мм;
- Высокая производительность 320 м^3/час;
- Воздушный поток 11.3 м/с (2x75 мм) при давлении 30 мБар;
- Низкий уровень шума <52 дБ;
- Материал корпуса -сталь с порошковым покрытием;
- Для двух рабочих мест.

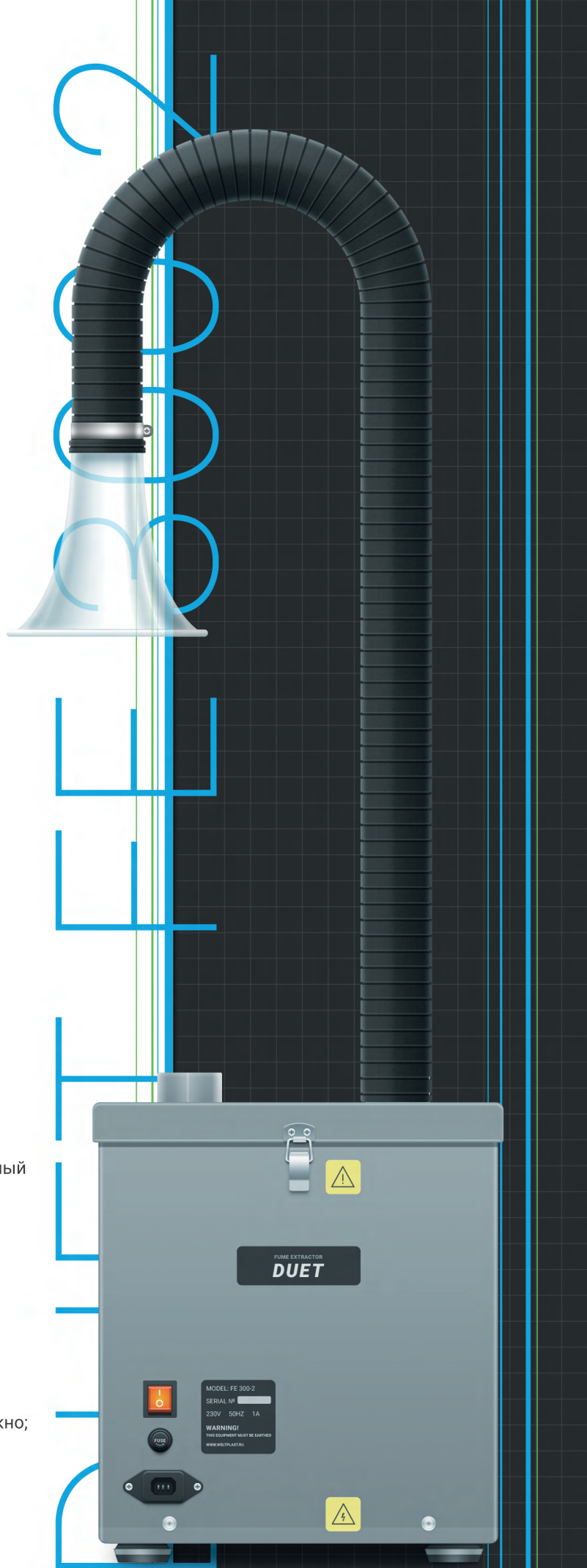
Блок Duet FE 300-2 поставляется в комплекте с комбинированным и предварительным фильтрами.

Характеристики комбинированного фильтра

- Фильтр HEPA-13 (эффективность 99.97%);
- Газовый фильтр – гранулированный активированный уголь.

Характеристики предварительного фильтра

- Материал фильтра – стекловолокно;
- Эффективность – класс F7 (96% до частицы до 2 микрон).



Единый номер: 8 (800) 555-26-99 protehnology.ru протех.рф

Реклама

ЖУРНАЛ
СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

8/2017 CONTENTS

Журнал «Современная электроника»
Издаётся с 2004 года

Главный редактор А.А. Смирнов
Редакционная коллегия А.Е. Балакирев, В.К. Жданкин, С.А. Сорокин, А.Н. Туркин, Р.Х. Хакимов
Литературный редактор/корректор О.И. Семёнова
Вёрстка А.М. Бабийчук
Обложка Д.В. Юсим
Распространение И.С. Лобанова (info@soel.ru)
Реклама И.Е. Савина (advert@soel.ru)

Учредитель и издатель ООО «СТА-ПРЕСС»
Генеральный директор К.В. Седов
Адрес учредителя и издателя:
ул. Чертановская, д. 50, корп. 1, г. Москва, 117534
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, 2017

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»
можно скачать **в Google Play** в разделе «Приложения/Бизнес» (пользователям устройств на платформе Android) и в **App Store** в разделе «Бизнес» (пользователям iOS). С помощью этого приложения можно бесплатно читать с экрана номера наших журналов. К новым номерам журнала доступ в приложении платный.

ПОДПИСКА 2018

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. Факс: (495) 785-1470
Индексы на полугодие – 46459, на год – 36280.

Подписное агентство «Урал-Пресс»:
Тел.: (495) 961-2362 • http://www.ural-press.ru

Дальнее зарубежье: «МК-Периодика» • info@periodicals.ru
Тел.: +7 (495) 672-7012 • Факс: +7 (495) 306-3757

THE ISSUE PERSON

4 Grayhill – The Skilled Developer and the Manufactorer of HMI Devices for Industrial Applications
Olga Romanovskaya

MARKET

8 Russian Market News

16 The State Waits for the Opponent: Experts have Discussed How to Make Domestic Electronics Profitable

MODERN TECHNOLOGIES

22 Creating the Topology on Substrates from Ceramics with Use of the Laser
Yuriy Nepochatov, Dmitriy Waiman, Irina Knyazeva, Svetlana Kumacheva, Anastasiya Denisova, Ivan Krasniy

30 Silicon and Arsenide Gallium-Aluminum Technology: Matrix of Processors with Stream Processing of Function of the Split FFT algorithm. Part 5
Valeriy Svede-Shvets, Vladislav Svede-Shvets, Maksim Zinoviev

36 SpaceWire: View from Outside. Part 1
Valeriy Juravlev, Aleksandr Nemitov, Yuriy Osipov, Andrey Pershin

TOOLING AND EQUIPMENT

42 In Search of Methods of Moisture Protection of PCB
Elizaveta Moskovkina

ELEMENTS AND COMPONENTS

48 Modern 32-bit ARM Series STM32: STM Studio Program Tool
Oleg Valpa

50 Spanpixel Displays for Application on Railway Transport
Igor Mateshev

54 Round M12 Connectors – More Power
Jürgen Sahm

DEVICES AND SYSTEMS

60 Processor Control of Electric Drives
Vladimir Tokarev, Vladimir Kotov, Andrey Taraykovich, Evgeniy Ceveljuk, Sergey Kolodko

68 Measuring Cell Capacity
Bob Zollo

ENGINEERING SOLUTIONS

70 Adjustable Bipolar Power Supply Unit with Restriction of Current
Aleksey Kuzminov

DESIGN AND SIMULATION

76 Design of Integer Digital BIH-Filters
Nikita Morozov, Vladimir Bugrov

82 Use of External 3D Models in the Environment of Altium Designer
Aleksey Yakubenko

СОДЕРЖАНИЕ 8/2017

ПЕРСОНА НОМЕРА

4 **Grayhill – опытный разработчик и производитель устройств HMI для промышленных применений**
Ольга Романовская

РЫНОК

8 **Новости российского рынка**

16 **Государство ждёт оппонента: эксперты обсудили, как сделать отечественную электронику доходной**

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

22 **Получение топологии на подложках из керамики с использованием лазера**
Юрий Непочатов, Дмитрий Вайман, Ирина Князева, Светлана Кумачёва, Анастасия Денисова, Иван Красный

30 **Кремниевая и арсенид-галлий-алюминиевая технология: матрица процессоров с потоковой обработкой функции расщеплённого алгоритма БПФ Часть 5**
Валерий Сведе-Швец, Владислав Сведе-Швец, Максим Зиновьев

36 **SpaceWire: взгляд со стороны Часть 1**
Валерий Журавлёв, Александр Немытов, Юрий Осипов, Андрей Першин

ИНСТРУМЕНТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

42 **В поисках методов влагозащиты печатного монтажа**
Елизавета Московкина

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

48 **Современные 32-разрядные ARM серии STM32: программный инструмент STM Studio**
Олег Вальпа

50 **Дисплеи Spanpixel для применения на железнодорожном транспорте**
Игорь Матешев

54 **Круглые разъёмы M12 – ещё больше мощности**
Юрген Сахм

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

60 **Процессорное управление электроприводами**
Владимир Токарев, Владимир Котов, Андрей Тарайкович, Евгений Цевелюк, Сергей Колодко

68 **Измерение ёмкости аккумуляторов**
Боб Золло

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

70 **Регулируемый двуполярный блок питания с ограничением тока**
Алексей Кузьминов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

76 **Проектирование целочисленных цифровых БИХ-фильтров**
Никита Морозов, Владимир Бугров

82 **Использование внешних 3D-моделей в среде Altium Designer**
Алексей Якубенко

Grayhill – опытный разработчик и производитель устройств HMI для промышленных применений

Ольга Романовская (romanovskaya@prochip.ru)

Компания Grayhill специализируется на производстве устройств управления для сельскохозяйственной и другой техники. Предлагаемые решения устанавливаются в кабине оператора и используют CAN-шину (J1939 и CANopen протоколы) для передачи данных. К таким устройствам относятся: клавиатуры, джойстики/энкодеры и дисплеи.

С момента своего основания в 1943 году американская компания Grayhill занимается разработкой и производством компонентов и систем человеко-машинного взаимодействия (HMI – человеко-машинного интерфейса) для сельскохозяйственной техники, военной, медицинской, транспортной и других отраслей промышленности. В стандартную линейку продукции компании входят: поворотные и кнопочные переключатели, энкодеры, джойстики, клавиатуры и дисплеи. Помимо этого, компания Grayhill предлагает своим клиентам, как индивидуальную доработку серийных изделий, так и разработку новых, уникальных решений согласно требованиям заказчика. Хорошо зная специфику данного рынка, производитель также предлагает:

- разработку дизайна и изготовление панелей управления оператора машины;
- изготовление компонентов с поддержкой CAN-шины, очень востребованных для данной области.

Ключевыми партнёрами Grayhill являются компании, занимающиеся производством сельскохозяйственной, строительной техники, а также грузового и пассажирского транспорта. В сельскохозяйственной, строительной технике, так же, как и на любом транспорте, очень часто используется CAN-шина для обмена данными между большим количеством систем. Преимущества использования CANopen-протокола на транспорте и во многих других приложениях очевидны. Прежде всего, это низкая стоимость, высокая степень надёжности системы, благодаря технологии обнаружения ошибок и самоизоляции проблемных узлов, простота использования и масштабирования сети, высокая скорость передачи данных (до 1 Мбит/с).

Рис. 1. Клавиатуры серии 3K

Рис. 2. Джойстики серии 3J

Grayhill предлагает ряд продуктов для работы с CAN-шиной: клавиатуры CAN-BUS серии 3K, джойстики CAN-BUS серии 3J, дисплеи.

Клавиатуры серии 3K (см. рис. 1) с возможностью подключения к CAN-шине и поддержкой протоколов J1939 или CANopen выпускаются в 5 стандартных конфигурациях: 4×5, 3×5, 4×3, 2×4, 4×2 клавиши. Используемые иконки клавиш соответствуют стандартам SAE (Society of Automotive Engineers – Сообщество автомобильных инженеров) и ISO. В стандартном исполнении эти клавиатуры оснащены подсветкой клавиш, обладают герметичностью по классу IP67, вибро- и ударопрочностью, защитой от солнечной радиации и солёного тумана, а также устойчивостью к воздействию химических реагентов. Жизненный цикл клавиатур составляет 1 млн нажатий. Если заказчик не найдёт подходящее решение из предложенных в каталоге вариантов, Grayhill предлагает доработку устройства по индивидуальному проекту. Так, например, можно изменить иконки и цвет подсветки клавиш (до трёх индикаторов на клавишу), цвет общей подсветки клавиатуры.

Линейка CAN-BUS является дополнением к широкому ряду матричных промышленных клавиатур Grayhill, в который входит 11 серий различного исполнения и дизайна.

Джойстики Vehicle Display Controller серии 3J (см. рис. 2) предназначены для управления дисплеем транспортного средства. Это устройство представляет собой оптический поворотный энкодер, использующийся для прокрутки меню дисплея, интегрированную в него кнопку для выбора пунктов меню и сам джойстик. Пять кнопок «горячих клавиш» расположены вокруг центрального вала, что позволяет быстро воспользоваться самыми распространёнными командами. Иконки горячих клавиш могут быть выбраны из стандартной библиотеки пиктограмм ISO или разработаны согласно требованиям заказчика. Навигация по экрану осуществляется 8-позиционным джойстиком. В стандартной комплектации доступна поддержка протоколов CANopen и J1939. Устройство управления 3J, как и клавиатуры 3K, является герметичным, вибро- и ударопрочным, и устойчивым к суровым климатическим условиям.

Дисплеи серии 3D предназначены для установки в кабины сельскохозяйственной, строительной и горнодобывающей техники. Дисплеи соответствуют электрическим и климатическим требованиям специализированного стандарта ANSI/ASAE EP455, созданного для производителей электронного оборудования, используемого в сельскохозяйственных машинах. Все дисплеи Grayhill представляют собой самостоятельные устройства – мониторы с расширенным функционалом.

В данный момент доступно 5 моделей различного размера: 3D32 (3,2"), 3D50 (5"), 3D70 (7"), 3D65 (6,5"), 3D104 (10,4").

Самая миниатюрная в линейке модель 3D32 с диагональю 3,2 дюйма служит для отображения пользовательских символов, текста и шкал. Управление дисплеем можно осуществлять либо из внешнего блока управления при помощи CAN-шины (протокол J1939), либо при помощи кнопок, расположенных на корпусе. Графические

элементы создаются с помощью прилагаемого программного обеспечения и сохраняются во внутренней памяти устройства. Важными характеристиками данной модели являются:

- расширенный температурный диапазон от –55 до +85°C;
- герметичность IP67;
- отличная читаемость при дневном свете;
- трансфлективный ЖК-дисплей с антибликовым покрытием;
- подсветка RGB с программным управлением;
- четырёхуровневая градация серого.

При изготовлении дисплеев на заказ возможно изменение цвета подсветки клавиатуры, цветов клавиш и иконок.

В новых 5-дюймовых и 7-дюймовых дисплеях 3D50 и 3D70 (см. рис. 3) используется устойчивое к царапинам, антибликовое стекло, надёжно зафиксированное при помощи оптической связки на поверхности ЖК-дисплея. Это позволяет обеспечить хорошую читаемость изображения при ярком солнечном освещении. Кроме того, дисплеи являются сенсорными и распознают прикосновение пальцев в перчатках, даже при наличии влаги на экране.

Конструкция данных моделей – планарная, благодаря чему они гармонично вписываются в любые кабины транспортных средств. Дисплеи имеют встроенный микропроцессор Freescale™ i.mx6 с тактовой частотой 800 МГц, поддерживают работу с программными платформами Qt (по умолчанию) и CODESYS (опционально). Предустановленное программное обеспечение VUI Builder, разработанное Grayhill, обеспечивает взаимодействие дисплея с электронным блоком управления и используется для создания иконок и графических объектов, отображающих различные данные, системные сообщения, часы, счётчики, диагностическую и другую информацию в реальном времени.

В дисплеях 3D50 и 3D70 реализована поддержка большого числа интерфейсов:

- до 2 портов CAN-BUS;
- до 3 входных портов NTSC/PAL для видеокамер;
- до 4 цифровых входов;
- до 4 цифровых выходов;
- 1 порт USB 2.0.

Рис. 3. Мониторы серии 3D50

Инженеры компании Grayhill не ограничиваются созданием устройств базовой функциональности и предлагают уникальные решения, позволяющие улучшить эргономику пространства оператора и сделать его работу более комфортной и эффективной. Среди успешно реализованных проектов компании можно выделить:

- Панель управления оператора для уборочного комбайна John Deere

Рис. 4. Панель управления оператора уборочной машины John Deere

Рис. 5. Панель управления оператора снегоуборочной машины

(см. рис. 4). Удобная компоновка элементов обеспечивает интуитивно понятное управление. Навигация и ввод данных осуществляется на дисплее. В панель встроены механические и оптический энкодеры Grayhill, а также клавиатуры индивидуального дизайна. Для клиента предоставлено гарантийное и сервисное обслуживание в течение 15 лет.

- Панель управления оператора для европейской снегоуборочной машины. (см. рис. 5). Выбор заказчика: 20-кнопочная клавиатура 3K CAN-BUS, оптический энкодер серии 62, 6,5" дисплей и джойстик CAN-BUS серии 3J.

Продукция Grayhill соответствует мировым стандартам. При её разработке особое внимание уделяется следующим факторам: эффективность работы оператора, удобство, безопасность, эргономика и современный дизайн.

Grayhill имеет специализированные сертификаты на разработку и производство продукции для промышленных, транспортных, военных, и авиационно-космических применений: AS9100 Revision C Certificate, ISO 14001:2015. Другими преимуществами, характеризующими Grayhill как надёжного поставщика, являются:

- быстрое изготовление прототипа, включая 3D-моделирование;
- тестирование в сертифицированных по ISO/IEC 17025 собственных лабораториях Grayhill;
- производственные площади в США;
- техническая поддержка и гарантийное обслуживание после продажи.

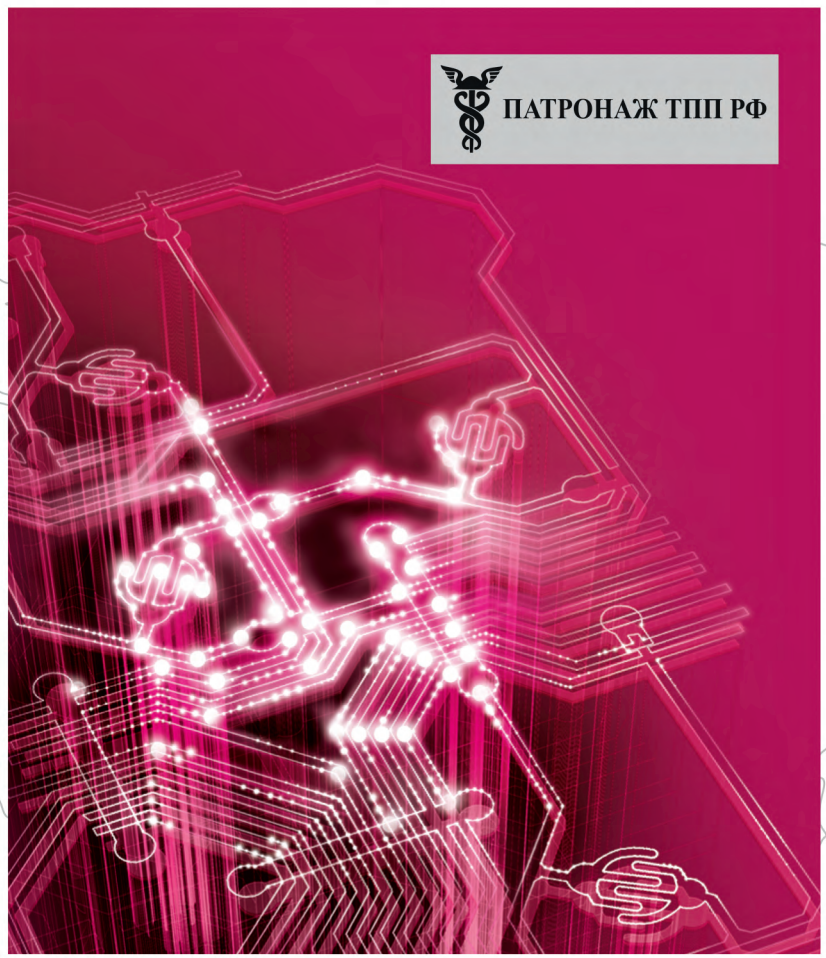
Литература

1. http://www.grayhill.com.
2. Презентация «Grayhill Applications».
3. Презентация «2016 Off-Highway Vehicles».

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

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

XVII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА



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

Организатор выставки:

FarEXPO IFE® PROFESSIONAL EXHIBITION & CONGRESS ORGANIZER

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

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

21 – 23 ноября 2017

Санкт-Петербург, ПСКК

Реклама

На правах рекламы

Новости российского рынка

РЫНОК

Российская ЭКБ в формате импортозамещения

В современных экономических условиях отечественное производство конкурентоспособной радиоэлектроники является необходимым условием обеспечения национальной безопасности страны, а внедрение передовых технологий компенсирует отставание от ведущих мировых производителей в развитии компонентной базы.

Об этом подробно говорили участники VI Всероссийской научно-технической конференции: «Импортозамещение. Вопросы обеспечения предприятий промышленности электронной компонентной базой», которая состоялась 17–18 августа 2017 года в Москве.

Организаторами мероприятия традиционно выступили АО «ТЕСТПРИБОР» совместно с Департаментом радиоэлектронной промышленности Минпромторга РФ и ФГУП «МНИИРИП».

В работе двухдневной конференции приняли участие ведущие специалисты из передовых научно-исследовательских институтов, предприятий радиоэлектронной промышленности, конструкторских бюро, конструкторских подразделений различных отраслей промышленности.

Программа конференции была насыщена докладами и презентациями научно-практической направленности, освещением опыта работы специалистов радиоэлектронной и других смежных областей промышленности.

В рамках встречи участники обсудили вопросы организационно-правовой базы управления развитием и применением ЭКБ ИП и ОП, в том числе, в части обеспечения разработки, модернизации и производства вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ). Проще говоря, это часть рынка радиоэлектронной продукции, где российские компании сохраняют устойчивые сильные позиции.

В настоящее время использование компонентов иностранного производства в отечественных разработках специальной и оборонной продукции создаёт ряд трудностей, начиная от поставок контрафактных изделий и заканчивая невыполнением уже заключённых контрактов. Одним из важных шагов в решении данной проблемы участники конференции видят в реализации единой государственной технической политики, которая определяет пути развития и применения ЭКБ.

Также предметом подробного обсуждения участниками конференции стали организационные и научно-технические проблемы в части закупок, поставок, хранения и применения ЭКБ в условиях действия современного законодательства.

Конечно, на конференции не обошли тему отечественных разработок в области ЭКБ. Нужно признать, они достаточно разнообразны: микропроцессоры, микроконтроллеры, мультиплексоры, память, ПЛИС, ЦАП и АЦП. Российские изделия микроэлектроники являются основой создания радиоэлектронных систем различного применения, в первую очередь, образцов ВВСТ.

Новые разработки в сфере ЭКБ ОП, озвученные на конференции предприятиями-изготовителями, дают общее представление о тенденциях развития рынка отечественной микроэлектроники.

В ходе дискуссионной части мероприятия слушателям была предоставлена возможность задать вопросы выступающим и получить ответы на самые актуальные вопросы.

Подводя итоги встречи, участники VI Всероссийской научно-технической конференции пришли к общему выводу, что реализация системного подхода к вопросам импортозамещения и созданию конкурентоспособной ЭКБ послужит основой для дальнейшего развития радиоэлектронного комплекса страны.

www.test-expert.ru

Тел.: (495) 657-8737

Семинар по ОСРВ/гипервизору SYSGO PikeOS

Компания SYSGO (Германия) и её российский дистрибьютор ООО «АВД Системы» приглашают разработчиков ПО встраиваемых систем принять участие в очередном ежегодном семинаре по операционной системе реального времени PikeOS.

Мероприятие пройдёт в Москве 25 октября 2017 г.

ОСРВ/гипервизор PikeOS предназначена для применения в ответственных встраиваемых микропроцессорных системах, программное обеспечение которых подлежит сертификации по стандартам безопасности DO-178B/C (авионика), IEC 61508 (промышленное оборудование), EN 50128 (железнодорожные системы), ISO 26262 (автоэлектроника) и IEC 62304 (медицинская техника).

В программе семинара:

- Архитектура PikeOS и поддержка многоядерных процессоров.
- Что нового в версии PikeOS v4.2?
- Опыт сертификации PikeOS в реальных проектах различных отраслей.
- Обеспечение информационной безопасности в PikeOS.
- Среда разработки CODEO и её «живая» демонстрация.
- Перенос в PikeOS приложений из других ОСРВ.

Для получения дополнительной информации и регистрации направьте запрос на avdsys@aha.ru или позвоните по тел.: (916) 194-4271.

На правах рекламы

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Новая версия PADS/ Xpedition VX.2.2

Компания «Оркада» представляет новую версию PADS/Xpedition VX.2.2.

Новая версия PADS/Xpedition VX.2.2 нацелена на решение вопросов проектирования современных сложных электронных систем с упором на лёгкость в использовании инструментов проектирования и производительность при командной работе.

оркāда

Рынок электронных устройств диктует компаниям-разработчикам курс на создание компактных электронных систем с очень высокой плотностью компоновки и одновременно с большей функциональностью и меньшими затратами. Xpedition предоставляет инновационные разработки, которые признают важность технологий повторного использования, автоматизированного создания высокоскоростных топологий, простой настройки сложных ограничений, позволяют разрабатывать и проверять трёхмерные гибко-жёсткие конструкции и обеспечивают надёжное управление данными для библиотек и проектов.

Улучшения Xpedition/PADS Designer:

- новая панель Display Control;
- обновление для диалогового окна Property Mapping;
- возможность вставки и замены компонента через панель Search;
- новая возможность верификации компонентов.

Презентацию по новым возможностям Mentor Xpedition/PADS Designer можно скачать на сайте www.orcada.ru/downloads/Mentor/.

Улучшения Xpedition/PADS Professional Layout:

- новая структура типовой библиотеки, входящей в поставку по умолчанию;
- 3D-модели для альтернативных посадочных мест;
- новый интерфейс автоматизации Constraint Manager;
- новые функции эскизного планировщика;
- увеличение производительности.

Презентацию по новым возможностям Mentor Xpedition/PADS Professional Layout можно скачать на сайте www.orcada.ru/downloads/Mentor/.

Дополнительную информацию можно получить у специалистов ООО «Оркада» по телефонам: (499) 136-3213, (495) 943-5032 или по электронной почте: info@orcada.ru.

МАТЕРИАЛЫ

Перспективные материалы для микроэлектроники

АО «Научно-испытательный центр «ИНТЕЛЭЛЕКТРОН» – квалифицированный поставщик электронной компонентной базы военного и двойного назначения.

Одним из приоритетных направлений деятельности компании является обеспечение современными материалами отечественных производителей электронных компонентов.

В АО «НИЦ «ИНТЕЛЭЛЕКТРОН» налажена поставка ряда перспективных материалов для предприятий микроэлектроники:

- пиролитический нитрид бора (PBN) представляет собой высокочистую керамику с превосходной химической инертностью и прочностью при высоких температурах. Этот материал используется в тиглях для производства составных полупроводников, а также в молекулярно-лучевой эпитаксии. В основном продукты PBN изготавливаются на заказ. Поставляемые изделия обладают сочетанием свойств, необходимых для конкретного применения и условий работы;
- нитрид галлия (GaN) используется в качестве материалов с широкой запрещённой зоной для силовых и сверхвысокостотных полупроводниковых изделий нового поколения. Выполняются поставки эпитаксиальных пластин GaN на подложках кремния, карбида кремния и сапфира;
- арсенид галлия (GaAs) изготавливается с применением методов LEC или VGF. Поликристаллические или монокристаллические пластины GaAs (см. рис.) легируются различными элементами, полируются и снабжаются сертификатом качества в соответствии с требованиями заказчика.

АО «НИЦ «ИНТЕЛЭЛЕКТРОН» также поставляет:

- оксид бора (B_2O_3), используемый для производства арсенида галлия;
- металлический галлий высокой чистоты (до 7N);
- СВЧ-ламинаты компании Rogers Corporation.

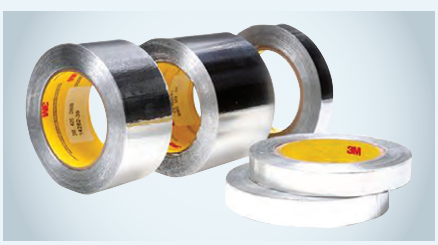
АО «НИЦ «ИНТЕЛЭЛЕКТРОН» непрерывно обновляет и расширяет номенклатуру поставляемой продукции, совершенствует качество оказываемых услуг и всегда готов помочь клиенту при подборе материалов и компонентов для конкретных задач.

www.intelelectron.ru
Тел.: (495) 545-4256

Экранирующие ленты 3M

При работе над любой электронной схемой приходится решать задачи экранирования от магнитных и электрических полей.

Компания 3M первой внедрила на рынок экранирующую ленту с токопроводящим клеевым слоем, а также предложила



ленту с рифлёной основой из фольги. Экранирующие ленты 3M решают три важные задачи: экранирование от радиочастотных и электромагнитных помех, заземление и защита от статического электричества.

Ленты могут применяться как на конечном оборудовании, так и в качестве временного решения при проведении испытаний и тестировании.

Сегодня производитель предлагает 4 основные типы экранирующих лент:

- фольгированные ленты с токопроводящим клеем (1170 и 1181);
- фольгированные ленты на клеевой основе (1183);
- рифлёные ленты с токопроводящим клеем (CN-3190).

Все ленты демонстрируют отличные коэффициенты экранирования – до 85 дБ. При этом гарантируются превосходный контакт с поверхностью благодаря применению токопроводящего клея, высокая прочность материала (в отличие от обычных фольгированных материалов) и его гибкость. Все ленты можно соединять методом обычной пайки и нарезать в любые удобные формы.

info@platan.ru
Тел.: (495) 97-000-99

На правах рекламы

ИНСТРУМЕНТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Автоматический счётчик компонентов «Соната»

Компания «ПРОТЕХ» анонсировала выпуск на рынок отечественного автоматического счётчика компонентов «Соната».

Новинка будет представлена на выставке РАДЭЛ в Санкт-Петербурге, которая пройдёт с 21 по 23 ноября 2017 г.

Счётчик «Соната» производит подсчёт SMD и радиальных компонентов в ленте. Он оснащён 3 регулируемыми скоростями подсчёта и автоматическим сохранением настроек. Также счётчик можно запрограммировать для подсчёта определённого числа элементов и оснастить датчиком пустой ячейки EPD, который будет определять наличие компонента в инспектируемой ячейке. При окончании подсчёта производится звуковой сигнал и отображается информация на ЖКИ-дисплее с числом подсчитанных элементов.

Полностью русифицированная клавиатура и программное обеспечение.

Основные технические характеристики:

- максимальное количество подсчёта – 99 999 штук;
- диаметр катушки 382 мм (макс);
- ширина ленты катушки – 8, 12, 16, 24, 32, 44, 56, 72 или 88 мм;
- шаг ленты катушки – 2, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 32, 44, 48, 52 или 56 мм;
- электропитание AC 220 В 50 Гц;

- функция пустой ячейки – дополнительная опция;
- мощность 30 Вт;
- габариты счётчика (Д × Ш × В) – 380 × 565 × × 160 мм.

protehnology.ru; протех.рф
Тел.: (812) 643-2355,
8 (800) 555-2699 (единый номер)

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Компактные 750-Вт AC/DC для промышленных и медицинских применений

Компания XP Power объявила о начале выпуска высокоэффективных 750-ваттных источников питания серии GSP750. Анонсируемые AC/DC обеспечивают высокую эффективность и пиковую мощность до 900 Вт. Модули имеют одноканальные выходные каналы, оснащены интеллектуальным управлением системой охлаждения и сертифицированы для применения в промышленном и медицинском оборудовании.

Модули питания серии GSP750 выполнены в низкопрофильном шасси высотой 1U с площадью основания 4 × 10 дюймов (101,6 × 254 мм). Они являются отличным выбором для разработчиков, подбирающих полнофункциональный 750 Вт источник питания в компактном корпусе с высоким КПД преобразования. Кроме того, для определённых применений высокая пиковая мощность гораздо предпочтительнее, чем использование для длительной работы источника питания с номинальной мощностью более чем 750 Вт.

Серия GSP750 предназначена для производителей, стремящихся встроить источник питания в промышленное, испытательное и измерительное оборудование, особенно там, где предъявляют требования к пиковой мощности до 900 Вт.

Ключевыми применениями являются хирургическое оборудование, оборудование для жизнеобеспечения, оборудование обработки видеоизображений и переливания крови, а также испытательное и измерительное оборудование в промышленном сегменте, где требуется высокая удельная мощность для экономии объёма, что в итоге даёт возможность уменьшить габариты конечного оборудования.

Серия GSP750 включает три модели, обеспечивающие выходные напряжения 12, 24 и 48 В. Модули серии GSP750 характеризуются наличием выходного канала напряжения 5 В с номинальным значением тока 3 А для обеспечения дежурного режима логическими схемами, что является важным требованием для испытательных и измерительных применений.

По сравнению с конкурирующими моделями серия GSP750 обеспечивает более высокий КПД преобразования мощности и меньшие габариты корпуса с низкой высотой – 254 × 101,6 × 41,9 мм. Высокое значение КПД (до 90%) обеспечивается практически во всём диапазоне рабочих мощностей. Высокое значение КПД преобразования напряжения означает меньшую рассеиваемую тепловую мощность в меньших габаритах модуля и более длительный ресурс, а также меньшую рассеиваемую тепловую мощность в конечном оборудовании. Важно, что модули серии GSP750 отвечают требованиям ряда стандартов безопасности для IT и медицинского оборудования, включая 3-ю редакцию стандарта, регламентирующего безопасность медицинского оборудования и четвёртую редакцию стандартов по электромагнитной совместимости (стандарты IT6050-1 и ANSI/AAMI ES60601-1 и IEC60601-1).

Применяется резонансная топология, позволяющая минимизировать потери мощности и снизить шумы. Применение синхронного выпрямления способствует уменьшению потерь и повышению эффективности. В модулях применяются вентиляторы с регулируемой в зависимости от нагрузки скоростью вращения для оптимизации акустического шума, что является очень важным в низкопрофильных применениях. К тому же вентиляторы отключаются при мощностях в нагрузке менее 50 Вт, когда оборудование находится в режиме ожидания, продлевая ресурс вентиляторов и способствуя снижению акустического шума.

Другими сервисными функциями являются: сигнал неисправности электропитания, сигнал контроля уровня выходного напряжения, постоянно включённый выходной канал 5 В для питания логических схем, обеспечивающих дежурный режим, светодиодный индикатор состояния выходного напряжения, цепи для подключения выносной обратной связи и равномерного распределения тока нагрузки между тремя параллельно включёнными модулями.

Модули серии GSP750 обеспечивают мощность в нагрузке 750 Вт при длительной работе в широком диапазоне температур от –40 до +70°C с понижением мощности при температурах выше +50°C.

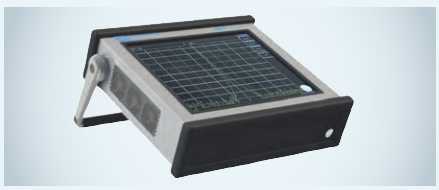
Заказать модули серии GSP750 можно у официального дистрибьютора продукции XP Power в России – компании ПРОСОФТ.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

На правах рекламы

MWO-8000UW – новый измерительный приёмник высшего класса отечественного производства

ООО «Микроволновая Электроника» объявило о серийном выпуске радиоприёмного измерительного устройства с функциями анализатора спектра реального времени, векторного анализатора сигналов, осциллографа и измерителя фазовых шумов с шириной полосы 1,5 ГГц.



Основные преимущества измерительного приёмника MWO-8000UW:

- диапазон рабочих частот (постоянный ток) до 8 ГГц;
- полоса анализа спектра реального времени, демодуляции и записи – 1,5 ГГц;
- фазовый шум –140 дБн/Гц на отстройке 10 кГц от несущей 1 ГГц;
- скорость сканирования 800 ГГц/с;
- частота дискретизации 4 ГГц, разрядность АЦП 12 бит;
- чувствительность –164 дБм/Гц, динамический диапазон 151 дБ/Гц;
- полоса разрешения (RBW) 0,1 Гц;
- интерфейс вывода данных со скоростью 100 Гбит/с Ethernet QSFP+ для передачи в реальном времени сигналов на устройство хранения или систему обработки;
- 21,5-дюймовый графический сенсорный дисплей для подробного исследования сигналов;
- опция по измерению фазовых шумов;
- опция по анализу сигналов со всеми априорно неизвестными параметрами;
- опция «доступ пользователя к программированию ПЛИС» (Virtex Ultrascale).

www.mwel.ru

Тел.: (495) 137-5335

Анализаторы спектра серии S3503 производства SALUKI TECHNOLOGY

ООО «Интермера» представляет анализаторы спектра серии S3503 производства SALUKI TECHNOLOGY INC (Тайвань).

Анализаторы SALUKI серии S3503 (номер в ГРСИ 67304-17) отличаются превосходными значениями собственных фазовых шумов, динамического диапазона, скорости измерения и точности по амплитуде.

Данные приборы имеют множество аналитических функций, включая высокочувствительный анализ спектра, анализ мощности спектра, широкополосный IQ-анализ, мультидоменный корреляционный анализ, анализ импульсных сигналов, анализ аудиосигналов, анализ аналоговых модулированных сигналов и измерение фазовых шумов.

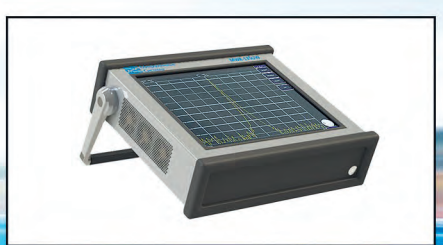
Возможность использования нескольких цифровых/аналоговых интерфейсов позволяет строить измерительные системы на основе S3503 для тестирования сигналов и устройств в таких областях, как авиация и космонавтика, радиолокация, системы связи, навигация и радиоэлектронная борьба.

Оформление экспортных лицензий не требуется. Гарантия – 3 года.

Подробное описание анализаторов спектра серии S3503 доступно на сайте http://intermera.ru/catalog/.

Микроволновая Электроника

Тел./Факс: +7 (495) 137-53-35
http://www.mwel.ru



Измерительный приемник MWR-135U

Полоса анализа реального времени 260 МГц
Фазовый шум -139 дБн/Гц (отстр. 10кГц от 1 ГГц)
Скорость сканирования 300 ГГц/сек
Диапазон рабочих частот 500 Гц – 13.5 ГГц
Чувствительность -166 дБм/Гц
Динамический диапазон 153 дБ
Интерфейс вывода данных 10 Гбит/с Ethernet (SFP+)
ЦОС на основе Kintex-7 с доступом пользователя

Векторный генератор сигналов MWT-160U

Выходная мощность до 2 Вт
Ширина полосы модулирующих частот (внутренний цифровой baseband-генератор) 560 МГц
Фазовый шум -139 дБн/Гц (отстр. 10кГц от 1 ГГц)
Диапазон рабочих частот 8 кГц - 16 ГГц
Встроенные цифровые виды модуляции
M-PSK, M-QAM, OOK, M-ASK, M-FSK, MSK, GMSK, произвольный
Интерфейс ввода данных и управления
10 Гбит/с Ethernet (SFP+), 1 Гбит/с Ethernet (SFP) - опции
Скорость передачи более 3 Гбит/с по радиоканалу

Измерительный приемник MWT-135UW

Полоса разрешения (RWB) 0.1 Гц
Полоса демодуляции и записи 260 МГц
Фазовый шум -139 дБн/Гц (отстр. 10кГц от 1 ГГц)
Скорость сканирования 300 ГГц/сек
Диапазон рабочих частот 500 Гц -13.5 ГГц
Чувствительность - 166 дБм/Гц
Динамический диапазон 153 дБ
Интерфейс вывода данных 10 Гбит/с Ethernet (SFP+)
17" графический сенсорный дисплей

Контрольно-измерительное оборудование «Микроволновая Электроника»

Реклама

На правах рекламы

Векторный генератор SG396 производства STANFORD RESEARCH SYSTEMS

ООО «Интермера» представляет векторный генератор SG396 производства STANFORD RESEARCH SYSTEMS.

Генератор ВЧ-сигналов SG396 (номер в ГРСИ 58775-14) использует метод синтеза частоты с рациональной аппроксимацией и импульсно-фазовой автоподстройкой (RAFS), что обеспечивает ультравысокое разрешение по частоте при низком уровне фазовых шумов (–114 дБн/Гц на частоте 1 ГГц при отстройке 20 кГц).

SG396 может быть оснащён опорным кварцевым или рубидиевым генератором (опция 04).

Интерфейсы LAN, GPIB и RS-232 обеспечивают дистанционное управление режимами работы и параметрами сигнала.

Функции SG396:

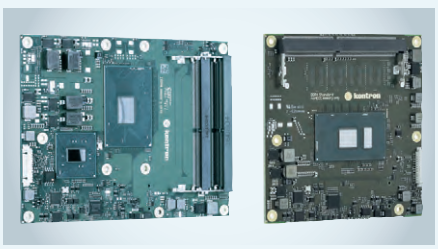
- диапазоны частот аналогового сигнала: 0–62,5 МГц (выход BNC); от 950 кГц до 6,075 ГГц (выход N-типа);
- уровень выходного сигнала от –110 дБм до +16,5 дБм;
- диапазоны частот цифрового сигнала от 400 МГц до 6,075 ГГц;
- внутренняя и внешняя аналоговая и цифровая I/Q-модуляция;
- типы цифровой модуляции: ASK, FSK, PSK (включая BPSK, QPSK, OQPSK, π/4DQPSK, 8PSK и 16PSK), QAM (4-256), MSK, CPM (1-4 бит), VSB, I/Q-модуляция внешним источником с шириной полосы до 300 МГц;
- предустановки для GSM, EDGE, W-CDMA, APCO-25, DECT, NADC, PDC, ATSC-DTV и TETRA.

Гарантия – 1 год (расширение до 3 лет).

Поставка со склада http://intermera.ru/sklad/.

COM Express модули на Intel Core 7 для перспективных разработок

Компания «РТСофт» и международный холдинг Kontron AG объявляют о старте продаж новых «компьютеров-на-модуле» в формате COM Express: COMe-bKL6 (COM Express basic) и COMe-cKL6 (COM Express compact).



Несмотря на свои малые размеры, оба модуля обеспечивают более высокие показатели производительности и графики благодаря новейшим процессорам Intel Core и Intel Xeon 7-го поколения (кодовое название – Kaby Lake).

Как и все остальные «компьютеры-на-модуле» Kontron, новинки COMe-bKL6 и COMe-cKL6 включены в программу Kontron Security Line, которая предоставляет комплексный набор средств обеспечения безопасности.

В новых модулях интегрирована графика Intel HD Graphics, которая может поддерживать до трёх независимых дисплеев с разрешением до 4K, что позволяет разработчикам создавать приложения, обеспечивающие удобные и инновационные способы взаимодействия с пользователем. Широкий диапазон доступных процессоров, от чрезвычайно эффективного Celeron до высокопроизводительных процессоров Intel Core i7 и Xeon, предоставляет пользователям максимальную гибкость при выборе оптимального решения, которое будет соответствовать их эксплуатационным требованиям.

Оба модуля поддерживают новейшую технологию Intel Optane – энергонезависимое решение на основе инновационной технологии памяти 3D XPoint. Оно работает до 1000 раз быстрее, чем флеш-память NAND, и существенно уменьшает задержки – важное преимущество в таких сферах применения, как высокопроизводительные вычисления или обработка изображений в медицинской отрасли. COMe-bKL6 поддерживает до 32 ГБ памяти DDR4, а его аналог COMe-cKL6 – до 24 ГБ памяти DDR4.

Аппаратное решение для обеспечения безопасности Kontron Approtect является стандартным для обоих модулей. Kontron – первый в мире производитель встраиваемых компьютерных систем, который предлагает «компьютеры-на-модуле» и материнские платы с полностью интегрированными функциями безопасности.

Модули поддерживают работу как в обычном для промышленных условий диапазоне температур от 0 до +60°C, так и в расширенном – от –40 до +85°C.

COMe-bKL6 и COMe-cKL6 доступны для заказа уже сейчас.

С дополнительной информацией о COMe-bKL6 и COMe-cKL6 можно ознакомиться на сайте www.rtsoft.ru, а также в офисах компании «РТСофт», стратегического партнёра холдинга Kontron в России и странах СНГ.

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

Перспективная разработка ООО НПП «М-КУРС»

В настоящее время на ООО НПП «М-КУРС» завершается ОКР «Разработка и освоение в серийном производстве кварцевых генераторов, управляемых напряжением для аппаратуры связи» (шифр «Весна»).

Основные технические характеристики:

- корпуса – «СМД5» (5 × 3,2 × 1,5 мм), «СМД7» (7 × 5 × 1,8 мм), «Dil8» (12,6 × × 12,6 × 4,8 мм), «Dil14» (20,3 × 20,3 × × 4,8 мм), корпус с крышкой на печатной плате размерами (12,7 × 12,7 × 6 мм) и (14,2 × 9,14 × 5,3 мм);
- выходной сигнал: КМОП, Синус, LVDS, LVPECL;
- диапазон номинальных частот: от 0,75 до 800 МГц (КМОП); от 0,75 до 1000 МГц (LVPECL, LVDS); от 2 до 2300 МГц (Синус);
- интервал температур при эксплуатации от –60 до +85°C;
- температурная нестабильность частоты в интервале температур при эксплуатации от $\pm 5 \times 10^{-6}$;
- спектральная плотность мощности фазовых шумов при отстройке на 10 кГц: –120…–150 дБ/Гц;
- напряжение питания от +3,3 до +5 В;

- потребляемый ток – не более 40 мА (КМОП, Синус), не более 100 мА (LVPECL), не более 80 мА (LVDS).

Изменение рабочей частоты за первый год работы не более $\pm 10 \times 10^{-6}$.

Гарантийный срок: 25 лет с даты изготовления.

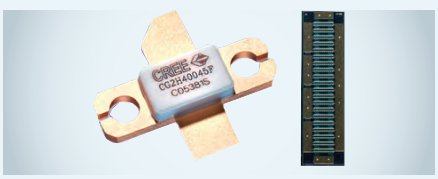
www.meteor-kurs.ru

Тел.: (8443) 34-2248, (8443) 34-2346

На правах рекламы

Новое поколение СВЧ-транзисторов Wolfspeed

Разработчики подразделения Wolfspeed компании Cree представили новое семейство СВЧ-транзисторов с высокой подвижностью электронов на основе нитрида галлия с напряжением 28 В (28 V GaN HEMT), которые могут работать в расширенном (по сравнению с предыдущими сериями) диапазоне частот – до 8 ГГц. Данные транзисторы имеют более высокие значения эффективности и коэффициента усиления, а также лучшую в своём классе надёжность.



Новое семейство 28 V GaN HEMT изготовлено на основе разработанного и проверенного специалистами Wolfspeed технологического процесса выращивания транзисторных структур на основе нитрида галлия на карбиде кремния с толщиной затвора 0,25 мкм (0,25 µm GaN-on-SiC). Дизайн посадочных мест его корпусов соответствует семействам предыдущего поколения, изготовленным на основе схожего технологического процесса с толщиной затвора 0,4 мкм, что позволит инженерам использовать новые транзисторы как прямую замену транзисторов предыдущего поколения. Доступные в двух типах – корпусированном виде (серия CG2H400) и в виде кристаллов (серия CG2H800) – семейство 28V GaN HEMT позволяет увеличить рабочий диапазон частот на 33% – с 6 ГГц до 8 ГГц – при этом обеспечивается повышение эффективности от 5 до 10% и дополнительное увеличение коэффициента усиления от 1,5 до 2 дБ по сравнению с более ранними поколениями приборов компании Wolfspeed.

Более высокая эффективность (до 70% при значении мощности PSAT) и увеличенная ширина полосы частот делает данные транзисторы подходящими для применения в мощных СВЧ-приборах для военных систем связи, радаров (УВЧ, L-, S-, C- и X-диапазонов), радиоэлектронной борьбы (РЭБ) и коммерческих СВЧ-изделий для промышленности, медицины и научных исследований.

По словам одного из руководителей компании Wolfspeed, переход на проверенный технологический процесс 0,25 µm GaN-on-SiC позволит компании получить значительное улучшение характеристик нового поколения транзисторов, что предоставит существенные преимущества широкому кругу её заказчиков, наряду с высокой надёжностью изделий, которая требуется для всех областей их применения. Сохранение у новых транзисторов форм-фактора предыдущих поколений позволит инженерам быстро и легко повысить характеристики разрабатываемых ими изделий, например, СВЧ-усилителей.

Серия CG2H400 включает корпусированные несогласованные приборы 28 V GaN HEMT, доступные в корпусах для монтажа «под винт» (screw-down flange) или пайку (solder-down pill):

- CG2H40010 – 10 Вт, 8 ГГц, с эффективностью 70% (при PSAT) и коэффициентом усиления в режиме малого сигнала 18/16 дБ (на 2 и 4 ГГц, соответственно);
- CG2H40025 – 25 Вт, 6 ГГц, с эффективностью 65% (при PSAT) и коэффициентом усиления в режиме малого сигнала 17/15 дБ (на 2 и 4 ГГц, соответственно);
- CG2H40045 – 45 Вт, 4 ГГц, с эффективностью 60% (при PSAT) и коэффициен-

На правах рекламы

том усиления в режиме малого сигнала 18/14 дБ (на 2 и 4 ГГц, соответственно).

Серия CG2H800 включает кристаллы несогласованных транзисторов:

- CG2H80015 – 15 Вт, 8 ГГц, с эффективностью 65% (при PSAT) и коэффициентом усиления в режиме малого сигнала 17/12 дБ (на 4 и 8 ГГц, соответственно);
- CG2H80030 – 30 Вт, 8 ГГц, с эффективностью 65% (при PSAT) и коэффициентом усиления в режиме малого сигнала 17/12 дБ (на 4 и 8 ГГц, соответственно);
- CG2H80060 – 60 Вт, 8 ГГц, с эффективностью 65% (при PSAT) и коэффициентом усиления в режиме малого сигнала 15/12 дБ (на 4 и 8 ГГц, соответственно).

По сравнению с аналогичными приборами на основе кремния (Si) или арсенида галлия (GaAs), приборы на основе технологического процесса GaN-on-SiC компании Wolfspeed имеют более высокие значения ключевых параметров: напряжения пробоя, рабочей температуры, эффективности, теплопроводности, плотности мощности и ширины рабочей полосы. Все указанные параметры являются критичными для возможности разработки более лёгких и эффективных СВЧ-изделий меньшего размера.

СВЧ-приборы GaN-on-SiC компании Wolfspeed позволят разработать следующие поколения широкополосных усилителей для применения в промышленности, медицине, научных исследованиях, а также для стратегических направлений – нового поколения усилителей для различных видов связи, включая спутниковую и сотовую связь; нового поколения систем передачи данных и измерительного оборудования.

Более подробную информацию о новом поколении транзисторов Wolfspeed можно получить у специалистов ПРОЧИП – официального дистрибьютора на территории России и стран СНГ.

www.prochip.ru
Тел.: (495) 232-2522

Компактные 9-Вт DC/DC с кратностью перекрытия входного напряжения 2:1

Новая серия ICZ09 9-ваттных DC/DC-преобразователей компании XP Power выполнена в ультракомпактном корпусе SIP-8 с габаритными размерами 21,9 × 9,6 × × 11,2 мм.

Подобно серии ITZ09 с кратностью перекрытия входного напряжения 4:1, серия ICZ09 имеет наивысшую удельную мощность в корпусе SIP и наименьшую площадь основания корпуса, доступную для преобразователей с такими номинальными параметрам. Стоимость представленных преобразователей снизилась на 10%, что особенно актуально для применений, не нуждающихся в широком диапазоне входного напряжения.

Новая серия ICZ09 имеет три диапазона входного напряжения:

1) 9…18 В для номинального напряжения 12 В;
2) 18…36 В для применений с 24 В входным напряжением;
3) 36…75 В для применений с номинальным входным напряжением 48 В.

Каждый ряд предлагает выбор из шести одноканальных моделей с выходными напряжениями от 3,3 до 24 В, трёх двухканальных моделей с выходными напряжениями ±5, ±12 и ±15 В. Общее количество различных моделей 27.

Все модели характеризуются хорошими показателями стабильности выходного напряжения: нестабильность по напряжению ±0,2% и нестабильность по току ±0,5% при изменении нагрузки от 0 до 100% (для двухканальных моделей это значение составляет ±1%). Эти показатели обеспечиваются также в режиме холостого тока.

Электрическая прочность изоляции составляет 1600 В по постоянному току, при этом все модели имеют вход дистанционного включения/выключения для обеспечения внешнего управления и упорядочивания включения.

Модули серии ICZ09 оснащены защитными функциями: защита от импульсных напряжений на входе, перегрузки по току и короткого замыкания. Отвод тепла осуществляется конвекцией и не требует применения принудительного обдува или теплоотводов. Диапазон рабочих температур от –40 до +85°C. Понижение выходной мощности требуется при температурах от +50°C (для моделей с выходом 3,3 В от +60°C). Максимальная температура корпуса +100°C. Все модели соответствуют требованиям класс А к уровню кондуктивных помех с внешними фильтрующими компонентами.

Серия ICZ совместима по расположению выводов с серией TMR9 (TRACO).

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

1-ваттные DC/DC в корпусе SIP для медицинской аппаратуры

Компания XP Power выпустила 1-ваттные DC/DC-преобразователи серии IMA01, разработанные специально для применения в медицинской аппаратуре.

Новая серия обеспечивает одно средство защиты пациента 1×MOPP при 300 В переменного тока и два средства защиты пациента 2×MOPP при рабочем напряжении 125 В переменного тока с электрической прочностью изоляции между входными и выходными цепями 4000 В переменного тока. Все модели соответствуют требованиям по безопасности медицинского электрического оборудования в соответствии с международными стандартами 60601-1 и характеризуются низким током утечки на пациента 2 мкА.

Доступны четыре диапазона напряжений с отклонением ±10% для применения в сетях с номинальными напряжениями 5, 12, 15 и 24 В. Доступны одно- и двухканальные модели с номинальными напряжениями 3,3; 5; 9; 12 и 15 В. Всего предусмотрено 40 разных моделей для каждого диапазона входного напряжения.

Преобразователи выполнены в очень маленьких пластиковых корпусах SIP7 с размерами 19,5 × 9,2 × 11,1 мм. Диапазон рабочих температур от –40 до +75°C без понижения мощности во всём диапазоне температур, достаточно конвекционного отвода тепла. Все модели соответствуют требованиям стандарта EN55022 Class B к помехам излучения и кондуктивным помехам с применением внешних фильтрующих компонентов. Значение MTBF (среднее время наработки между отказами) для серии IMA01 составляет 2,5 млн часов, модули обеспечиваются трёхлетней гарантией производителя.

Компактные модули серии IMA01 являются идеальными для применений с подключением оборудования к пациенту и дополняют

На правах рекламы

текущий ряд DC/DC-преобразователей компании XP Power, включающий ряд от 2-ваттных моделей в корпусе SIP до 20-ваттных моделей в корпусах DIP.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

Процессор «Спутник» поддерживает периферийное сканирование

14 сентября 2017 года специалистами компаний JTAG Technologies, Остек-Электро и НПП «Цифровые решения» проведена работа по верификации поддержки периферийного сканирования микросхемой 5023ВС016 (далее процессор «Спутник»).

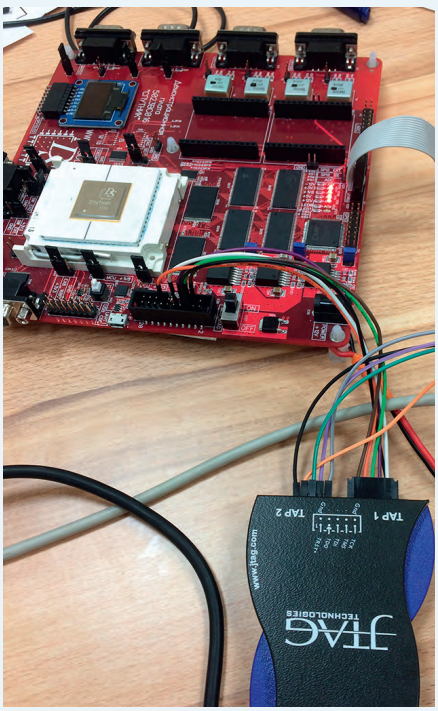
Радиационно стойкий отказоустойчивый 32-разрядный процессор «Спутник» предназначен для построения аппаратуры, в том числе командно-измерительных и телеметрических систем космических аппаратов, совместимых с международными стандартами CCSDS.

Процессор «Спутник» поддерживает интерфейсы: CCSDS (ГОСТ Р 56096-2014), JTAG (IEEE 1149.1), SpaceWire, ГОСТ Р 52070 (MIL-STD-1553), UART, CAN, SPI, I^2C.

Процессор может применяться в системах управления, для преобразования интерфейсов, обработки информации с датчиков измерительных систем, для управления источниками питания и пр.

Работа по верификации проводилась на демонстрационной плате процессора с использованием программного пакета JTAG ProVision и контроллера JT3705/USB. Компанией «Цифровые решения» предоставлен полностью корректный BSDL-файл и исходные данные платы, что позволило разработать все проведённые тесты автоматически. В процессе работы удалось также успешно запустить тесты внешних межсоединений процессора, его JTAG-инфраструктуры, двух периферийных микросхем SRAM, двух устройств MRAM, флеш-ПЗУ. На демонстрационной плате была проведена имитация дефектов, которые были найдены и успешно локализованы.

Теперь разработчики и производители аппаратуры для космических аппаратов могут быть уверены, что при выборе отечественного процессора «Спутник», разработанного научно-производственным предприятием «Цифровые решения», их изделия будут тестопригодными. Использование данного процессора позволит создавать на его основе современную и надёжную аппаратуру космических аппаратов.

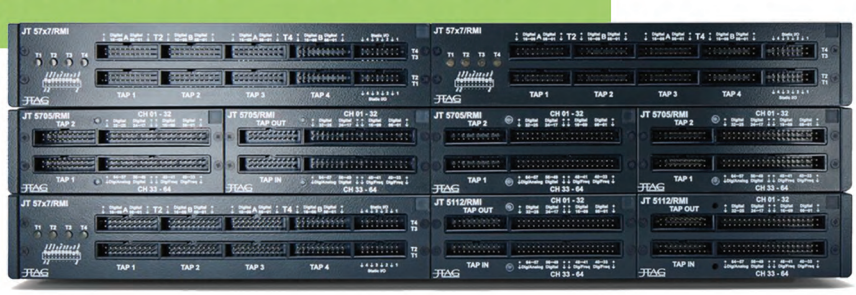


www.jtagtechnologies.ru
Тел.: (812) 602-0915, (965) 089-1080

www.jtagtechnologies.ru

JTAG TECHNOLOGIES

Любое количество TAP-портов (JTAG-портов)
Любое количество цифровых IO-каналов
Любое количество аналоговых IO-каналов



Сконфигурируйте свою собственную систему периферийного сканирования без ограничений с новыми модульными контроллерами JT 57xx/RMI

Реклама

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

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

Государство ждёт оппонента
Эксперты обсудили, как сделать отечественную электронику доходной

Хотя сегодня доля России на мировом рынке электроники более чем скромная – всего 0,3%, планы у профессионального сообщества амбициозные – к 2035 году выйти на показатель 3%. Реализовать задуманное, очевидно, будет непросто: по мнению экспертов, проблема отечественной электронной продукции в том, что по своим продуктовым характеристикам она неконкурентоспособна. Если вовремя не предпринять соответствующие стимулирующие меры, в цифровой экономике будущего Россия окажется в числе отстающих. Если же преодолеть разрыв удастся, наша страна получит «входной билет» на глобальный рынок электроники и сможет участвовать в развитии мировых технологий и экономики. Об этом говорили на конференции «Российская электроника. Поиск новых точек роста», состоявшейся в Москве 28 июня. Мероприятие организовали Информационное агентство России ТАСС и Ассоциация разработчиков и производителей электроники.

Интереса к инвестированию нет

На значимости диалога между профессиональным сообществом и властью акцентировал внимание заместитель министра промышленности и торговли РФ Олег Бочаров, заверив: в перспективе подобные встречи станут регулярными: «Учитывая, что микроэлектроника является самой динамично развивающейся отраслью в мире, нам необходимо периодически сверять позиции, тем более, регулятор вырабатывает какие-либо документы не для себя, а для рынка. Сейчас, по нашим наблюдениям, бизнес чаще выступает в роли просящего: просит профинансировать его разработки, закрыть от конкурентов, субсидировать его деятельность, закрыть таможню и обеспечить гарантированный спрос на продукцию, но государство не вправе нарушить базовый рыночный принцип. Мы хотим дискутировать с бизнесом на равных, как с оппонентом, который может сформулировать запрос на государственное регулирование, что позволит установить комфортные для всех игроков правила, не подменяющие рыночные механизмы».

Задача государства, по мнению исполнительного директора Ассоциации разработчиков и производителей электроники (АРПЭ) Ивана Покровского, – настроить регулирование таким образом, чтобы у компаний появилась возможность для созидательной конкуренции, а также компенсировать их отставание от иностранных коллег на старте.

«Критерием правильной настройки регулирования будет интерес к инвестированию со стороны торговых компаний, занимающихся дистрибуцией, системных интеграторов, операторов услуг связи и различных ИТ-услуг: отрасль начнёт развиваться только тогда, когда им станет выгодно инвестировать в разработки и производство. Пока это невозможно: с таким масштабом деятельности, как сегодня, в цифровой экономике будущего отечественная электроника никому не нужна. 0,3% мирового рынка – это уровень, с которого можно катиться только вниз», – признал эксперт.

Разделяют это мнение и сами инвесторы.

«Мы вынуждены констатировать: в настоящий момент гораздо выгоднее вкладывать средства в лесопереработку, чем в электронику, – говорит директор по стратегическому маркетингу холдинга GS Group Андрей Безруков. – Наши инвестиции в электронику уже составили более 6 млрд рублей, они пошли на развитие производства, компетенций, подготовку персонала, создание нескольких тысяч рабочих мест, и мы готовы вложить ещё столько же, но только в том случае, если в России появится рынок».

Участники дискуссии уверены: отрасль может стать доходной для российской экономики, однако нужно менять подходы – нынешняя дотационная модель ни к чему хорошему не приведёт. При этом важно не перестараться – в противном случае ждёт другая крайность – зарегулированность, когда государство берёт на себя слишком много и «душит» частную инициативу – такой подход окончательно убьёт мотивацию компаний, предпринимателей и саму конкуренцию.

«В условиях открытого нерегулируемого рынка развития ждать не стоит, к тому же, ситуация на мировом рынке электроники такова, что ряд транснациональных компаний, а среди них, к слову, нет российских, забирают все инвестиционные ресурсы с рынка, другим не остаётся ничего», – посетовал Иван Покровский.

Как выяснилось, профессиональное сообщество возлагает большие надежды на сформированную в середине июня Ассоциацию разработчиков и производителей электроники, появление которой можно считать своеобразным ответом на существующие вызовы и запрос бизнеса относительно формирования отраслевой кооперации.

Сегодня в Ассоциацию входят более 40 компаний с общим годовым оборотом более 40 млрд рублей, создавшие 10 тысяч высокопроизводительных рабочих мест на территории России. Одна из ключевых целей АРПЭ – выстроить взаимодействие с ведомствами, в первую очередь, с Минпромторгом и Минэкономразвития. Разумеется, вопросов предстоит решить немало, в том числе, в части таможенно-тарифного регулирования. Кроме того, члены АРПЭ видят необходимость создания проектного офиса по развитию информационных технологий, электроники и цифровой экономики в рамках Правительства РФ. Эта инициатива позволит улучшить координацию и реализовать многие программы, в частности, по развитию цифровой экономики в РФ.

Андрей Безруков убеждён: национальная электронная промышленность должна стать основой цифровой эконо-

мики, но построить независимую международно-субъектную Россию, сохранить и закрепить глобальное лидерство нашей страны к 2035 году, не имея передовых технологий и не делая ставку на отечественную электронику, не удастся. Всё-таки, цифровая экономика – это не только «железо», но и новые принципы организации бизнес-кооперации.

«Если мы хотим завоевать 3% мирового рынка, недостаточно только озвучить эту цель, её нужно закрепить на государственном уровне, а частным компаниям и государству необходимо договориться о том, как её достигать», – заметил спикер.

Придётся повышать эффективность

В 2016 году выручка электронного кластера Госкорпорации «Ростех», объединяющего активы в области электроники, составила 201 млрд рублей, а EBITDA – 29 млрд рублей. В масштабах мира показатели не особо выдающиеся, у иностранных конкурентов результаты лучше, тем не менее, это неплохой внутренний ресурс, который можно вложить в венчурные проекты и создание новых технологий. Между тем, в соответствии с новой стратегией, к 2025-му годовая выручка электронного кластера должна вырасти до полутора триллионов рублей. Получается, необходимо каким-то образом обеспечить рост примерно на 22,5% в год.

«Если не сможем взять такой темп и сократить разрыв с конкурентами, в какой-то момент нас поглотят более устойчивые игроки. Ничего не поделаешь, таков тренд современности: на рынке практически не остаётся малых независимых игроков в области производства электроники, электронно-компонентной базы и конечных изделий», – подчеркнул директор по особым поручениям государственной корпорации «Ростех» Василий Бровко.

Чтобы выйти на международный рынок в качестве конкурентного игрока, отечественным компаниям придётся постараться: повысить собственную эффективность, разработать новые продукты и технологии в пяти основных гражданских направлениях: передача и хранение больших и сверхбольших данных, фотоника и электронно-компонентная база, система безопасности, в первую очередь, кибербезопасности, медтехника и оптика. Кстати, сегодня доля гражданской продукции электронного кластера составляет всего 15%, остальное – военная.

Инициатива должна исходить от бизнеса

До сих пор поддержка электроники со стороны государства РФ, в общем-то, сводилась к субсидированию разного рода затрат: НИОКРов, процентных ставок и т.д. Понятно, что такая модель поддержки довольно быстро себя исчерпает.

«Также год назад была попытка консолидировать государственный спрос и сфокусировать его на российских производителях. Однако этот механизм коснулся только микроэлектроники, где у нас полтора предприятия – «Микрон» и «Ангстрем-Т» как половинка», – уточнил помощник Президента России Андрей Белоусов.

По его словам, сейчас в центре внимания Правительства Программа развития цифровой экономики, которая позволит сократить почти двукратное отставание России в сфере высоких технологий от наиболее развитых стран.

«В документе будут два раздела, относящихся к аппаратной части. Один связан с регуляторикой – в первую очередь, касается развития информационных систем, второй регламентирует создание инфраструктуры для цифровой экономики: сетей, центров обработки данных», – комментирует помощник главы государства. – Чтобы была возможность всё это финансировать, Правительство обсуждает вариант создания «дорожного» фонда, мощность которого составит ориентировочно 100 млрд рублей. С точки

Андрей Безруков

зрения поддержки, это внушительная сумма. Кроме того, обсуждается конструкция централизации государственного спроса на аппаратную часть, ведь сегодня министерства сами закупают компьютеры, телекоммуникационное оборудование, и эффективность расходования средств под большим вопросом. Ситуация на рынке меняется очень быстро, мы занимаемся переформатированием линейки инструментов поддержки и предлагаем коллегам – представителям компаний включиться в эту работу – только совместными усилиями можно выработать максимально эффективные правила и инструменты».

Также господин Белоусов выступил с инициативой создания рабочей группы из числа разработчиков и производителей электроники, которая могла бы выработать свои предложения по увеличению ввозных пошлин на элек-

Константин Носов

тронику: «Никаких барьеров механизма изменения ввозных пошлин не существует, но поймите: инициатива должна исходить от бизнеса, всё в ваших руках. В крайнем случае, если будет острая необходимость, можно ввести временные пошлины на уровне России».

Производители согласились, отметив, что важно настроить таможенное регулирование таким образом, чтобы производить в России было действительно выгоднее, чем импортировать готовую продукцию из-за рубежа.

Механизмы есть, но ими нужно пользоваться

Прежде чем говорить о завоевании позиций на мировом рынке, необходимо понять: с чем будем выходить на экспорт. Управляющий директор по нефинансовой поддержке Российского экспортного центра Константин Евстюхин упомянул о значительном потенциале экспорта российских программно-аппаратных комплексов: «Не секрет, что в мире идёт активная автоматизация производств. Перспективными для России могли бы стать рынки, которые сейчас растут темпами выше общемировых, но ещё не насыщены передовыми западными технологиями – Юго-Восточная Азия, Северная Африка, Латинская Америка. При этом, считаю, правильнее выходить не с отдельными, а с комплексными предложениями под крупные заказы, тендеры, организуемые в этих странах. В Индии, например, активно развивается государственная программа Smart City с приличным для страны объёмом инвестиций: государство и частный бизнес вкладывают по 15 млрд. Здесь российские компетенции пришлись бы весьма кстати, поскольку превышают компетенции индийских коллег. Другой пример – проект на $70 млн по автоматизации городского транспорта в Мьянме (Вьетнам). Российские компании участвуют в нём, формируя запрос под объявленный тендер. Крупный государственный проект с объёмом инвестиций в $50 млн на поставку систем безопасности и секьюритизации государственных органов власти реализуется в Аргентине, отечественные компании участвуют там и надеются выиграть тендер.

По мнению Константина Евстюхина, государством созданы все необходимые механизмы поддержки экспорта. В нынешнем году особую поддержку получил несырьевой экспорт: «Экспорт промышленности, электроники полностью подпадает под все эти меры и специальные проекты поддержки: это и защита товарных знаков за рубежом, и защита прав на интеллектуальную деятельность, и вопросы поддержки сертификации и экспортных НИОКР, и логистики доставки, и экспортное кредитование с конкурентными ставками – так давайте всем этим пользоваться. Не стоит забывать: технологии, которые сейчас предлагаются в мире, по определению должны быть качественными и конкурентоспособными. Кроме того, наблюдается конкуренция мер поддержки, и наше государство, на мой взгляд, движется в авангарде этих мер и предложений. Применяя на практике имеющиеся инструменты, мы сможем достичь цели в 3% объёма мирового рынка в течение десяти лет».

Василий Бровко добавил: «У тех же IT-компаний есть множество продуктов, которые могут быть востребованы за рубежом. Другое дело, что отдельная российская компания часто не может выйти на иностранные рынки, поскольку они не всегда прозрачны, соответственно, не совсем понятны правила игры. Кроме того, транзакционные издержки выхода на международный рынок превышают добавленную стоимость, получаемую на этих рынках».

Андрей Белоусов прокомментировал: «Хотелось бы понять: куда вы планируете экспортировать? На Европу рассчитывать не стоит – там всё забито дешёвой китайской и корейской электроникой, в обозримом будущем двигаться туда точно нет смысла. Да, есть азиатские рынки, но они устроены по-другому: в Азии все страны связаны друг с другом преференциальными соглашениями, и там вообще таможенные пошлины не работают. Допустим, решим продавать электронику на индийском рынке, но поскольку Индия и Южная Корея заключили преференциальное соглашение в части электроники, нас не пустят на рынок, если мы не предложим более выгодные условия, в том числе, касательно пошлин. Так что, прежде чем строить наполеоновские планы относительно экспорта, определитесь, чего вы хотите. Тогда и мы будем понимать, в какой трансформации нуждается регуляторная база, и с чего следует начать».

А вот по мнению Олега Бочарова, чтобы запустить на внешний рынок действительно успешный и интересный продукт, нужно для начала развить внутреннюю конкуренцию, и здесь, конечно, придётся потрудиться всем: разработчикам, производителям и государству.

Инструменты и парадоксы

Существующие меры государственной поддержки оценил заместитель генерального директора АО «Связь инжиниринг» Владимир Хлебников:

«В прошлом году вышло Постановление Правительства №925, в котором говорится о приоритете товаров российского происхождения по отношению к товарам иностранного происхождения, и неплохом преимуществе в 15% на государственных тендерах. Документ действительно полезный, но в нём нет главного – пояснения, что подразумевается под формулировкой «товар российского происхождения». Следуя логике, видимо, нужно обратиться к вышедшему годом ранее Постановлению Правительства №719 о критериях отнесения промышленной продукции к продукции, не имеющей аналогов, а также приказу Министерства промышленности и торговли РФ №3568 о порядке подтверждения статуса производства промышленных товаров на территории РФ. По сути, Постановление №719 даёт возможность, попав в приложение к нему, то есть в перечень промышленной продукции, которая соответствует требованиям, предъявляемым к промышленной продукции, произведённой на территории РФ, получить определённый протекционизм на внутреннем рынке. Однако прежде предстоит пройти определённые процедуры, например, получить акт экспертизы в региональной Торгово-промышленной палате. После двух лет действия данного Постановления, в него попали всего четыре группы промышленных товаров из раздела радиоэлектроники: светодиодные светильники, продукция ГЛОНАСС, микросхемы и ряд узкоспециализированных приборов. Хочу призвать отрасль активнее пользоваться этим механизмом, тем более, Минпромторг довольно оперативно обрабатывает поступающие обращения».

Упомянул эксперт и о другой стороне медали, которая не является тайной: «Нередко иностранные компании идут по такому же пути и, получив акт экспертизы от ТПП, заявляют, что их продукция соответствует критериям Постановления №719, хотя на самом деле в лучшем случае они всего лишь переклеивают наклейки. Так что этот механизм, безусловно, требует доработки».

Ещё один, казалось бы, вполне рабочий, но мало востребованный инструмент – Постановление Правительства №968 об ограничениях и условиях допуска отдельных видов радиоэлектронной продукции, происходящих из иностранных государств, для целей осуществления закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд. В отрасли этот документ называют «третий лишний», поскольку в нём указывается перечень продукции, по которому если на конкурс выходят два отечественных производителя и доказывают свою принадлежность к российскому рынку, третий участник иностранного происхождения просто выбывает. Ещё один плюс в пользу данного механизма – этот перечень не является окончательным, по мере необходимости его можно дополнять.

Генеральный директор АО «Ангстрем» Константин Носов согласился, что государство не игнорирует электронику: уже вышло более 17 постановлений Правительства РФ с мерами поддержки отраслевых предприятий, более 5 постановлений, устанавливающих преференции для отечественных производителей радиоэлектронной продукции, запущено свыше 20 программ поддержки экспорта, утверждены критерии отнесения отечественной продукции к интегральным схемам первого и второго уровня. В чём же тогда проблема импортозамещения в отрасли микроэлектроники?

«Парадоксально: иногда мы поставляем некоторые продукты на мировой рынок, но на собственный, российский, пробиться не можем, – недоумевает господин Носов. – Взять, к примеру, ситуацию с отсутствием локализации микроэлектроники для светодиодных светильников. Проблема в том, что заказчики не осуществляют напрямую покупку микроэлектронных изделий, они приобретают уже конечное изделие. Хотя задачу по повышению уровня локализации должно решать Постановление Правительства РФ от 17 июля 2015 года №719, оно не предъявляет требования по применению интегральных микросхем. В результате в драйвере светодиодной лампы 0% российских электронных компонентов. Соответственно, компании гораздо легче зарегистрировать и открыть российский офис, фактически скопировать зарубежный аналог, привезти иностранные компоненты – пошлины на них нулевые, и продукт будет считаться российским. Неудивительно, что в проигрыше все: производители микроэлектроники – потому, что потенциальные клиенты не заинтересованы покупать отечественные продукты; а у тех, кто создаёт эти драйверы, нет стимула придумывать что-то своё, когда можно скопировать чужое решение».

Иван Покровский

Есть и позитивные примеры: 22 июня подписано Постановление Правительства РФ №734, которое вносит некоторые изменения в 719-е постановление. В частности, в новом документе чётко прописаны требования по использованию российской элементной базы для тахографов ГЛОНАСС: таким образом, теперь появилась своего рода дорожная карта, где оговаривается, какие

Владимир Хлебников

типы элементов должны присутствовать в приборе, чтобы он считался отечественным. Российские производители микроэлектроники поддерживают такой подход.

«Вот этот продукт будет считаться отечественным, на него можно будет привлекать частные инвестиции, поскольку понятен рынок, понятны объёмы и стимулы инвестирования. Такой подход позволит нам создавать конкурентоспособный продукт для мирового рынка», – резюмировал Константин Носов.

Генеральный директор GS Nanotech Евгений Масленников убеждён: импортозамещение – не самый правильный термин для рынка электроники, как, впрочем, и импортонезависимость, поскольку ни одна страна не может максимально консолидировать на своей территории все возможные решения, хотя такие попытки, конечно, имеются.

«Если завтра введут высокие таможенные пошлины на компонентную базу, от этого пострадает вся экономика России: у нас не так много производителей компонентной базы, но огромное количество производителей количественных устройств, которые от цены и от возможности выбора страдают существенно больше. С другой стороны, закрытость рынка либо поддержка собственных производителей может решаться и через налоговые льготы – те же налоговые льготы, которые были предоставлены в IT-структуре, не повредили бы и производителям микроэлектроники внутри страны», – отметил спикер.

Договориться «на берегу»

Выслушав комментарии представителей отрасли, Олег Бочаров резонно заметил: не помешало бы определиться «на берегу», на что будут делать ставку отечественные компании: на дешёвое и массовое или дорогое и серийное производство? Исходя из этого, государство определится, какие меры поддержки сейчас нужны.

«Если вы будете локализовать дешёвое и массовое, потом не говорите, что не можете найти спрос на свои заводские мощности. Это очень важная развилка, и от того, по какому пути мы пойдём, в какой сектор будем вкладываться, зависит ваше положение на рынке в будущем, ведь выбрав неправильное направление, можно остаться за бортом, – говорит господин Бочаров. – Мы готовы создать систему поддержки научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ, но для начала хотим понять: есть ли рынок и заказчики на эти разработки, и только после этого готовы нанизать на конкретный заказ все меры государственной поддержки».

Однако представители отрасли не согласились, заявив, что противопоставлять массовую продукцию серийной дорогой некорректно. По их мнению, следует придерживаться Т-образного подхода, когда массовое и дешёвое – это горизонталь, которая покрывает всю отрасль и необходима для поддержки, стыковки с рынком. Это позволит замкнуть на Россию множество каналов поставок разных технологий со всего мира. Вертикаль же предполагает концентрацию на узких направлениях, в которых отечественные производители ожидают прорыва. Причём выбирать эти направления нужно не случайным образом, а с опорой на отечественную научную школу, на быстро растущий спрос на формирующихся рынках, плюс – на поддержку государства.

Проигрываем Китаю

О ситуации на российском рынке телекоммуникационного оборудования рассказал директор московского представительства ООО «Предприятие «Элтекс» Георгий Ромский. Он отметил, что объём отечественного рынка телекоммуникационного оборудования в настоящее время оценивается приблизительно в 150 млрд рублей в год, но только 6–8% в этом объёме занимают российские компании, которые производят оборудование на территории нашей страны. При этом выходит, что отечественные производители конкурируют не между собой, а с зарубежными, в основном китайскими, производителями ТКО.

«В законе о промышленной политике чётко сказано, что необходимо создавать равные конкурентные условия, которые имеют производители в России и зарубежных странах. Пока этого не наблюдаем. Основная проблема в том, что себестоимость производства телекоммуникационного оборудования в России превышает тот же показатель в Китае на 15–21%. При этом себестоимость самих производственных процессов практически такая же – мы используем те же производственные автоматические линии, но проигрываем из-за налогов и таможенных пошлин. Кроме того, для нас дороже

стоимость комплектации. Это стимулирует многих российских производителей размещать производства в Китае. Мы неоднократно обращались в Минэкономразвития с просьбой сделать нам такие же условия, какие, допустим, имеет Huawei в Китае – примерно такие же налоги, сборы, преференции, но до сих пор получали развёрнутые ответы – что работает в Китае или Казахстане, не работает в России. Часто регуляторы ссылались на требования ВТО, но сейчас позиция меняется, и мы готовы вместе с Ассоциацией включиться в эту работу и ещё раз вернуться к данному вопросу. Тем не менее, ощущаем значительную государственную поддержку от Минпромторга. Основная часть нашей продукции имеет статус российского происхождения, мы получили хорошую финансовую поддержку на совместные работы по НИОКР, рассматриваем вопросы по расширению производства».

По мнению спикера, чтобы создать равные конкурентные условия на рынке, необходимо предпринять всего пять мер. Во-первых, полагает он, нужно уравнять себестоимость производства в России и Китае, используя таможенно-тарифное регулирование. Во-вторых, обнулить таможенные пошлины на электронные компоненты, аналоги которых не производятся в России. В-третьих, ослабить демпинговые процессы на рынке, усилив контроль за НДС при ввозе готового зарубежного оборудования. Четвёртым шагом должно стать создание работающей системы преференций для применения российских продуктов в органах государственной власти, госучреждениях и компаниях с государственным участием, а пятым – предложение операторам и крупным государственным заказчикам реальных мер государственной поддержки, которые будут стимулировать их приобретать оборудование российского происхождения.

Ряд предложений относительно корректировки мер регулирования также внесла директор по логистике TPV CIS «Ти Пи Ви Си-Ай-Эс» Мария Савельева. По её мнению, прежде всего, стоит значительно увеличить ввозные пошлины на готовую продукцию – между комплектующими и готовой продукцией должен быть разрыв в 10–15%. При этом производимая на территории России продукция должна быть в розничной дешевле ввозимой при одинаковом качестве.

Не остался в стороне от дискуссии директор Департамента развития высоких технологий Министерства связи и массовых коммуникаций РФ Салават Мигранов, проанализировавший ситуацию со стороны государственного заказчика. По его словам, усилия Минкомсвязи, координирующего выполнение плана гарантированных закупок в стране, сейчас сосредоточены на двух аспектах: использовании отечественных чипов в разных сферах документооборота (паспортах нового образца, электронном полисе ОМС, водительских правах и радиочастотных метках), а также на развитие инфраструктуры – без этого аспекта все остальные усилия сводятся на нет.

«В части развития инфраструктуры мы ориентируемся на развитие и применение универсальных решений. С этим связан ряд сложностей: дело в том, что в России каждый орган власти ориентируется на какие-то свои решения, свою идеологию, свои системы, которые не всегда учитывают и используют наработанный опыт. В этой части мы хотели бы, чтобы нас больше поддерживали министерства и ведомства, которые выступают заказчиками – прилагаем для этого определённые усилия, поскольку на стороне Минкомсвязи имеются такие решения. Например, наше ведомство – единственное в стране, которое реализовало информационную систему полностью на отечественной процессорной архитектуре, на микропроцессорах «Эльбрус-4С». Я считаю, переход государства на универсальные российские решения мог бы ощутимо повлиять на увеличение объёмов производства на отечественных предприятиях».

Коснулись в ходе конференции и вопроса технического регулирования.

«С техническим регулированием всё просто: оно должно заработать, – комментирует Иван Покровский. – Могу привести пример технического регулирования на импорт электронных компонентов – комплектующих, которые не имеют самостоятельного применения, то есть никакого отношения к безопасности человека они также не могут иметь. Каждому разработчику электронной продукции конечных устройств приходится сертифицировать эти комплектующие, но по факту данная процедура превращена в абсолютный фарс, в профанацию. Когда мы на уровне компонентов понимаем, что это фарс и профанация, то же

Сергей Хохлов

самое распространяется на конечные изделия, которые в России производятся и проходят сертификацию по всем правилам, в то время как производителям импортной продукции, поступающей из Китая, достаточно заплатить 70 тысяч рублей за сертификат. Получив его, они могут везти продукцию в тех объёмах, в каких хотят. Только 70 тысяч рублей на комплектующие – серьёзный барьер, ведь в каждом изделии этих комплектующих сотни и тысячи, и чтобы получить сертификат на каждый компонент, нужно быть готовым выложить такую сумму. Коллеги, нам необходимо включить техническое регулирование. В принципе, технические регламенты написаны неплохо, но много проблем процедурного характера. От лица Ассоциации мы начали работать с ВТС, Евразийской комиссией, но пока не могу сказать, что нас слышат, а всё-таки хотелось бы получить поддержку».

В ответ Андрей Белоусов пообещал разобраться, что происходит сейчас с техническим регулированием в области электроники, заметив: без помощи АРПЭ здесь не обойтись, и призвал Ассоциацию активно участвовать во всех отраслевых процессах, донося до регулятора позицию профессионального сообщества.

Материал подготовила Елена Восканян.

Фотографии с конференции «Российская электроника. Поиск новых точек роста» смотрите на сайте www.soel.ru в разделе Фотоотчёты.

Получение топологии на подложках из керамики с использованием лазера

Юрий Непочатов (nuk3d@mail.ru), **Дмитрий Вайман, Ирина Князева, Светлана Кумачёва, Анастасия Денисова, Иван Красный** (г. Новосибирск)

В статье представлены результаты исследований по разработке технологии получения рисунков схем с толстым слоем меди на диэлектрических подложках из различных керамических материалов с использованием излучения твердотельного лазера технологической установки МЛ1-1, работающего на длине волны 1,064 мкм. Изложены примеры практической реализации конкретного топологического рисунка платы силового модуля, приведены режимы обработки подложек из оксида и нитрида алюминия, карбида и нитрида кремния. Разработанная технология получения рисунков схем позволяет исключить ряд трудоёмких операций, упростить технологический процесс и сократить длительность рабочего цикла изготовления платы.

Введение

Современный этап развития радиоэлектроники связан со значительным усложнением требований и задач, решение которых возможно за счёт широкого применения гибридных интегральных микросхем (ГИС). В микроэлектронике используются два основных вида ГИС: толстоплёночные и тонкоплёночные. Тонкоплёночные ГИС создаются на диэлектрической подложке путём послойного вакуумного напыления различных материалов с одновременным формированием из них микроэлементов и их соединений, а толстоплёночные ГИС – путём нанесения проводящих, резистивных и диэлектрических паст через трафарет и последующего вжигания.

При изготовлении ГИС по тонкоплёночной технологии для токопроводящих линий, с помощью которых соединяются плёночные элементы микросхемы, и контактных площадок для подсоединения навесных элементов применяют различные металлы, имеющие высокую электропроводность: алюминий, медь, серебро, золото и их сплавы. При этом металлы должны быть устойчивы к химическим и термическим воздействиям и иметь хорошую адгезию к подложке, для обеспечения которой используют, как правило, металлические подслои из хрома, ванадия и титана. Для нанесения тонких плёнок на подложку применяют различные методы: катодное распыление; магнетронное и электронно-лучевое напыления; химическое осаждение и электролитическое анодирование.

При производстве ГИС основой для формирования пассивных элементов схемы служит подложка, как правило, из ситалла или керамики, на которую наносятся металлизационные покрытия по тонко- или толстоплёночной технологии. При изготовлении изделий микроэлектроники одной из задач является получение рисунков на тонких или толстых плёнках, нанесённых на диэлектрические подложки из различных материалов. Основным методом при получении тонкоплёночных рисунков ГИС является метод фотолитографии. Этот метод удовлетворяет требованиям микроэлектроники, однако он требует громоздкого дорогостоящего оборудования. Кроме того, фотолитографический процесс – весьма длительный, многоступенчатый и сложный и включает в себя изготовление комплекта фотошаблонов с рисунками послойной топологии ГИС.

Другим методом при получении рисунков ГИС на толстых плёнках является трафаретная печать, при которой пассивные элементы получают за счёт продавливания резиновым ракелем пасты через открытые участки сетчатого трафарета, составляющие рисунок соответствующей конфигурации. Процесс изготовления трафаретов достаточно трудоёмок, кроме того, они быстро выходят из строя во время эксплуатации.

За последние годы большое развитие получили технологические процессы, основанные на локальном нагреве обрабатываемых материалов излучением лазера. Локальное воздействие излучения лазера на микроучастки подложек и придание им свойств, соответствующих функциям диэлектриков, проводников и их соединений, открывают более широкие возможности для создания ГИС. Кроме того, использование лазеров представляет большой интерес в связи с принципиальной возможностью значительно упростить и сократить технологический цикл изготовления рисунков ГИС.

Для получения рисунков с помощью лазерного излучения применяются различные методы. Наиболее широко используется метод прямого испарения плёнки по заданному контуру на однослойных покрытиях при изготовлении металлизированных фотошаблонов для фотолитографии и на плёнке алюминия, нанесённой на ситалловую подложку [1].

В основу получения рисунка могут быть положены химические реакции, активируемые нагревом с помощью лазерного излучения, в частности реакции окисления металла при нагревании в окислительной атмосфере. Так, в результате локального нагрева поверхности плёнки хрома в атмосфере кислорода и на воздухе, в облучённых местах хром окислялся до Cr_2O_3, при этом получалось скрытое изображение рисунка. Для проявления скрытого изображения плёнка травилась в концентрированной соляной кислоте с алюминиевым катализатором, соляная кислота растворяла участки с хромом и не действовала на Cr_2O_3. В результате покрытие оставалось лишь на облучённых местах, образовав топологический рисунок. Подобное действие было обнаружено и на других металлах и сплавах, например, пермаллое (Fe–Ni–Co) и соединениях типа керметов (Cr–SiO). В этих случаях для получения рисунков на металлических плёнках использовались маскирующие свойства их окислов, т.е. способность выполнять роль своего рода защитной маски при травлении металлов [1].

В патенте [2] предложен способ лазерной металлизации керамики, в частно-

сти диэлектрической подложки, включающий обработку лазерным лучом поверхности подложки, изготовленной из диэлектрика, в котором используются бораты меди CuB_2O_4 и $Cu_3B_2O_6$ в монокристаллическом состоянии и стекло состава $CuO–B_2O_3$. Диэлектрическую подложку обрабатывают лазерным излучением в атмосфере продуктов сгорания углеводородов, при этом размер области металлизации диэлектрической подложки задают размером пятна лазерного излучения, а толщину слоя меди регулируют мощностью и продолжительностью воздействия лазерного излучения. Данный метод упрощает технологический процесс металлизации керамики, позволяет получать на диэлектрике проводящий слой меди высокой химической чистоты, а также увеличить плотность и прочность сцепления медного покрытия с подложкой.

Другой способ лазерной металлизации керамических подложек из оксида алюминия [3] заключается в активации поверхности оксида алюминия воздействием мощного ИК-излучения и последующем осаждении на эту поверхность тонкого слоя металла, который, в свою очередь, является основой для электрохимического осаждения основного слоя металла.

Имеется аналогичный метод прямой локальной металлизации поверхности подложек при воздействии лазерного излучения, но только уже из нитрида алюминия [4]. Металлизация осуществляется за счёт спинодального распада нитрида алюминия с образованием на поверхности слоя металлического алюминия.

На этом же принципе основан и способ лазерной металлизации керамических подложек из нитрида алюминия, включающий полировку поверхности керамической подложки, изготовление проводящих полосок заданной топологии на керамической подложке и нанесение защитного слоя металла на проводящие полоски [5]. Основным недостатком данного способа является невозможность сплошного нанесения защитного слоя на металлизируемые участки топологического рисунка из-за того, что в случае химического и гальванического осаждения металл осаждается только лишь на отдельных полосках, где была произведена обработка лазером. При химическом способе никель осядет на полосках, но не осядет на промежутках между ними. Для сплошного покрытия всего металлизируемого рисунка потребуется активация поверхности между полосками хлористым палладием или хлористым оловом. При гальваническом методе осаждения никель покроет только ту полоску, с которой имеется гальванический контакт, а остальные будут не покрыты.

Постановка задачи

Целью данной работы является упрощение конструкции и способа изготовления металлизации керамики электронного силового модуля, снижение трудоёмкости при сохранении разрешающей способности формирования топологического рисунка на уровне точности фотолитографического метода.

Для разработки технологии использовались подложки, выполненные из керамик на основе оксида алюминия (Al_2O_3), нитрида алюминия (AlN), карбида кремния (SiC) и нитрида кремния (Si_3N_4).

Методика исследований

Разработка технологических режимов получения микроканалов (треков) проводилась на образцах различных керамических пластин размерами 30 × 29 × 1 мм с помощью лазерного излучения. В качестве рабочего инструмента для металлизации керамики использовался твердотельный лазер технологической установки МЛ1-1, работающий на длине волны 1,064 мкм.

На рисунке 1 показана схема воздействия мощного сфокусированного лазерного излучения на поверхность областей металлизации топологического рисунка керамической пластины, приводящего к испарению керамики и её тепловому химическому разложению в окрестности фокуса лазерного луча с образованием микроканалов (треков), стенки которых покрыты плёнкой металлического алюминия. При включении пускового устройства лазера 1 (см. рис. 1) электрическая энергия, запасённая в батарее конденсаторов установки, преобразовывается в световую энергию. Системой оптических линз 2 установки МЛ1-1 луч 3 фокусируется на поверхности обрабатываемой керамической подложки 4, которая закрепляется на координатном столике технологической установки МЛ1-1 и в импульсном режиме локально подвергается воздействию остро сфокусированного лазерного луча 3.

Энергия светового импульса лазера выделяется в миллионные доли секунды и сосредотачивается в луче диаметром около 0,01 мм. Диаметр светового лазерного луча 3 в фокусе составляет всего несколько микрометров, что обеспечивает температуру около 6000…8000°C. Так как керамические материалы являются непрозрачными для лазерного излучения с длиной волны 1,064 мкм, то выделение тепла при лазерном нагреве носит поверхностный характер. В результате воздействия светового импульса лазера 1 поверхностный слой материала керамической подложки 4, находящийся в фокусе луча 3, мгновенно расплавляется и испаряется, при этом часть материала 5 керамической подложки 4 выбрасывается в направлениях 6 вокруг пятна луча 3. На поверхности керамической подложки 4 образуется лунка (кратер) 7, которая имеет клинообразную форму, диаметром вверху, в месте входа луча лазера, порядка

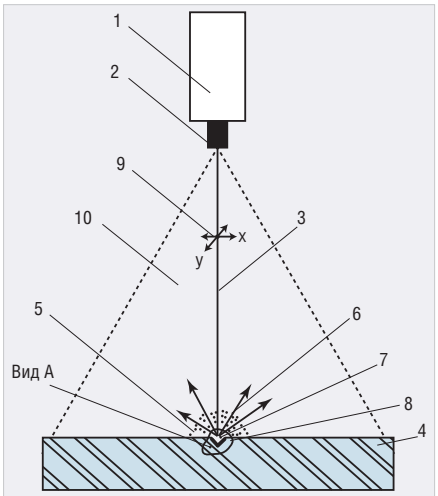


Рис. 1. Схема воздействия мощного сфокусированного лазерного излучения на поверхность областей металлизации топологического рисунка керамической пластины

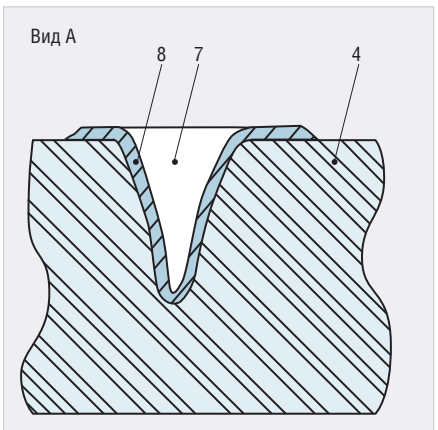


Рис. 2. Вид лунки (кратера) в поперечном сечении после воздействия на неё лазерного излучения

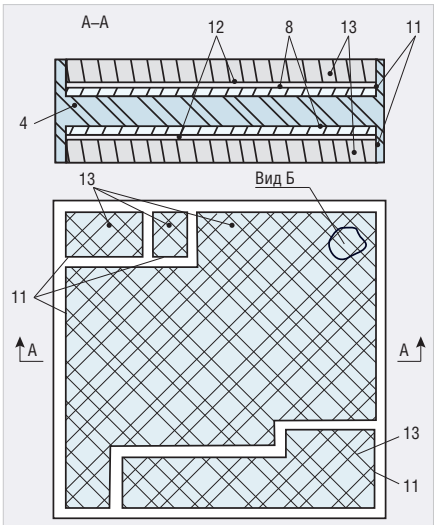


Рис. 3. Области металлизации топологического рисунка керамической пластины (А–А – вид сверху) и керамическая пластина с адгезионным слоем из алюминия и никеля и слоем меди (вид Б – в сечении)

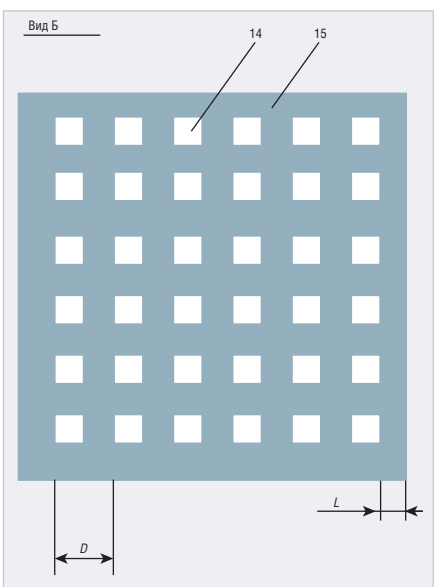


Рис. 4. Поверхностная структура керамической пластины после воздействия на неё лазерного излучения в виде периодической решётки из взаимно пересекающихся треков

120 мкм и глубиной 170 мкм. При этом за счёт сублимации материала алюмонитридной подложки 4 под лучом 3 и появления летучих продуктов происходит разложение нитрида алюминия с выделением полиморфных фаз алюминия на поверхности лунки 7 (см. рис. 2, вид А) и тем самым осуществляется локальное формирование проводящего материала, обогащённого атомами металла. Особенностью обработки алюмонитридной подложки является то, что этот материал под воздействием лазерного излучения плавится при температуре 2273 К и разлагается на алюминий и газообразный азот в результате протекания химической реакции по формуле:

$$2AlN \leftrightarrow 2Al + N_2.$$

После окончания реакции на стенках лунки 7 формируется проводящая плёнка алюминия 8 толщиной несколько сотен нанометров.

Обработка будущих областей металлизации топологического рисунка на поверхности керамической подложки 4 осуществляется посредством автоматического перемещения линейно-шаговым приводом координатного столика технологической установки МЛ1-1 в горизонтальной плоскости 9 по координатам X, Y относительно лазерного луча. Перемещение объектива лазерной системы по вертикальной оси (Z) обеспечивает автоматическое поддержание положения фокуса излучения. Линейно-шаговый привод с обратной связью обеспечивает высокую точность обработки при скорости линейных перемещений до 400 мм/с с неравномерностью скорости не более 5%. Перемещение элементов линейно-шагового привода осуществляется на воздушной подушке, поэтому исключает трение и обеспечивает его долговечность. Управление установкой осуществляется при помощи персонального компьютера в соответствии с рабочей программой с использованием графического редактора AUTOCAD. Система управления автоматически производит выбор оптимального алгоритма движения привода и управления акустооптическим затвором лазера в зависимости от толщины обрабатываемой подложки, формы и размеров контура лазерной обработки. Изображение обрабатываемой подложки посредством телевизионной системы выводится на дисплей компьютера. Это позволяет совмещать контур будущего трека с изображением подложки. Во время лазерной обработки на дисплее компьютера отображаются текущие режимы и технологическая модель процесса обработки.

При лазерной обработке поверхности керамической подложки 4 в горизонтальной плоскости 9 относительно сфокусированного лазерного луча 3 по координатам X, Y перемещается координатный столик, что приводит к образованию решётки из взаимно перпендикулярных микроканалов (треков), состоящих из примыкающих друг к другу лунок 7. При этом расплавленный материал подложки 4 выносится за пределы лунки 7 на расстояние 200…300 мкм, а потоки расплава из соседних лунок перекрываются, и таким образом образуется микроканал (трек), боковые стенки которого имеют сплошное покрытие из тонкой плёнки алюминия 8 (см. рис. 2). Лазерная обработка областей металлизации топологического рисунка керамической подложки 4 осуществляется в пределах сектора 10, имеющего отступ 1 мм от краёв подложки. При этом сначала участки топологического рисунка обрамляются кантом 11, а затем на внутренних поверхностях участков прорезаются микроканалы (треки) во взаимно перпендикулярных направлениях (см. рис. 3).

В результате проведения процесса лазерной обработки на поверхности будущих областей металлизации на подложке (см. рис. 3) получаются рельефные структуры с субмикронными размерами в виде выступов 14 и впадин 15, входящих в состав периодической решётки (см. рис. 4, вид Б) из микроканалов (треков), ширина (L) которых составляет 110...120 мкм, глубина (h) 170...180 мкм, а отношение h/L = 1,5.

Поверхностная структура керамической пластины в виде периодической решётки из взаимно пересекающихся треков после воздействия на неё лазерного излучения представлена

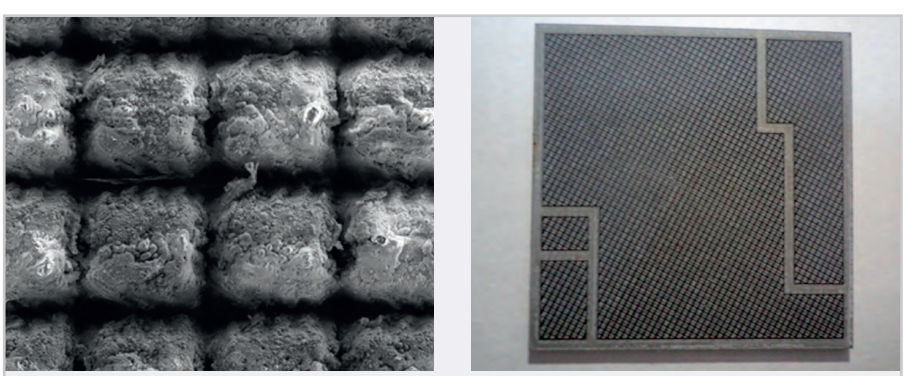


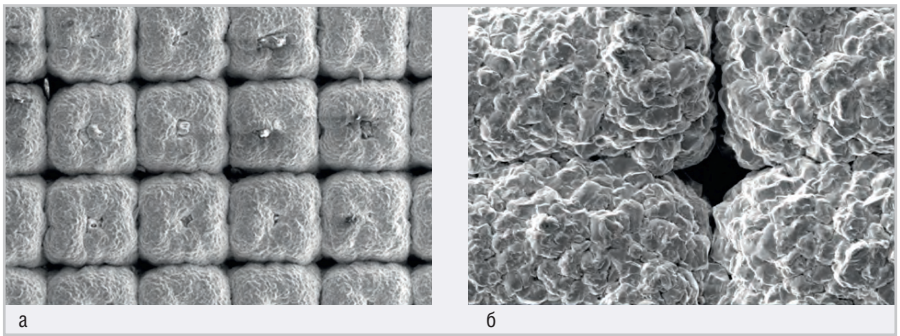
Рис. 5. Микрофото керамической подложки после лазерной обработки: а) вид участка поверхности подложки при увеличении ×130; б) вид сверху всей поверхности подложки при увеличении ×4

на рисунке 5а. Лазерное структурирование поверхности подложки, по сути, является лазерной микрогравировкой. Структура поверхности подложки после лазерной обработки представляет собой окантованные участки, составляющие топологический рисунок платы силового модуля, изрезанные взаимно перпендикулярными треками, образующими периодическую решётку с шагом D = 150...600 мкм (см. рис. 4).

После лазерной обработки осуществлялись очистка и гальваническое осаждение на плёнку алюминия 8 слоёв никеля 12 и меди 13 (см. рис. 3). Окантованные области металлизации со сформированной рельефной структурой из взаимно перпендикулярных треков соединялись между собой с помощью игольчатой гребёнки для обеспечения гальванического контакта. Очистка перед покрытием проводилась в щелочном растворе NaOH – 10 г/л, при температуре обработки 65...85°С в течение 5...10 мин. После промывки в деионизированной воде в течение 0,5...1 мин и декапирования в смеси из плавиковой кислоты (HF) и азотной кислоты (HNO_3) при соотношении частей 1:3 осуществлялось покрытие подложек с нанесёнными треками сначала в никелевом электролите при плотности тока 2 А/дм^2 в течение 12 мин, а затем после промывки в деионизированной воде (0,5...1 мин) осаждалась гальваническая медь толщиной 40...50 мкм при плотности тока 1 А/дм^2 в течение 30 мин. Гальваническое нанесение на стенки глубоких рельефных треков обеспечивалось за счёт имеющейся плёнки алюминия, а на вершине трека, где отсутствует металлическое покрытие, дальнейшая гальваническая металлизация поверхности выступа осуществлялась при минимальном его размере за счёт электромиграции меди и последующего срастания между собой внутренних сторон смежных треков, покрытых алюминием. Чтобы провести металлизацию узкого и глубокого трека, осаждение покрытий проводилось для различных размеров выступов и впадин, обусловленных величиной шага D периодической решётки в диапазоне 150…600 мкм.

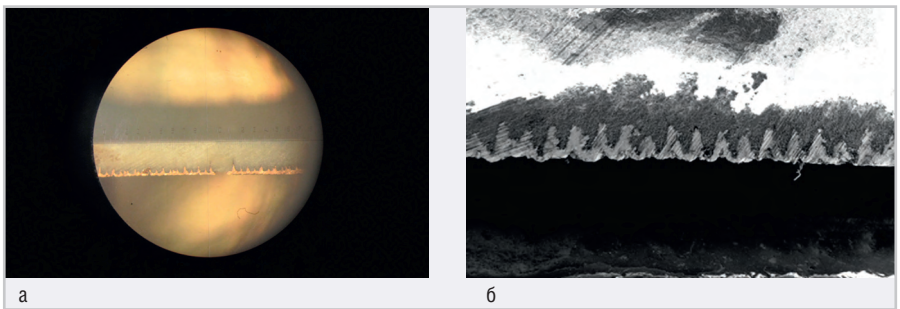
Эффект заращивания вершин выступов при гальваническом осаждении адгезионного слоя никеля и проводящего слоя меди на подложке иллюстрируется на рисунке 6.

Аналогичным образом осуществлялось изготовление металлизированных керамических подложек из карбида и нитрида кремния.



а б

Рис. 6. Микрофото керамической подложки после гальванического покрытия медью: а) вид при увеличении ×100; б) вид при увеличении ×400



а б

Рис. 7. Микрофото поперечной структуры лазерных микроканалов (треков), заполненных медью: а) выполненное с помощью оптического микроскопа при увеличении ×10; б) выполненное с помощью электронного микроскопа при увеличении ×50

При изготовлении металлизированной керамической пластины из оксида алюминия (Al_2O_3) размером 29 × 30 мм и толщиной 1,0 мм на неё предварительно осаждали слой нитрида алюминия способом, основанным на распылении алюминия в атмосфере азота с помощью вакуумно-дугового разряда и осаждении плёнки на подложку, описанном в [6].

Исследования поперечной структуры лазерных микроканалов (треков), заполненных медью, выполненное с помощью оптического микроскопа при увеличении ×10 и электронного микроскопа при увеличении ×50, показало, что при осаждении гальванической меди толщиной 40…50 мкм происходило срастание между собой внутренних сторон смежных треков, покрытых алюминием для размеров выступов и впадин периодической решётки в диапазоне 150… 600 мкм (см. рис. 7). Это позволило получить керамическую подложку с топологическим рисунком, покрытым медным слоем толщиной 40…50 мкм (см. рис. 8). Измерение адгезии методом прямого отрыва фрагментов плат силовых модулей с припаянными мягким припоем ПСрОС 3-58 медными стержнями (см. рис. 9) показало, что усилие отрыва превышает предел прочности подложек, так как при испытании все подложки разрушались и отрыва не происходило, что свидетельствует о прочном сцеплении металлизационного покрытия с различными керамическими под-

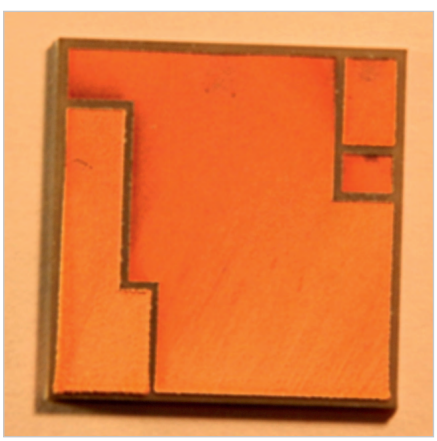


Рис. 8. Фото керамической подложки с топологическим рисунком, покрытым медным слоем толщиной 50 мкм

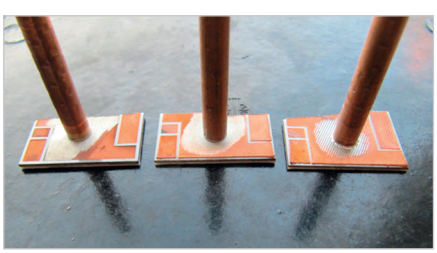


Рис. 9. Фото фрагментов плат силовых модулей с припаянными стержнями для измерения адгезии методом прямого отрыва

ложками, на поверхности которых сформирован топологический рисунок по разработанной технологии с использованием лазерного излучения.

Выводы

1. Разработанная технология изготовления топологического рисунка на поверхности различных керамических подложек с помощью лазерного излучения позволяет изготавливать подложки, металлизированные толстой медью, пригодные для использования в качестве плат для сверхвысокочастотных ГИС и для силовых модулей, а также в качестве эффективных электроизоляционных теплоотводов для мощных полупроводниковых транзисторов и светодиодов.

2. Разработанная технология получения рисунков схем позволяет исключить ряд трудоёмких операций, упростить технологический процесс и сократить длительность рабочего цикла изготовления платы.

3. Разработанная технология получения рисунков схем с толстым слоем меди на диэлектрических подложках рекомендуется к применению в случае оперативного изготовления экспериментальных образцов плат и для мелкосерийного производства.

Литература

1. *Водоватов Ф.Ф., Чельный А.А., Вейко В.П., Либенсон М.Н.* Лазеры в технологии. «Энергия». М. 1975.
2. Патент РФ 2192715, МКИ H05K3/02. Заявл. 13.07.2001, опубл. 10.11.2002.
3. *Шафеев Г.А.* Лазерная активация и металлизация диэлектриков. – Квантовая электроника. Т. 24, 12. 1997. С. 1137–1144.
4. *Смирнов С.В., Дохтуров В.В., Гаврилов А.Н.* Лазерно-стимулированные процессы в технологии ГИС СВЧ. – Электронная промышленность. 1998. № 1–2. С. 44–46.
5. Патент РФ 2206145. Способ изготовления интегральных схем СВЧ. Заявл. 11.02.2002, опубл. 10.06.2003.
6. *Спивак А.М.* Получение и исследование тонких плёнок нитрида алюминия и фотоприёмных структур на их основе. Кандидатская диссертация. 2009.

НОВОСТИ МИРА

Продление свидетельства об утверждении типа средств измерений на частотомеры Tektronix

Продлён срок действия свидетельства об утверждении типа средств измерений (Госреестр СИ РФ) на 8 моделей универсальных частотомеров Tektronix FCA3000, FCA3003, FCA3020, FCA3100, FCA3103, FCA3120, MCA3027 и MCA3040. Срок действия до 04 сентября 2022 года.

Частотомеры Tektronix серий FCA3000/3100 – это универсальные трёхканальные частотомеры с диапазонами 300 МГц, 3 и 20 ГГц.

Частотомеры Tektronix серии MCA3000 – это микроволновые частотомеры со встроенным измерителем мощности с диапазонами 27 и 40 ГГц.

Приобрести универсальные и микроволновые частотомеры Tektronix, а также получить необходимую консультацию можно у официального дистрибьютора компании Tektronix на территории РФ – ЗАО НПП «Эликс».

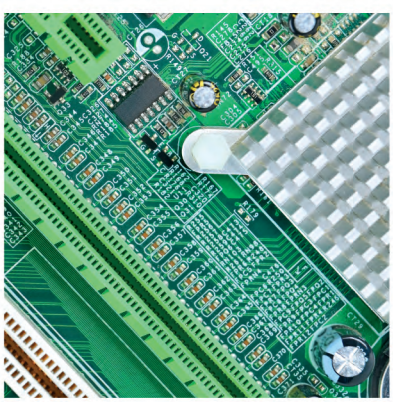
E·X·P·O ELECTRONICA

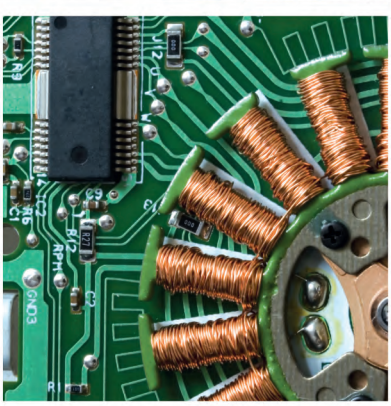
ufi Approved Event

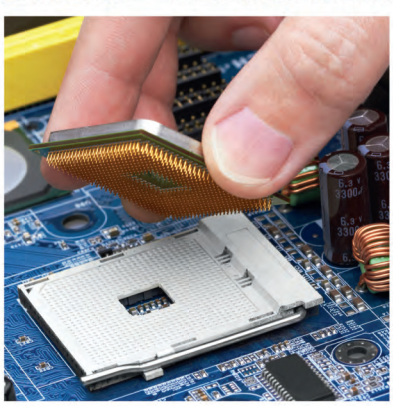
17–19 апреля 2018

Москва,
Крокус Экспо

Самая крупная в России выставка электронных компонентов, модулей и комплектующих







12+

Организатор
Группа компаний ITE
+7 (812) 380 6003/07/00
electron@primexpo.ru

Подробнее о выставке
expoelectronica.ru

Совместно с выставкой
electrontech EXPO

Реклама

НОВОСТИ МИРА

Решения для тестирования устройств с высокоскоростным интерфейсом Type-C

Компания Keysight Technologies представляет решения для тестирования устройств с высокоскоростным интерфейсом Type-C, которые обеспечивают наиболее полную проверку физического уровня на соответствие требованиям стандартов.

Keysight Technologies объявила о выпуске контроллера N7018A Type-C, который позволяет выполнять автоматизированную проверку шин USB 3.1, TBT 3 и DisplayPort через интерфейс Type-C и является ключевым компонентом измерительных систем компании Keysight.

Контроллер N7018A может подавать мощность до 100 Вт и переключать устройства в альтернативные режимы (DisplayPort и Thunderbolt).

N7018A обеспечивает полное управление тестируемым устройством, подключая линии SBU к стандартным контроллерам для тестирования альтернативных режимов и подавая низкочастотные периодические сигналы (LFPS) для управления устройствами USB3.1. Контроллер поддерживает быструю настройку и отладку, предлагая управление и доступ через линии CC, VBus и SBU интерфейса Type-C. Инженеры могут управлять контроллером через автономный графический интерфейс пользователя или через интерфейс для программирования приложений (API), встроенный в программное обеспечение Keysight для тестирования на соответствие стандартам.

Новые версии ПО Keysight для тестирования на соответствие стандартам, работающие с интегрированным контроллером N7018A:

- тестирование передатчиков USB 3.1 – U7243C;
- тестирование передатчиков DisplayPort – U7232E;
- тестирование передатчиков TBT 3 – N6470B;
- управление приёмниками в ходе тестирования через интерфейс Type-C – N5990A, опция 006;
- подача мультистандартных последовательностей – N5990A, опция 007;
- передатчики BT3 (комбинированное решение с приёмником TBT для полного тестирования TBT 3) – N5990A, опция 204.

Кроме того, полное автоматическое решение включает недавно расширенный набор инструментов N5452A для дистанционного программирования приложений для тестирования на соответствие стандартам, который позволяет теперь после однократной настройки автоматически подавать испытательные последовательности через разные программные пакеты тестирования. Пользователи могут запускать наборы тестов на соответствие нескольким стандартам с помощью одной конфигурации и не вмешиваться в их исполнение.

Дополнительная информация о контроллере N7018A Type-C приведена на странице www.keysight.com/find/N7018A.

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ
ПРОГРАММИРУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

GENESYS™ Series

5 кВт (0...600 В / 0...500 А)

LAN / USB / RS-232 / RS-485

Масштабирование до 20 кВт

TDK·Lambda

PROSOFT®

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636
INFO@PROSOFT.RU

WWW.PROSOFT.RU

Реклама

Кремниевая и арсенид-галлий-алюминиевая технология: матрица процессоров с потоковой обработкой функции расщеплённого алгоритма БПФ

Часть 5

Валерий Сведе-Швец (ooooes@mail.ru), **Владислав Сведе-Швец**, **Максим Зиновьев** (Москва)

В пятой части статьи представлено техническое описание с конструктивными решениями и электрическими характеристиками оптоэлектронных элементов с матричной организацией функциональных пикселей на основе кремниево-фотонной и арсенид-галлий-алюминиевой технологий базового ряда 3D M СБИС. Кратко рассмотрены технологические процессы изготовления матриц процессоров с потоковой обработкой функции расщеплённого алгоритма БПФ (3D M ФЭ СБИС ПФ), матриц пикселей памяти с функцией перестановки (3D M ФЭ СБИС ПП), кристаллов коммутации каналов (3D M ФЭ СБИС КК) и кристаллов маршрутизатора SPACE WIRE (3D M ФЭ СБИС SW) для создания удалённой связи по многоканальным оптическим и локальным электрическим каналам связи.

Процессор с потоковой обработкой функции БПФ

3D M ФЭ СБИС ПФ – матрица процессоров с потоковой обработкой функции расщеплённого алгоритма БПФ предназначена для вычисления БПФ с фильтром конечных импульсных характеристик и моделирования. Она входит в состав модуля 3D M ФЭФ M ПФ. Данный кристалл изготавливается по 180 нм КМОП-технологии SOI фирмы XFAB (технология XT018), аналогично 3D M ФЭ СБИС А/Ц [1].

На рисунке 32 изображена блок-схема кристалла функции расщеплённого алгоритма 3D M ФЭ СБИС ПФ.

В состав кристалла 3D M ФЭ СБИС ПФ входят:

- матрица из 64 8/16/32-битных пикселей процессоров цифровой обработки сигналов (ЦОС) с последовательным оптическим входом и выходом;
- контроллер 64-разрядной шины EMIFA для связи со скалярным процессором, например, TMS320C6455;
- контроллер внешней памяти и межпиксельный коммутатор.

Управление, синхронизация, загрузка программ, данных и коэффициентов в 3D M ФЭ СБИС ПФ осуществляются как по 64-разрядной шине EMIFA, так и по нескольким выделенным каналам волоконно-оптических линий связи. Сам кристалл СБИС ПФ обладает универсальной системой команд, позволяющей реализовывать любые вычислительные алгоритмы, но наибольшая производительность достигается за счёт алгоритмов ЦОС.

Основные блоки 3D M ФЭ СБИС ПФ

Память данных SRAMX

Память данных SRAMX состоит из двух одинаковых независимых блоков, которые можно переключать (менять местами) в любой момент времени. Пока в один блок пишутся исходные данные и одновременно считываются результаты, другой блок используется для вычислений. Потом блоки меняются местами и т.д.

Каждый блок состоит из 16 одинаковых двухпортовых 8-разрядных 512-словных банков ОЗУ. Этого достаточно для выполнения 32-битного БПФ на 1024 отсчёта или 16-битного на 2048 отсчётов.

Считывание из блока SRAMX может производиться как одновременно из 16 банков с общим адресом (в режиме NEURO), так и поочерёдно из разных банков со сквозной адресацией (в режиме FFT). В режиме NEURO, таким образом, достигается наибольшая скорость чтения исходных данных, при которой возможна непрерывная загрузка всех умножителей и сумматоров. В режиме FFT необходима более сложная адресация и меньшая скорость получения данных, что обеспечивается сквозной адресацией. Запись результатов (промежуточных и конечных) в любом режиме производится поочерёдно в разные банки SRAMX в режиме сквозной адресации. Запись и чтение одного и того же банка могут выполняться одновременно.

Устройство блока FFT4

Блок FFT4 содержит четыре блока FIR/FFT, которые состоят из 4 блоков регистров/умножителей MULT сумматоров/вычитателей.

MULT производит умножение 8 пар 8-битных слов за 8 тактов, либо 4 пар 16-битных слов за 16 тактов, либо 2 пар 32-битных слов за 32 такта. Сумматоры/вычитатели построены аналогично – могут работать с соответствующим количеством 8, 16 и 32-битных слов. Таким образом, блок FIR/FFT производит базовую операцию умножения с аккумулированием (и вычитание при необходимости), которая используется для вычисления БПФ, КИХ-фильтрации и при моделировании нейронных сетей.

Все блоки MULT в пикселе соединены таким образом (несмотря на иерархию блоков), что при вычислении КИХ-фильтра данные побитно сдвигаются от оптического входа. По мере поступления с оптического входа входных отсчётов эти отсчёты сдвигаются вглубь по цепочке умножителей, то есть блоки MULT совмещают в себе функции как умножения, так и задержки, необходимой при вычислении КИХ-фильтра.

При суммировании результатов работы блоков FIR/FFT поочерёдно (каждый такт) открываются ключи TRIF0 – TRIF7 и на сумматоре SUMF происходит накопление суммы.

Блок управляющих регистров

Система управления пикселом состоит из машины состояний, выполняющей микрокоманды, и регистров (фак-

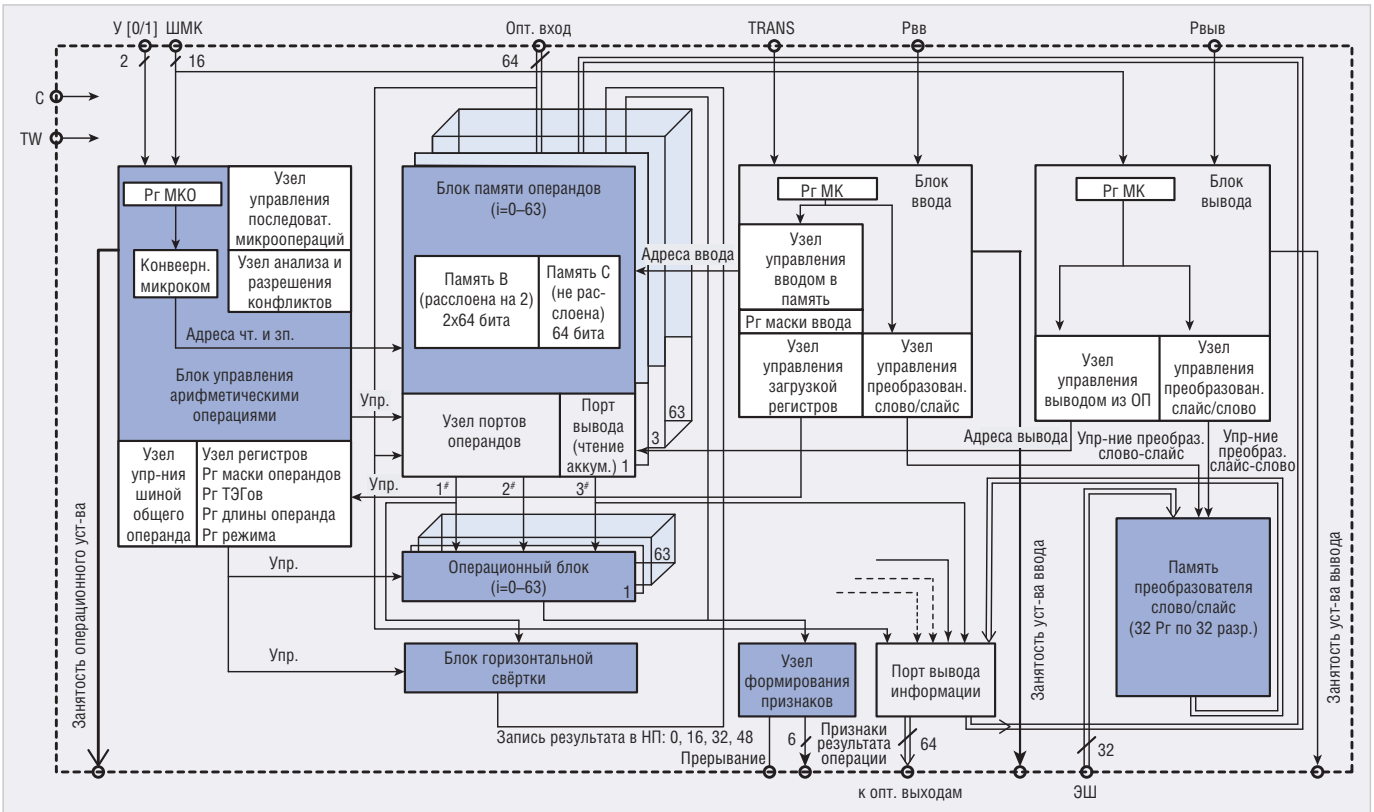


Рис. 32. Блок-схема 3D M ФЭ СБИС ПФ

тически, реализован микроконтроллер общего назначения).

Во время действия сигнала остановки машины возможна загрузка микропрограмм. По окончании сигнала остановки все машины состояний переходят на исполнение по адресу 0. Сигнал остановки формируется управляющими командами по шине EMIFA или по оптическому тракту, загрузка микрокода предполагается возможной по этим же каналам.

Все микрокоманды выполняются за один такт. Это необходимо для возможности генерации потактовой последовательности сигналов управления для вычислительного поля.

Для записи управляющих регистров существует отдельная машина состояний, исполняющая свой микрокод.

Каждый управляющий регистр имеет соответствующий теневой регистр. Запись управляющего регистра осуществляется в два этапа.

Последовательность микрокоманд производит запись в один, несколько или все теневые регистры.

Одна микрокоманда производит одновременную запись содержимого теневых регистров в соответствующие управляющие регистры. Возможна запись не всех сразу регистров управления, а поблочная. Например, возможно записать регистры группы RegXADDR_ AOUTx при этом не изменяя содержимое остальных.

Система управления пикселом

При каскадировании нескольких пикселей в пределах одной СБИС возможно вычисление БПФ до 8192 точек в темпе поступления входных данных.

Производительность одного пикселя при тактовой частоте 640 МГц составляет:

- БПФ 8 бит 1024 комплексных отсчёта выполняется за 26 мкс.

Суммарная производительность 3D M ФЭ СБИС ПФ при тактовой частоте 640 МГц составляет:

- более 5,5 млн 8-битных комплексных БПФ на 1024 отсчёта в секунду;
- более 1,28 трлн связей в секунду при моделировании нейросетей.

Таким образом, при передаче данных по многоканальным оптическим и локальным электрическим каналам связи единичный пиксель 3D M ФЭ СБИС ПФ выполняет следующие функции:

1. Реализует разнообразные алгоритмы цифровой обработки сигналов, содержащих операции сложения, вычитания, умножения, сдвигов, логические операции.
2. Реализует вычисления прямого и обратного БПФ до 1024 точек с разрядностью – 8, 16 и 32 бита соответственно модификации.
3. Производит моделирование нейронных сетей. Так базовая нейрооперация умножения с аккумулированием и вычислением нелинейной функции активации вычисляется с разрядностью – 8, 16 и 32 бита соответствующей модификации.
4. Реализует вычисление фильтра конечных импульсных характеристик (КИХ): 8 бит – 128 отсчётов, 16 бит – 64 отсчёта, 32 бита – 32 отсчёта. Также реализована возможность каскадирования нескольких пикселей для увеличения числа отсчётов КИХ-фильтра.
5. Присутствует квадратурная модуляция 8-, 16- или 32-битного входного сигнала.
6. Выполняет обработку выходных данных других пикселей и производит цифровой синтез сигналов.

Матрица пикселей памяти с функцией перестановки – 3D M ФЭ СБИС ПП

Кристалл матрицы пикселей памяти с функцией перестановки – 3D M ФЭ СБИС ПП изготавливается аналогично кристаллам 3D M ФЭ СБИС А/Ц и 3D M ФЭ СБИС ПФ – по 180 нм КМОП-технологии SOI фирмы XFAB (технология XT018). Кристалл 3D M ФЭ СБИС ПП при передаче данных по многоканальным оптическим и локальным электрическим каналам связи выполняет следующие операции:

Таблица 5. Пример организации памяти для размера слайса 64, слово 32, число банков 32

00	64	128	192	256		...	1984
01	65	129	193	257		...	1985
02	66*	130*	194*	258*		...	1986
...	...	...	...	...	...	...	...
62	126	190	254	...		1982	2046
63	127	191	255	...		1983	2047

*Звёздочкой помечены байты, составляющие 32-битное слово по адресу 66

Таблица 6. Организация слайса

up 7	*up 7*	*up 6*	*up 5*	*up 4*	*up 3*	*up 2*	*up 1*	*up 0*	*up 0*
left 7	**63**	**62**	**61**	**60**	**59**	**58**	**57**	**56**	*right 7*
left 6	**55**	..	..	..	..	..	..	**48**	*right 6*
left 5	..							..	*right 5*
left 4	..							...	*right 4*
left 3	..							..	*right 3*
left 2	**23**							**16**	*right 2*
left 1	**15**	..	..	..	..	..	..	**8**	*right 1*
left 0	**7**	**6**	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**	**0**	*right 0*
down7	*down7*	*down6*	*down5*	*down4*	*down3*	*down2*	*down1*	*down0*	*down0*

- запись, хранение и выдача слайсов и слов информации из внутренней памяти;
- выполнение операций клеточной логики по двум различным шаблонам над слайсом памяти, представленным в виде матрицы 8 × 8;
- выполнение ряда логических операций над слайсами памяти;
- копирование слайса памяти из одного адреса в другой;
- транзит слайсов;
- выполнение операций перестановки слов информации путём копирования из ячейки с одним адресом в ячейку с другим адресом;
- маскируемое копирование слов памяти, предназначенное для реализации команды сборка/разборка по маске;
- генерация нулевого или единого слайса.

Кристалл 3D M ФЭ СБИС ПП предназначен для использования в составе модуля 3D M ФЭФ M ПП. Управление кристаллом 3D M ФЭ СБИС ПП производится посредством микрокоманд, передающихся по шине EMIFA микропроцессором, например, TMS320C6455. Одна микрокоманда в 3D M ФЭ СБИС ПП может совмещать в себе выполнение нескольких микроопераций, однако не все микрооперации совместимы. Сама матрица пикселей памяти с функцией перестановки имеет следующие порты:

- «word_in» – электрическая шина данных для байтового/словного доступа, 32 бита, возможна работа с данными 32, 24, 16 или 8 бит;
- «slice_in» – оптический слайсовый вход, 64 бита;
- «slice_out» – оптический слайсовый выход, 64 бита;
- «command» – вход управляющей микрокоманды;
- «clk» – тактовый вход;
- «reset» – сброс.

Интегральная микросхема (ИМС) матрицы пикселей памяти состоит из следующих частей:

1. *Двухпортовая память со слайсовым и словным доступом.*

Размер слайса – «SLICE_SIZE». Слайс представляет собой квадратную матрицу со стороной «SLICE_SIDE_SIZE». Максимальный размер слова – «WORD_SIZE». Допускается обращение к памяти с размером слова, кратным 8 битам и меньше либо равным «WORD_SIZE». Внутри память организована в виде банков (количество – «BANKS_NUMBER»), число байт в банке равно размеру слайса, число слайсов равно 8 (размер байта). Слово с размером больше одного байта состоит из байтов из смежных банков, взятых по одинаковому адресу. Адресом слова является адрес его младшего байта. В таблице 5 приведён пример организации памяти для размера слайса 64, слово 32, число банков 32 (в ячейках указаны адреса).

2. *Блок байтовой фильтрации* состоит из массива одинаковых логических схем, каждая из которых подключается к соответствующим битам регистров слайсовых операндов.

Эти схемы образуют двумерную матрицу. Выход блока через мультиплексор подключён к внутренней шине ИМС.

Организация слайса представлена в таблице 6.

Крупным жирным шрифтом показаны номера битов, относящиеся к слайсу. Курсивом – биты регистров расширения слайса.

Направления координатных осей для нормального шаблона – ось X – слева направо, ось Y – снизу вверх. Для диагонального шаблона – ось X – слева сверху направо вниз, ось Y – слева снизу направо вверх.

Блок байтовой фильтрации может выполнять следующие операции:

- «SHIFTXP» – сдвиг по направлению оси X;
- «SHIFTXM» – сдвиг по отрицательному направлению оси X;
- «SHIFTYP» – сдвиг по направлению оси Y;
- «SHIFTYM» – сдвиг по отрицательному направлению оси Y;
- «EDGE» – выделение контура: элемент устанавливается в 1, если он – 1 и хотя бы один из соседей – 0, иначе элемент сбрасывается в 0;
- «PROJY» – проекция на ось Y: элемент устанавливается в 1, если он – 1 или сосед по отрицательному направлению оси X = 1, иначе элемент сбрасывается в 0;
- «PROJX» – проекция на ось X: элемент устанавливается в 1, если он – 1 или сосед по отрицательному направлению оси Y = 1, иначе элемент сбрасывается в 0;
- «SHRINK» – сжатие: элемент устанавливается в 1, если он – 1 и (все соседи нулевые или два соседа на одной оси единичные, а два других – нулевые или все соседи – единичные), иначе элемент сбрасывается;
- «EXPAND» – расширение: элемент сбрасывается в 0, если он – 0 и (все соседи нулевые или два соседа на одной оси единичные, а два других – нулевые или все соседи – единичные), иначе элемент устанавливается в 1;
- «INV» – инверсия: элемент устанавливается в 1, если он – 0, элемент сбрасывается в 0, если он – 1;
- «SMOOTH» – сглаживание: элемент устанавливается в 1, если он – 1 и хотя бы два соседа единичные, иначе элемент сбрасывается в 0;
- логические операции над двумя операндами – «AND», «OR», «XOR» и «NXOR».

3. *Схема управления* включает в себя регистры операндов «ARGA», «ARGB», регистры расширения слайсов для байтовой фильтрации, регистр маски «VM», регистр входных данных «VD», а также автомат для выполнения операций сборки и разборки.

Кристалл нейропроцессоров – 3D M ФЭ СБИС НП

Кристалл нейропроцессоров с коммутацией каналов предназначен для работы в составе оптоэлектронного модуля 3D M ФЭ Ф НП. Аналогично предыдущим кристаллам он изготавливается по 180 нм КМОП-технологии SOI фирмы XFAB (технология XT018).

Кристалл 3D M ФЭ СБИС НП имеет 64 одноразрядных процессора для комму-

тации каналов (КК), каждый из которых имеет внутреннюю память. Такой кристалл 3D M ФЭ СБИС НП предназначен для одновременной послайсовой обработки 64 процессорами 64 пар исходных операндов (целочисленная арифметика) под управлением общей микрокоманды. Микрокоманда загружается из центрального устройства управления по разделяемой 16-разрядной шине микрокоманд за три такта (совмещено с выполнением предыдущей микрокоманды).

Архитектурные особенности 3D M ФЭ СБИС НП

Каждый нейропроцессор (НП) имеет внутреннюю память ёмкостью 24 байта, в которую загружаются операнды на границах своей длины. Длина операндов задаётся по специальной микрокоманде в загружающей 6-разрядной PrL (L – длина операнда) из внешней относительно СБИС НП памяти. L может принимать значения от 2 до 64 (L – чётное число).

Количество нейропроцессоров, участвующих в обработке, определяется содержимым регистра ТЭГов при соответствующей микрокоманде. Выбор вида операндов, участвующих в операции, определяется как микрокомандой, так и содержимым специального регистра арифметической маски (64 бита), для которых в СБИС имеются встроенные микроконтроллеры управления вводом и выводом.

Загрузка микрокоманд в эти микроконтроллеры производится за 1 такт по общей 16-разрядной шине микрокоманд (разделяемая с шиной арифметических микрокоманд). Введение в СБИС данных микроконтроллеров позволяет совмещать во времени операции ввода/вывода с текущей арифметической операцией. Соответственно, обработка ввода и вывода осуществляются послайсно. Количество слайсов ввода/вывода задаётся микрокомандой (частный случай – количество слайсов определяется регистром L). Ввод и вывод осуществляются как через оптические тракты ввода и вывода (каждый тракт – 64 разряда слайса), так и через общую электронную 4-байтную шину, связывающую БИС НП с внешней памятью (относительно СБИС НП). Через электронную шину ввод и вывод может производиться как послайсно, так и пословно.

В СБИС НП имеется встроенный буфер 32 слова по 32 разряда для преобразования вида вводимой/выводимой информации (слово/слайс). Ввод в буфер производится под управлением микрокоманды с учётом содержимого специального регистра маски ввода (64 разряда) или регистра арифметической маски. Регистры ТЭГов, арифметической маски, маски ввода могут загружаться специальными микрокомандами как из внутренних памятей нейропроцессоров, так и из внешней памяти через электронную шину. Под загрузкой из внутренних блоков памяти имеется в виду загрузка слайса.

В состав СБИС НП введена общая разделяемая шина чтения 1-го операнда. Весь массив из 64 НП возможно разбить на один, два или четыре подмассива (соответственно, из 64, 32 или 16 НП каждый подмассив). В каждом подмассиве возможно задание считывания одного общего для всех НП данного подмассива операнда. Источник общего операнда указывается при этом единичным состоянием соответствующего бита арифметической маски (ограничение – только один из разрядов маски должен быть «1» в данном подмассиве). Для управления разбиением массива НП на подмассивы введён 2-разрядный регистр режима (объединён в 1 байт вместе с PrL). В арифметической микрокоманде возможно задание записи результата во внутреннюю память одновременно с выдачей переноса в выходной оптический тракт. Транзитные передачи с оптического входа непосредственно на оптический выход задаются центральным устройством управления независимыми от микрокоманд сигналами. Данные передачи могут быть совмещены с текущими арифметическими операциями.

Синхронизация выдачи (вывода) информации из одного СБИС и приём её в другой (принимающий) СБИС (ввод) осуществляется центральным устройством управления по специальным сигналам. Система команд СБИС НП предусматривает как обработку операндов, предварительно загруженных во внутреннюю память, так и операндов, непосредственно заданных в микрокоманде (константы для задания 1-го или 2-го операндов). Кроме того, в качестве одного из операндов может выступать информация непосредственно с оптического входа. В последнем случае необходима синхронизация (управление оптическим входом) непосредственно от центрального устройства управления.

Технические особенности СБИС НП

Цикл (такт) работы устройства определён временем работы операционного устройства (акселератора умножения) и ориентировочно равен ~25 нс. Большинство операций выполняется за n тактов, где n = L (длина операнда). Для ускорения операции умножения в состав каждого НП введён акселератор умножения (реализует частично матричный способ умножения), который позволяет умножение двух чисел выполнить за 2n тактов. Кристалл СБИС НП ориентирован на выполнение основной нейрооперации – умножение с аккумулированием. Эта операция использует акселератор умножения, и время её выполнения превышает время умножения только на Δ тактов, где Δ – добавочная длина аккумулятора результатов сложения произведений (Δ= 8).

Акселератор умножений используется также для быстрого выполнения ещё двух нейроопераций: «манжеттоново» и «эвклидово» расстояния, в которых для быстрого сложения аккумуляторов нейропроцессоров внутри каждого из подмассивов в составе СБИС НП введён общий сумматор подмассивов (выполняет свёртку результатов НП подмассивов).

Для максимального ускорения операций выполнение внутренних микроопераций над слайсами конвейеризовано, так что обработка каждого слайса завершается за 1 такт. Задание адресов хранения исходных операндов и результатов совершенно произвольно и не ставит перед центральным устройством управления каких-либо значительных ограничений. Совмещённое выполнение текущих операций с операциями ввода/вывода ставит перед центральным устройством управления только задачу слежения за концептуальностью выполнения команд. Всякий раз, приняв микрокоманду соответствующего вида на выполнение, СБИС НП выставляет в центральное устройство управления сигнал занятости по данному виду и снимает его только по окончании обработки последнего слайса. Обработка слайсов может быть задана от младших к старшим (как правило) или наоборот (от старших к младшим, в некоторых операциях, например, операциях поиска MAX, MIN). При этом независимо от вида обработки в исходной микрокоманде указываются в качестве начальных адреса младших слайсов операндов.

Внутреннее устройство управления СБИС НП самостоятельно определяет все виды конфликтов при обращении за операндами и автоматически выбирается необходимая временна́я диаграмма по выполнению микроопераций над слайсами и вид совмещения (полное или неполное совмеще-

ние). Поэтому для обеспечения максимального быстродействия программа (микропрограмма) с указанием адресов хранения операндов и результатов, а также адресов ввода и вывода должна быть оптимизирована (на этапе составления объектного кода программы).

Таким образом, СБИС НП имеет основные количественные и технологические характеристики:

- система элементов (база) КМОП ~0,18 мкм;
- количество бит оптического входа/выхода – 64/64;
- количество бит микрокоманды – 16;
- количество управляющих дополнительных сигналов – 10, 32;
- количество признаков результатов – 6;
- количество бит электронной шины – 32;
- ориентировочное количество транзисторов ~0,6 млн;
- скорость оптических переключений (вместе с системой памяти и с акселератором умножения определяет такт работы всей системы) ~25 нс.

Кристалл маршрутизатора SPACE WIRE – 3D M ФЭ СБИС SW

Кристалл 3D M ФЭ СБИС SW предназначен для обмена информацией по стандарту SpaceWire и позволяет работать по 32 оптическим линиям связи и 2 электрическим линиям связи с оконечными объектами под управлением контроллера – маршрутизатора SPACE WIRE, реализующего протокол подключения точка–точка. Аналогично предыдущим кристалл изготавливается по 180 нм КМОП-технологии SOI фирмы XFAB (технология XT018).

Алгоритм функционирования кристалла 3D M ФЭ СБИС SW полностью соответствует общему описанию протокола SpaceWire.

Основные характеристики 3D M ФЭ СБИС SW

Технологически матрица кристалла 3D M ФЭ СБИС SW изготовлена форматом 8 × × 8 интеллектуальных пикселей с модуляцией по принципу DS-кодирования. Количество оптических каналов ввода – 64. Каждый пиксель имеет электрический драйвер вывода для подключения лазеров вертикального излучения. В кристалле также присутствует электрическая процессорная параллельная шина EMIFA и два электрических SpaceWire-канала входа-выхода. Таким образом количество оптических коммутируемых SpaceWire-каналов – 32 со скоростью до 300 МГц.

Кристалл 3D M ФЭ СБИС SW позволяет работать по 32 оптическим линиям связи и 2 электрическим линиям связи с оконечными объектами под управлением контроллера – маршрутизатора SPACE WIRE, реализующего протокол подключения точка–точка по стандарту SPACE WIRE для удалённой связи по многоканальным оптическим и локальным электрическим каналам связи.

Представленный базовый ряд функциональных трёхмерных модулей фотон-электронных СБИС (3D M ФЭ СБИС) является основанием для формирования трёхмерных фотон-электрон-фотонных Гибридных Интегральных Многокристальных Схем (3D M ФЭФ ГИМС) и создания модулей на их основе (3D M ФЭФ M).

В перспективных разработках будут дополнительно включены в структуру матриц 3D M ФЭ СБИС базового функционального ряда аналого-цифровые и цифроаналоговые преобразователи. Это позволит увеличить объём многоканальной информации. Так, при тактовой частоте 166 МГц, АЦП / ЦАП 2.8 (2.16) и матрице оптических каналов 64 имеем поток данных 166 × 8 × 64 = 84,992 Гбит (166 × 16 × 64 = 169,984 Гбит) между модулями 3D M ФЭФ M.

Модуль 3D M ФЭФ M с базовым рядом функциональных кристаллов 3D M ФЭ СБИС может применяться для построения информационно-вычислительных, коммутационных и радиолокационных устройств, а также систем и комплексов большой сложности и высокой производительности, например:

- 3D M ФЭФ минисупер ЭВМ с параллельной многопроцессорной архитектурой;
- 3D M ФЭФ ЭВМ для высокопроизводительных векторных вычислений с параллельной организацией данных;
- 3D M ФЭ минисупер ЭВМ для сверхсложного нейросетевого моделирования различных процессов, в том числе и социально значимых;
- 3D M ФЭФ векторно-матричная ЭВМ для сверхскоростных вычислений;
- 3D M ФЭФ многопрофильная модульно-наращиваемая многоканальная цифровая антенная решётка с локальными или удалёнными центрами обработки и управления многоканальной информацией;
- 3D M ФЭФ цифровая антенная решётка с системой удалённого центра обработки и управления многоканальной информацией авиационного мониторинга технического состояния самолёта или гуманитарного состояния лётного состава для предупреждения катастрофы, включая дистанционную принудительную посадку самолёта из центра;
- 3D M ФЭФ модульно-наращиваемая, многоуровневая, неблокируемая процессорная система коммутации аэрокосмического стандарта SpaceWire с оптическими и электрическими многоканальными линиями связи для формирования многоуровневых, многодатчиковых архитектур для внутриобъектовых и удалённых коммутационных и информационно-вычислительных систем.

Специалисты российского предприятия «Микрон» принимали участие в разработке и изготовлении 3D M ФЭ СБИС функционального ряда по проектным нормам 180 нм. Сегодня на предприятии «Микрон» внедрена кремниевая технология с 90 нм технологическими нормами. Изготовление 3D M ФЭ СБИС по проектным нормам 90 нм позволит получить улучшить технические характеристики 3D M ФЭ СБИС функционального ряда, при этом для сопряжения с 3D M ФЭ СБИС могут применяться российские DSP-процессоры отечественных предприятий «МОДУЛЬ» (Л1879ВМ3) и/или «ЭЛВИС» (1892ВМ14Я с двумя электрическими портами SpaceWire).

Заключение

Модули и устройства, разработанные на основе 3D M ФЭ СБИС функционального ряда и базового ряда многоканальных волоконных и призменных оптических элементов ООО «ОЭС» могут быть применены в высокопроизводительных аэрокосмических и наземных радиоинформационных, информационно-коммутационных и вычислительных системах и комплексах.

В следующей части статьи будут описаны конструктивные решения модулей 3D M ФЭФ M с использованием алюмооксидной и LTCC-технологий на основе мезонинных печатных плат в различных модификациях с описанием преимуществ и недостатков соответствующих решений.

Литература

1. *Сведе-Швец В., Сведе-Швец В., Зиновьев М.* Кремниевая и арсенид-галлий-алюминиевая технология: базовый ряд 3D M ЭФ СБИС VCSEL и функциональных 3D M ФЭ СБИС для 3D M ФЭФ M. Часть 4. Современная электроника. 2017. №6. С. 18

НОВОСТИ МИРА

Компания Intel® представляет второе специализированное издание электронной книги «FPGA для чайников»

Книга рассчитана на инженеров-разработчиков, не имеющих опыта работы с программируемой логикой, неискушённых в этой области радиолюбителей и просто тех, кому интересно всё новое и удивительное

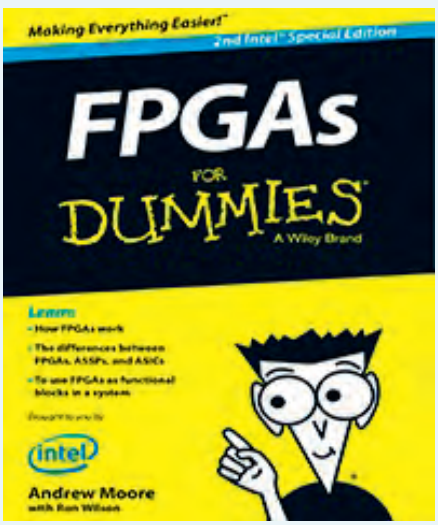
FPGA (Field Programmable Gate Array), в буквальном переводе – программируемая пользователем вентильная матрица, иначе известная как программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС) – это полупроводниковое устройство, большинство функций которого могут быть программно сконфигурированы и реконфигурированы в любой момент времени – на этапе разработки, производства и даже после отгрузки заказчику конечного изделия.

Появившись в начале 80-х годов прошлого века, ПЛИС FPGA представляли собой хоть и действенное, но крайне ограниченное по возможностям решение, требующее, к тому же, существенных затрат времени и усилий на программную реализацию, что вынуждало большинство разработчиков отказываться от их использования. Однако на сегодняшний день, пройдя относительно короткий путь развития, современные ПЛИС FPGA эволюционировали в многофункциональные системы-на-кристалле, интегрирующие, помимо программируемой логической схемы, собственные микропроцессорные ядра, блоки памяти, блоки цифровой обработки сигналов (DSP) и широкий набор быстродействующих коммуникационных интерфейсов.

В настоящее время, современные ПЛИС FPGA предлагают уникальные преимущества разработчикам самого широкого спектра радиоэлектронной аппаратуры – от интеллектуальных электросетей, авиационной навигации, передовых систем помощи водителю (ADAS) до медицинской техники и оборудования дата-центров.

Прочитайте книгу «FPGA для чайников» и расширьте своё представление о возможностях программируемых логических микросхем или сразу перейдите в раздел Getting Started with FPGA сайта Intel® для подробной информации о том, как использовать ПЛИС FPGA в своих разработках.

Можно скачать бесплатно электронную книгу «FPGA для чайников» («FPGA for dummies») на сайте Altera (доступно на англ. языке) или перейти в раздел базы знаний Getting Started сайта Intel (доступно на англ. языке).



TDK·Lambda
ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ
5 лет ГАРАНТИИ
• Авторизованный сервисный центр
• Проработка технических решений
• Образцы для тестирования
• Склад
PROSOFT®
ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР С 2002 ГОДА
(495) 234-0636
INFO@PROSOFT.RU
WWW.PROSOFT.RU
Реклама

SpaceWire: взгляд со стороны
Часть 1

Валерий Журавлёв, Александр Немытов, Юрий Осипов, Андрей Першин (Москва)

В статье рассмотрена возможность применения протокола SpaceWire для построения нагруженных сетей реального времени с периодом задач 10…100 мс (100...10 Гц). Наглядно показано, как унаследованные особенности от прародителя – сетей транспьютеров: использование избыточного числа соединительных проводов, способ адресации, механизм червячной маршрутизации, слабая защищённость по отношению к аппаратным и программным сбоям, делают SpaceWire непригодным для использования в критически важных приложениях реального времени.

Протокол SpaceWire ведёт своё начало [1] от транспьютерной технологии. Транспьютер – это компьютер на кристалле, который связывается со своими соседями – такими же транспьютерами – несколькими линками. Архитектура транспьютеров, наверное, красивейшая в истории вычислительной техники, была пронизана от аппаратуры до языка программирования Оккам, единой идеологией – теорией взаимодействующих последовательных процессов Хоара [2].

Линки, связывающие транспьютеры, представляли собой проводники менее 10 дюймов длиной. Транспьютер, с точки зрения сети, представлял собой одновременно и оконечную станцию, и коммутатор, а сама сеть была своего рода одним многопроцессорным компьютером, а не коммуникационной сетью в том смысле, в каком это принято понимать теперь.

Красота не спасла мир: транспьютерные технологии быстро вымерли, и одной из причин явилось то, что программирование в условиях неконтролируемой множественности параллельных процессов слишком часто приводило к непредвиденным deadlock'ам и livelock'ам.

Понятие livelock'а менее известно, чем понятие deadlock'а – в отличие от статического невыполнения какого-то условия для продолжения процесса в deadlock'е, livelock означает перманентное динамическое невыполнение условия, например, когда высокоприоритетные сообщения, идущие непрерывным потоком, не дают пробиться низкоприоритетному сообщению.

Однако транспьютерная система обмена сообщениями выжила, претерпела некоторое развитие (в частности, длина линков была увеличена до сотен метров – см. стандарт IEEE Std 1355-1995 [3]), приобрела некоторые черты настоящей коммуникационной сети, получила гордое название SpaceWire и продолжает безмятежное процветание в области, где процессы протекают небыстро, оконечные станции немногочисленны и слабо вычислительно связаны, а именно, на борту космических аппаратов, хотя наследственную склонность к deadlock'ам и livelock'ам не утратила.

Как будет видно из дальнейшего рассмотрения, сетью реального времени она так и не стала (вопреки, например, утверждению в [4]) и решение об использовании её там, где процессы протекают быстро, например, при управлении движением носителя вокруг центра масс, может быть принято только очень отважным человеком, поскольку предсказуемость времени доставки сообщения реализовать в SpaceWire в принципе невозможно.

Несмотря на громкие заявления об использовании везде и всюду, обилие научных публикаций и различных draft'ов, в SpaceWire строго специфицировано совсем немного:

1. «Провода», уровни и сигналы.
2. Зачаток понятия «пакет».
3. Методы адресации.
4. Передача данных, включая маршрутизацию.
5. Система единого времени.
6. Протокол прямого удалённого доступа к памяти.

Собственно говоря, из этого минимума, обрезанного когда-то бритвой Оккама, и родился миф о простоте SpaceWire. Однако для построения более-менее сложной сети его явно недостаточно, и тут начинается народное творчество, чем-то напоминающее небезызвестную басню Крылова: «Однажды лебедь, рак да щука...».

Каких только верхних уровней не предлагается: и переход на кодирование 8b/10b, и подсчёт CRC для пакета, и оптическая среда передачи, и временные расписания вроде TTP (Time-Triggered Protocol), и виртуальные каналы с маркерным ведром, и гарантированная доставка, и ведение статистики с протоколированием и т.д. Надёрганные к месту и не к месту механизмы из различных стройных стандартов, причудливо смешанные между собой, вызывают ощущение лёгкого дежавю.

Очевидно, что реализация любого полномасштабного протокола потребует вполне заметных ресурсов кремния, сравнимых с другими интерфейсами, но обо всём этом почему-то стыдливо умалчивают, когда говорят об экономичности и простоте протокола SpaceWire.

И главное, *все эти «нововведения» не в состоянии парировать пороки базового протокола.*

В дальнейшем мы ограничимся рассмотрением только официально принятых стандартов:

- ECSS-E-ST-50-12C – «SpaceWire – линки, узлы, коммутаторы и сети» [5];
- ECSS-E-ST-50-52C – «SpaceWire – протокол дистанционного доступа к памяти» [6] (RMAP);
- ECSS-E-ST-50-53C – «SpaceWire – протокол передачи CCSDS-пакетов» [7] (CCSDS – Consultative Committee for Space Data Systems – Консультативный комитет по космическим системам передачи данных).

Провода

Если главному конструктору космического аппарата предложить взять на борт пару килограммов балласта – он посмотрит на вас как на «своеобразную» личность. Но если эта пара килограммов именуется «международным стандартом», то вопрос

«зачем?» даже не возникнет. Такой вот парадокс.

Во времена, когда вопрос о реализуемости проекта решался использованием в нём 100 или 200 вентилей, физический уровень SpaceWire был, своего рода, шедевром, позволяя в несколько раз экономить кремний и обеспечивать невиданные скорости передачи. Увы, расценки с тех пор несколько поменялись, и 100 лишних вентилей не заметит никто, впрочем, как и 100 000. А 4-проводная линия так и осталась вместо 2-проводной. Зачем?

Выдвигаемый тезис, что это сложно, потребует аналоговых блоков PLL (Phase-Lock Loop, фазовая автоподстройка частоты) в цифровом дизайне не выдерживает никакой критики. Во-первых, найти современную большую цифровую микросхему без последовательных каналов (RS-485, USB, Serial ATA, Ethernet, PCI Express, RapidIO и т.п.) практически невозможно. Научились их делать за последние 20 лет. Во-вторых, существует полностью цифровая техника oversampling, позволяющая на технологии сегодняшнего уровня без проблем реализовать реальные частоты SpaceWire.

И даже 2 провода – всегда ли нужны...

Зачаток понятия «пакет»

Процессы в транспьютерах обменивались сообщениями по принципу «точка-точка». В этих условиях объяснимо стремление максимально упростить структуру сообщения:

- адрес;
- полезная нагрузка;
- признак конца сообщения.

Но даже в последней из моделей транспьютеров, в T9000 [8], сообщения разбивались на пакеты так, что пакеты из разных сообщений могли чередоваться при прохождении через физические линки. При переходе к SpaceWire было принято фантастическое решение: отождествление понятий «сообщение» и «пакет». Отказ от разбиения сообщения на пакеты, при *неограниченной* длине сообщения и червячной маршрутизации автоматом приводит к длительной *монополизации* канала! Единственное, чем можно объяснить такое решение, это стремлением до предела упростить протокол, но какова цена этому решению, мы увидим дальше.

Чётность

Поскольку изначально транспьютерная сеть не предназначалась для выхода за пределы машины, линки-соединители были короткими, а, следовательно, сбои весьма редкими. С учётом дефицита кремния, защита битом чётности каждого байта представлялась достаточной. Однако, с введением понятия «пакет» и его неизбежного (несмотря на то, что в стандарте этого нет) закрытия CRC, использование чётности выглядит архаизмом, примерно на 10% снижающим эффективную полосу канала. Зачем?

Адресация

Интересно, что на базовом уровне протокола SpaceWire включить CRC в структуру сообщения не удаётся из-за неопределённости длины адреса, обусловленной принятой процедурой обработки последнего.

Отсутствие контрольных сумм сообщения позволяло в байториентированной архитектуре транспьютеров использовать адресацию пути, наращивая, как это было принято, например, в структуре команд транспьютеров, байтовые префиксы. Содержимым байтового префикса является номер выходного порта, в который следует маршрутизовать сообщение в проходимом коммутаторе. Эти байтовые префиксы было необходимо отсекать по мере продвижения сообщения по сети на каждом коммутаторе. Таким образом, длина адресного заголовка сокращалась по мере прохождения маршрута.

В результате, когда при переходе от транспьютерной сети к локальной сети космического аппарата пришлось прибегнуть к защите пакета контрольной суммой (как, например, в протоколе RMAP [6]), вынужденно ограничились защитой только не меняющейся полезной нагрузки, оставив байты заголовка изменяющейся длины только со слабой защитой по чётности.

К чему ведут ошибки в адресе? Ошибки в заголовке приводят к тому, что сообщения попадают: либо в другие узлы, либо в несуществующий порт коммутатора. В качестве бесплатного бонуса могут стать ещё и широковещательными.

Второй случай сравнительно безобиден, сообщение просто тихо умрёт, не причинив никому вреда, а вот в первом случае, если пришедшее в узел чужое сообщение превышает по длине размер буфера для ожидаемого сообщения, то оно будет блокировано с соответствующими последствиями (к блокировкам мы ещё вернёмся), а если нет, то может занять место в буфере, так что пришедшему вслед штатному сообщению уже не хватит места и будет заблокировано уже оно.

Но допустим, что ничего подобного не случилось и чужое сообщение оказалось принятым. Как противодействовать пагубным последствиям такого приёма?

В протоколе RMAP [6], например, используется заголовок более высокого уровня, фактически дублирующий адресную информацию (правда, всего лишь 8-битный логический адрес из [7], что ограничивает число узлов для работы с RMAP до 256) для сообщения, потому что исходную адресную информацию сообщение растеряло по дороге. Такое решение выглядит, как заплатка.

Передача данных: червячная маршрутизация – источник блокировок

Существовавшая в транспьютерах «червячная маршрутизация» неизбежно переехала в SpaceWire. Поясним, при червячной маршрутизации коммутатор сразу при опознании адресующего заголовка перекоммутирует сообщение на выходной порт, пока на входной порт продолжают поступать остающиеся байты сообщения. Таким образом, длинное сообщение может растягиваться на многие коммутаторы, чем-то напоминая червяка, что и оправдывает название этого принципа маршрутизации.

Поначалу червячная маршрутизация казалась очень удачной мыслью, поскольку, избегая буферизации в коммутаторе, с одной стороны, экономила память в кристалле коммутатора, что по временам конца 1980-х и начала 1990-х было существенно, а с другой стороны, локально сокращала время на коммутацию, пока не пришло осознание, что длинное сообщение, занимая многие порты, приводит к блокировке на некоторое время других сообщений, пытающихся получить доступ к занимаемым портам, причём этот процесс может развиваться лавинообразно. Эта ситуация иллюстрируется на рисунке 1.

Состояние блокировки и выход из неё

Блокировка рассматривается как штатная ситуация, и вот что говорит по этому поводу один из ведущих специалистов по SpaceWire в [1, стр. 83]:

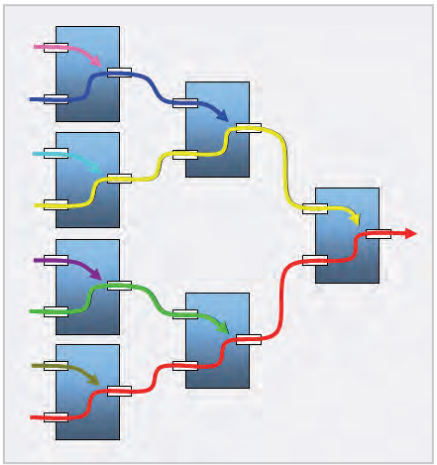


Рис. 1. Лавинообразное каскадирование блокировок

«Блокировка может возникнуть по нескольким причинам:

- послан большой пакет;
- получатель пакета не готов к его приёму;
- произошла какая-то авария в сети, например, выход из строя линка, так что пакет не может двигаться через этот линк.

Есть несколько стратегий, помогающих избежать блокирования в сети:

- разбивать большие пакеты на много мелких, например, посылать изображения [не целиком], а как последовательность строк изображения;
- убедиться в готовности получателя прежде, чем отсылать пакет, что может быть осуществлено реализацией механизма управления потоком из конца в конец;
- если получатель не готов принять пакет, то он может просто аннулировать его, что можно скомбинировать с механизмом перепосылки для реализации управления потоком, хотя это и может привести к неэффективному использованию пропускной способности сети, при условии, что получатель часто оказывается в состоянии неготовности;
- определить с помощью сторожевого таймера, что пакет блокирован на более длительное время, чем ожидалось, что указывает на возникновение какой-то аварии, и аннулировать блокированный пакет».

Стандарт SpaceWire [5, разд. 11.5.3, 11.5.4] предусматривает фиксацию состояния блокировки по таймауту на передачу сообщения только на исходных и приёмных узлах, что очевидно, недостаточно. Почему-то при этом для выхода из состояния блокировки даётся рекомендация организовать разрыв соединения по линку и реинициализировать его, хотя это разрушает встречный поток. Следует ли это воспринимать просто как недоработку стандарта?

Одна из ведущих организаций, поддерживающих протокол SpaceWire, Университет Данди (Шотландия), для коммутаторов предлагает следующий выход из положения [9]: на каждом порту вводится сторожевой таймер, взводимый после каждой успешной передачи байта из выходного порта, со временем срабатывания от 0,1 мс до 1 с, который по истечении тайм-аута сбрасывает остаток пакета и отправляет в канал признак конца ошибочного пакета EEP. Мы наблюдаем здесь некоторое идеологическое несоответствие стандарту, который предлагает тайм-аут на конечных узлах по передаче всего сообщения, в то время как коммутатор [9] начинает отсчёт тайм-аута заново всякий раз после передачи байта.

Хотелось бы обратить внимание читателя на причину того, что рекомендуемые значения тайм-аутов столь велики (от 0,1 мс до 1 с) – дело в том, что при блокировке приходится ждать завершения передачи всех мешающих сообщений целиком по всему маршруту, да и не только по маршруту. Как это происходит, наглядно показывает рисунок 2.

При срабатывании сторожевого таймера в приведённом выше примере (см. рис. 1) это может привести к аннулированию множества пакетов, у которых не было бы никаких проблем с доставкой, не встреться им на пути пакет, у которого оконечная станция (узел) не готова его принимать. На птичьем языке теории сетей это называется *отсутствием логической изоляции каналов передачи.*

Даже недостижение тайм-аута не способно гарантировать отсутствие проблем: предположим, узел-получатель потребляет сообщение со скоростью 8 байтов в 0,09 мс – т.е. тайм-аут ни на каком узле не достигается ($\Delta t_{отправки} < 0{,}1$ мс). Сообщение размером в 1 кбайт будет передаваться в течение 11,52 мс, иными словами, в 112,5 раз медленнее, чем на полной скорости (при пропускной способности линков 100 Мбит/с и кодировке в канале 10 бит на байт)! Среди прочего это означает, что все выходные порты по маршруту блокируются для других сообщений в сотню раз дольше.

Вот ещё любопытный сценарий: допустим, выходит из строя некоторый узел-приёмник, тогда сообщение, адресованное ему, застревает на самом близком к нему коммутаторе. Мы можем допустить, что сообщение настолько коротко, что оно уже покинуло узел-источник и располагается червяком только в коммутаторах на своём пути. Источник никаким образом не узнает об аварии, поскольку он мог бы сделать это, согласно стандарту, только если бы зафиксировал тайм-аут у себя. Но он не может этого сделать, потому что сообщение с его точки зрения уже отправлено! Поэтому в следующий раз, когда ему понадобится отправить подобное сообщение, он это сделает ничтоже сумняшеся! И снова червяк сообщения будет блокировать на время тайм-аута занятые порты. Узел-источник сможет узнать об аварии, только если весь маршрут будет заполнен и у него начнут скапливаться неотправленные сообщения.

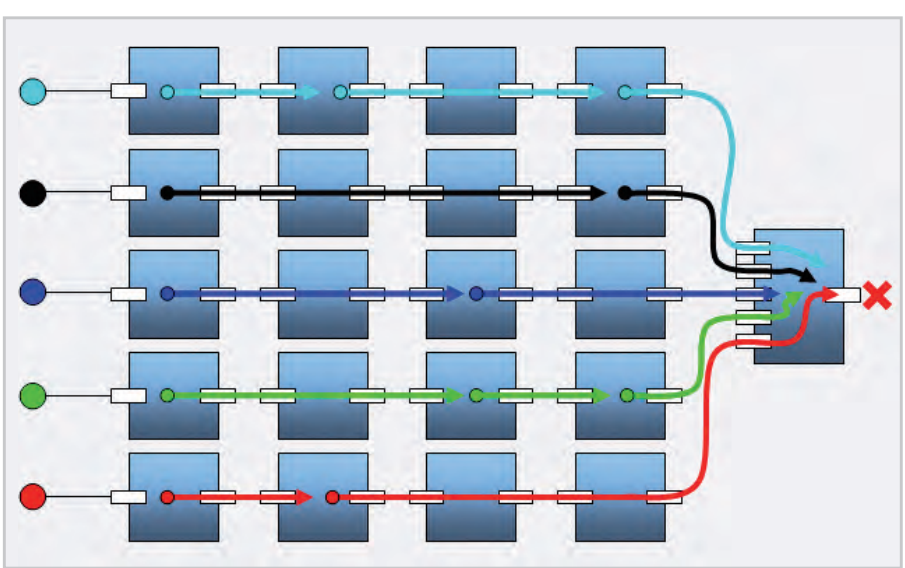


Рис. 2. Исходные узлы, неспособные диагностировать блокировку

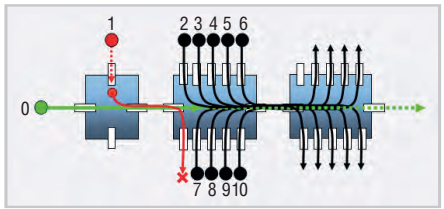


Рис. 3. Пример динамического запирания

Параметры передаваемых сообщений

Номер узла	Период	Размер сообщения	Минимальное время прохождения через линк	Приоритет	Цвет на рисунке
0	1 с	10 Кбайт	1 мс	Низкий	Зелёный
1	10 мс	16 байт	0,0015 мс	Высокий	Красный
2–10	1 с	10 Кбайт	1 мс	Низкий	Чёрный

А теперь вообразим, что, скажем, 5 узлов будут слать свои сообщения в неисправный узел-приёмник. Можно представить себе, как будет лихорадить сеть (см. рис. 2)! Таким образом, в зависимости от применяемых методов борьбы с блокировками (или их отсутствия) мы сталкиваемся с самыми разнообразными пагубными последствиями: от частично зависшей или чрезвычайно медленно работающей системы до потери групп сообщений.

Далее рассматривается несколько примеров с разными механизмами возникновения блокировок.

Пример блокировки: перманентное динамическое запирание

Рассмотрим сеть, состоящую из 3 коммутаторов и 24 узлов (см. рис. 3) со скоростью передачи в линии 100 Мбит/с. Предположим, что в коммутаторах реализована схема арбитража по приоритетам.

Предположим также, что каждый из передатчиков периодически с постоянным периодом отсылает сообщения постоянной длины, причём параметры отсылаемых сообщений будут соответствовать заданным в таблице.

Будем предполагать, что все тайм-ауты в системе одинаковы и определим, прежде всего, величину минимального тайм-аута на самом левом коммутаторе. Для этого рассмотрим сценарий, изображённый на рисунке 4.

Сначала генерируются девять сообщений 2–10 (на рисунке 3 они изображены чёрным цветом) и начинается их поочерёдная передача в крайний правый коммутатор, вслед за этим через очень небольшое время генерируется сообщение 0 (зелёный цвет) и оказывается блокированным на 9 мс в среднем коммутаторе. Наконец, сразу после генерации сообщения 0 генерируется сообщение 1 (красный цвет) и ждёт 10 мс, пока не пройдёт блокирующее его низкоприоритетное сообщение 0, а это произойдёт, когда пройдут опережающие 9 чёрных сообщений (9 мс) и само зелёное (1 мс). Таким образом, минимальный тайм-аут на левом коммутаторе должен составлять 10 мс, чтобы сеть нормально функционировала при исправном узле-приёмнике сообщения 1.

Обратите внимание на парадоксальный эффект, создаваемый в этом случае червячной маршрутизацией: высокоприоритетное сообщение в соседний коммутатор пройдёт только тогда, когда пройдут все низкоприоритетные сообщения во всей системе!

Предположим теперь, что узел-приёмник красного сообщения 1 (отмечен красным крестиком на рисунке 3) завис. Тогда красное сообщение застрянет в среднем коммутаторе (а, значит, и в левом) на время тайм-аута, т.е. на 10 мс и запрёт зелёное сообщение на то же время. Но к тому моменту, как для заблокированного красного сообщения истечёт тайм-аут, и оно будет аннулировано, будет послано ещё одно красное сообщение, а поскольку оно более приоритетно, нежели зелёное, то оно вновь запрёт застоявшееся зелёное сообщение. Рано или поздно зелёное сообщение будет аннулировано. И так вновь и вновь будут аннулироваться красные сообщения по уважительной причине – из-за неисправности его приёмника, а зелёные сообщения – из-за livelock'а (динамической блокировки). Ситуацию иллюстрирует рисунок 5. Обратите внимание на то, что поведение сообщений 1–10 и взаимные фазы сообщений 0 (зелёные) и 1 (красные) уже никакой роли не играют.

Резюмируем: при предполагаемой занятости сети, не превышающей 1%, возможна ситуация полного блокирования передачи из одного узла в другой несмотря на тот факт, что компоненты аппаратуры по трассе передаче исправны.

Пример блокировки: систематическая

Рассмотрим несколько иную схему, приводящую к livelock'у (см. рис. 6). Редко происходящие конфликты могут оказаться синхронизованными так, что некоторые сообщения не имеют шанса быть доставленными, несмотря на то, что аппаратура на всех участках его маршрута исправна, а сеть практически не загружена.

В схеме 3 коммутатора и 3 оконечных станции-передатчика (узла). Будем считать, что установленная величина тайм-аута на коммутаторах всей системы

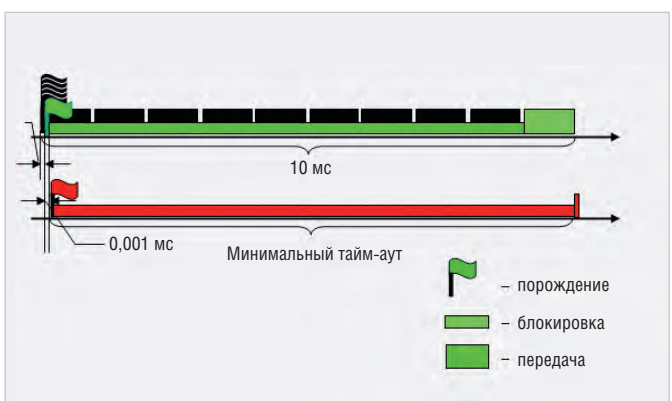


Рис. 4. Вычисление минимального тайм-аута для схемы на рисунке 3

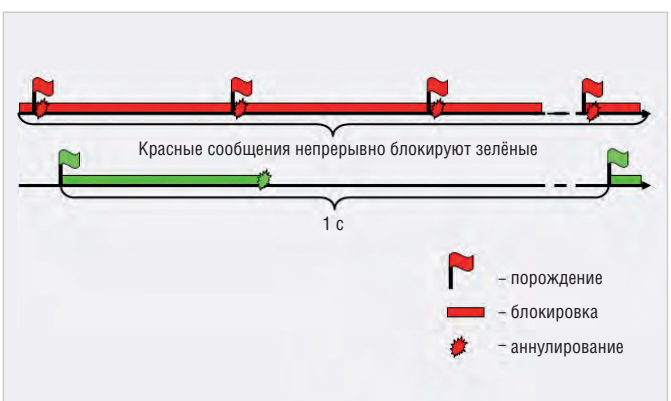


Рис. 5. Временна́я диаграмма для примера динамического запирания

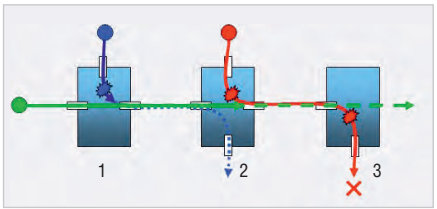


Рис. 6. Схема синхронного столкновения

одинакова. Все 3 оконечных станции с одинаковым *очень* большим периодом посылают одноприоритетные сообщения. Красный узел посылает сообщение среднего размера в зависший приёмник. Зелёный узел посылает достаточно длинное сообщение (но такое, чтобы время его передачи по линку в ситуации, когда отсутствуют какие бы то ни было помехи, было меньше величины тайм-аута, и, таким образом, позволяло в этой ситуации синему сообщению благополучно дождаться разблокировки). Размер синего сообщения роли не играет. Фазы отсылки сообщений могут оказаться такими, как на рисунке 7, в результате чего получим следующий эффект: красное сообщение застревает в коммутаторе 3 из-за неисправности приёмника, в него через некоторое время, но так, чтобы тайм-аут у красного сообщения ещё не истёк, в коммутаторе 2 утыкается зелёное сообщение и почти сразу в коммутаторе 1 синее сообщение блокируется зелёным.

По истечении таймаута красное сообщение аннулируется, а зелёное, хотя и подзастряло, но из-за того, что оно приостановилось несколько позже красного, аннулировано по таймауту не будет и возобновит своё движение вправо. Синее же сообщение, которое будет ожидать суммарно в течение части тайм-аута, обусловленного приостановкой зелёного сообщения, и в течение времени досылки длинного зелёного сообщения, в конечном счёте тоже будет аннулировано. На следующем цикле ситуация в точности повторится. И так снова и снова – ни одно синее сообщение никогда доставлено не будет. Ситуацию иллюстрирует рисунок 7. Он несколько упрощён, но даёт общее представление о происходящем.

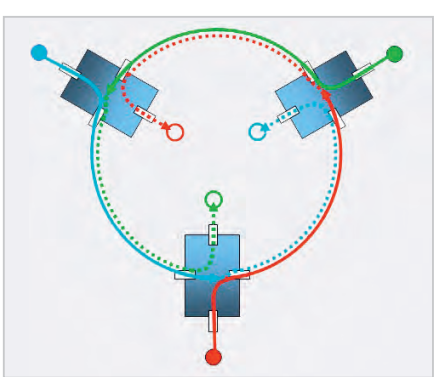


Рис. 8. Deadlock на циклической сети

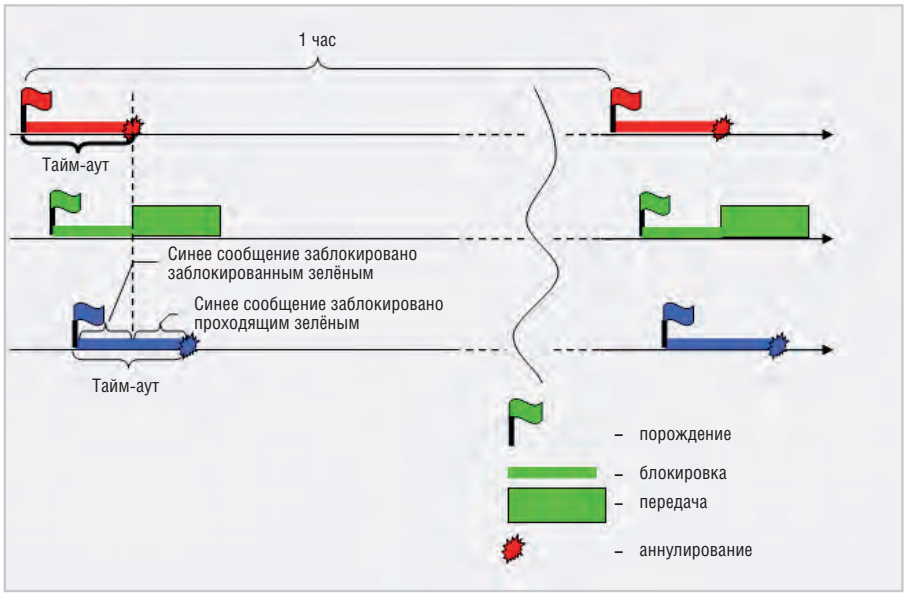


Рис. 7. Временна́я диаграмма синхронизированных столкновений

Резюмируем: в сколь угодно мало нагруженной сети, в случае выхода из строя одного узла, передача некоторых сообщений может быть полностью заблокирована.

Циклы в сети – источники deadlock'ов

В стандарте очень много рассуждений про сети, содержащих циклы, даже введён ряд механизмов по обеспечению их работы. Однако забыта одна «маленькая» деталь: склонность сетей с циклами к deadlock'ам.

Рассмотрим классический пример, где deadlock появляется без каких-либо зависших приёмников и сбоев в сети. Все три сообщения стартуют одновременно с постоянным периодом. На рисунке 8 узлы-передатчики изображены заполненными кружками, а соответствующие узлы-приёмники (увы, недостижимые) пустыми кружками того же цвета. Ни одно сообщение в такой системе доставлено не будет.

Таким образом, все введённые механизмы оказываются бессмысленными, ибо сети, содержащие циклы, просто *нельзя* использовать в рамках данного стандарта.

Заключение

Мы привели лишь несколько очевидных примеров возникновения блокировок. В реально сложной сети причины зависаний могут оказаться куда разнообразнее, и большой вопрос: когда они будут найдены – на стенде или спустя некоторое время после старта носителя.

Во второй части статьи будут рассмотрены вопросы передачи данных в стандарте SpaceWire, а также механизм синхронизации времени.

Литература

1. *Steve Parkes.* «SpaceWire User's Guide». STAR-Dundee Limited, 2012.
2. *Хоар Ч.* Взаимодействующие последовательные процессы. – М.: Мир, 1989.
3. IEEE Std 1355-1995 Standard for Heterogeneous InterConnect (HIC) (Low Cost Low Latency Scalable Serial Interconnect).
4. *Шейнин Ю., Солохина Т., Петричкович Я.* Технология SpaceWire для параллельных систем и бортовых распределенных комплексов // Электроника. Наука. Технология. Бизнес. 2006. Вып. 5.
5. ECSS-E-ST-50-12C, «SpaceWire – Links, nodes, routers and networks», ECSS Secretariat ESA-ESTEC, Requirements & Standards Division, Noordwijk, The Netherlands, 31 July 2008.
6. ECSS-E-ST-50-52C «SpaceWire – Remote memory access protocol» 5th February 2010.
7. ECSS-E-ST-50-53C «SpaceWire – CCSDS packet transfer protocol» 5th February 2010.
8. «The T9000 Transputer Hardware Reference Manual», INMOS, SGS-Thomson Microelectronics Group.
9. «SpW-10X SpaceWire Router. User Manual», University of Dundee/Austrian Aerospace/ESTEC, January 7, 2015.

GIGAVAC®

передовые технологии коммутации

- Реле и контакторы полностью герметичны по стандарту IP67 и IP69
- Компактный размер и различные варианты монтажа обеспечивают высокую гибкость при проектировании
- Рабочее напряжение реле до 100 000 В
  Рабочий ток реле до 150 А
- Рабочее напряжение контакторов до 1 500 В
  Рабочий ток контакторов до 1 500 А
- Возможна модификация реле под требования заказчика

+7 (495) 925-50-15
info@et-complex.ru

Официальным представителем и дистрибьютором продукции Gigavac в России и СНГ является фирма ООО "ЭТ-Комплекс"

et-complex.ru
gigavac.com

Реклама

В поисках методов влагозащиты печатного монтажа

Елизавета Московкина (men@protehnology.ru)

Как известно, влагозащитные покрытия необходимы для защиты и обеспечения высокой надёжности функционирования электронных изделий, эксплуатируемых в жёстких климатических условиях и подвергаемых воздействию влаги и высокой температуры, пыли и агрессивных химикатов. В статье систематизируются и оцениваются существующие и перспективные методы влагозащиты печатного монтажа.

Нанесение влагозащитных покрытий сегодня является наиболее оптимальной технологией для обеспечения высокой надёжности функционирования электронных изделий в жёстких климатических условиях.

Самыми распространёнными дефектами печатных плат под действием климатических условий являются:

- токи утечки и возникновение короткого замыкания, вызванные повышенной влажностью и загрязнением при эксплуатационных условиях;
- коррозия;
- усталостная долговечность паяных соединений безвыводных корпусов;
- образование электронной дуги, коронного разряда и огней святого Эльма;
- механическое повреждение незащищённых небольших деталей, вызванное ударом или вибрацией.

Покрытие лаками кистью и распылением

Традиционно для влагозащиты печатных плат применяют лаки на основе уретановых, акриловых и эпоксидных смол. Лак – это раствор, способный после испарения растворителя образовывать на поверхности прозрачное однородное покрытие, а формирование полимерной плёнки на поверхности печатных плат происходит чаще всего в результате одновременно протекающих процессов испарения растворителя и реакции поликонденсации связующего. Лаковое покрытие работает как дополнительный диффузионный барьер на пути влаги к поверхности печатных плат, а эффективность этого барьера будет тем выше, чем ниже его диффузионная проницаемость. Кроме диффузионного барьера, полимерное покрытие выполняет также и не менее важную функцию защиты поверхности печатных плат от загрязнений и случайных замыканий проводников.

Самыми простыми способами нанесения защитного покрытия являются нанесение кистью и аэрозольным баллончиком. В обоих случаях необходимо обеспечить безопасность оператора от вредного воздействия. Решением может служить вытяжная кабина Duet Cabinet, которую можно расположить на обычном столе и подключить к блоку дымоуловителя Duet FE 300-2, который также является портативным. Данная система легко транспортируется в любое рабочее помещение и позволяет избежать негативного воздействия на операторов.

При нанесении покрытия кистью потребуется минимум: лак, вытяжной шкаф, кисть. Преимуществом данного способа является отсутствие необходимости маскировать элементы и контрольные точки, площадки, не требующие покрытия. Однако, при таком способе нанесения бóльшая часть ответственности ложится на оператора: толщина наносимого покрытия; отсутствие пыли и посторонних предметов (ворса кисти) в нанесённом покрытии; чистота поверхности, на которую необходимо наносить покрытие. Нет уверенности, что покрытие затечёт под компоненты или есть опасность, что покрытие попадёт внутрь разъёма. При двухкомпонентном покрытии также правильность состава зависит от оператора. Так как метод очень трудоёмкий и мало контролируемый, то имеет смысл обратиться к другим способам нанесения покрытий.

Распыление. Распылять покрытия можно как вручную, так и с помощью специального оборудования. В любом случае понадобится маскирующее покрытие для защиты разъёмов и скотч для защиты контрольных точек и площадок. Способ нанесения вручную достаточно прост и обычно используется, когда необходимо нанести покрытие на небольшое количество деталей. При распылении могут быть использованы баллончики с аэрозолем или ручные пульверизаторы, а толщину нанесения можно контролировать временем воздействия и расстоянием. Этот метод имеет ряд существенных недостатков:

- около 20...30% покрытия не попадают на поверхность и расходуются впустую;
- нет затекания под поверхность компонентов;
- необходима качественная вытяжная камера и защита оператора;
- качество, зона охвата, консистенция и равномерность распределения покрытия по поверхности напрямую зависят от оператора;
- сложность автоматизации процесса.

Поскольку содержание твёрдой фазы в аэрозолях достаточно низкое (менее 5%), в зоне распыления требуется вентиляция. Распыление в горизонтальном направлении препятствует растеканию покрытия в нежелательном направлении и способствует образованию целостной плёнки, поэтому рекомендуется использовать маскирование. Для обеспечения охвата покрытием всей зоны, его наносят тонкой плёнкой (приблизительно 25 нм) при каждом прохождении платы, вращая плату под углом 90° после каждого прохождения.

Если первоначальные пусковые затраты на систему аэрозолей для нанесения покрытия могут быть низкими, эффективность под вопросом. Доля использования материала обычно составляет 25...40%. Обычно наблюдается перерасход материала за счёт распыления излишнего количества и на зоны маскирования.

Действие ручного пульверизатора похоже на аэрозольное распыление, здесь также необходимо обеспечить достаточную вентиляцию. Распыление производят в горизонтальном направлении в четырёх тонких (25 нм) проходах, вращающих плату на 90° после каждого прохода. В этом случае также реко-

мендуется наносить маску. Процесс использования ручного пульверизатора включает: пульверизатор; резервуар с веществом; прибор циклического действия (система запуска, клапанное управляющее устройство и др.). Многие производители пульверизаторов предоставляют ручные пульверизаторы, которые с успехом можно использовать в операциях, производимых вручную. Подачу тонкой струи в автоматическом режиме можно контролировать с помощью регулировки давления жидкости и воздуха. Во время использования резервуар с веществом должен обеспечивать нагнетание конформного покрытия сухим воздухом без смазки или азотом. В особенности, это предусмотрено для покрытий, отверждаемых во влажной среде, которые могут приобретать свойства отвердевшего покрытия, длительное время находясь под воздействием нефильтрованного воздуха.

Использование ручного пульверизатора является быстрым и сравнительно недорогим способом нанесения конформного покрытия. По сравнению с аэрозолями распылительная головка может принимать более вязкие жидкости и не требует разбавления растворителем. При усиленном контроле процесса распыления коэффициент передачи увеличивается, хотя в целом это зависит от затрачиваемого времени и сложности конструкции каждой печатной платы.

Необходимо соблюдать осторожность по отношению к покрытиям, отверждаемым под воздействием ультрафиолетового (УФ) излучения. Вследствие наличия УФ-излучения в солнечном освещении, резервуар с веществом следует предохранять от его непосредственного воздействия. Для этого стенки резервуара выполняют из чёрного или светонепроницаемого материала.

При работе с ручным пульверизатором в открытой кабине чувствуется запах, а также приходится распылять излишнее количество материала. Требуется, чтобы камера была бóльшего размера и предназначена для использования на протяжении расширенного промежутка времени. Стоимость кондиционированного (температура, влажность) очищенного воздуха может быть высокой и её необходимо учитывать при расчёте пусковых затрат. При работе с ручным пульверизатором и аэрозолями, а также покрытиями на базе растворителей (за исключением покрытий на водной основе) оператор должен быть экипирован респираторным оборудованием.

Камера, в которой производится распыление, снабжена фильтрами для задержки твёрдых частиц. Эти фильтры должны быть сменными и могут рассматриваться по местным нормативным актам как опасные отходы в зависимости от типа используемого покрытия.

Автоматизированная система распыления

Автоматические пульверизаторы удобно использовать для распыления при наличии большого числа одинаковых или разнородных деталей. Для автоматизации процесса распыления можно использовать один из двух методов: поршневую систему распыления или устройство с выборочным покрытием.

Перед распылением вручную система автоматического распыления имеет ряд преимуществ. Она обеспечивает повышенную проникающую способность и более равномерное распределение покрытия, а также не требует контроля качества специально обученными инспекторами. Помимо обученных операторов со знанием производственного оборудования не требуются специальные навыки.

Тем не менее, требуют вложений устройства по экранированию и маскированию, а также автоматизация оборудования. Автоматизированное оборудование предполагает наличие вытяжки в камере для распыления. Производитель уточняет список требований к системе. В конструкции некоторых автоматизированных систем для распыления предусмотрены сушильные шкафы непосредственно после камеры для распыления. Сушильные шкафы предназначены для получения деталей с высушенным покрытием. Пока деталь находится в сыром состоянии любые манипуляции с ней недопустимы. В зависимости от типа покрытия конструкция шкафов должна быть безопасной с точки зрения легковоспламеняющихся испарений, если такие образуются при отверждении покрытия.

Пример нанесения покрытия аэрозольным способом (модель CB100 SCH Technologies) демонстрирует рисунок 1. Установка предназначена для нанесения защитных покрытий методом распыления на печатные платы. По сути, это вытяжной шкаф с вращающимся

Рис. 1. Установка для аэрозольного нанесения CB100 SCH Technologies

столом, на который помещается изделие, и пульверизатором. Стол может быть с ручным или автоматическим (опция) приводом. Под столом находится воздушный фильтр для удаления паров из рабочей зоны. В нижней части установки хранятся: пистолет-распылитель; средства индивидуальной защиты; воздушная магистраль с баллонами влагозащиты и растворителя. Габариты поворотного стола при ручном вращении 300 × 203 мм, полуавтоматическом 300 × 300 мм, что удовлетворяет средним потребностям производств. Установка оборудована функцией безопасного УФ-излучения для визуального контроля покрытия, а также дневным освещением.

Несмотря на потери вещества при чрезмерном распылении и распылении на замаскированные участки, благодаря грамотной конструкции системы можно получить коэффициент передачи в пределах 80%. При оптимальном размещении компоновочного узла на конвейерной ленте можно свести к минимуму потери вещества. На общую эффективность автоматизированной распылительной системы влияет каждый из перечисленных факторов:

- температура;
- работа клапана;
- работа крышки пневмоцилиндра и распылительной насадки.

При распылении обычно используется жидкость с меньшей вязкостью по сравнению с погружением.

Нанесение покрытия погружением

Самым недорогим и эффективным способом нанесения конформного покрытия является погружение. Этот

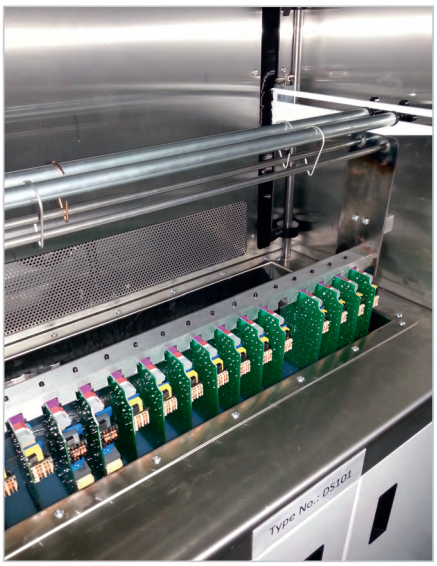


Рис. 2. Установка для нанесения погружением DS101 SCH Technologies

Рис. 3. Установка селективного нанесения Anda iCoat-X5

метод заключается в том, что компоновочный узел опускают в ванну с покрывным раствором, но при этом требуется маскирование чувствительных участков. Компоновочные узлы погружают в вертикальном положении.

Толщина покрытия зависит от скорости погружения и извлечения. Обычно рекомендуемая скорость погружения составляет 152...305 мм/мин. Применяемую скорость выбирают с учётом того, чтобы воздух, окружающий все детали, успел вытесниться. Компоновочный узел выдерживают в ванне после погружения до тех пор, пока не прекратится образование пузырьков. Скорость извлечения должна быть ниже каскадного эффекта покрытия. Обычно она составляет 25...152 мм/мин. Чем выше скорость извлечения, тем тоньше покрытие компоновочного узла. Слишком высокая скорость извлечения и большая вязкость материала могут привести к образованию наплывов и неровного покрытия на поверхности компоновочного узла.

На равномерность распределения покрытия влияет гравитация, и её следует учитывать до процесса нанесения покрытия. Необходимо проконсультироваться с производителем материала конформного покрытия по поводу испытанного способа предотвращения потерь растворителя и отверждения материала во время погружения.

Установка для нанесения влагозащитных покрытий на основе растворителя погружением DS101 SCH Technologies (см. рис. 2) представляет собой вытяжной шкаф, имеющий каркас из профилированного алюминия, обшитый стальными листами. В нижней части установки расположена ванна и пневматическая система. Пневмоцилиндр системы плавно опускает и поднимает держатель плат. При этом закреплённые на держателе печатные узлы будут погружаться в ванну с лаком и затем плавно извлекаться.

В стандартный комплект поставки входят: система контроля вязкости лака; система рециркуляции; ванна из нержавеющей стали; панель управления. Максимальная глубина погружения 300 мм, диапазон регулирования скоростей погружения/извлечения 25...300 мм/мин. Установка удобна в использовании и имеет раздельные регулировки скорости погружения и извлечения печатных узлов, пневматическую систему контроля, контроль вязкости материала, дверцы для минимизации негативного воздействия на оператора. Система подвеса позволяет за один цикл обрабатывать максимально возможное количество деталей.

Селективное нанесение покрытий

При нанесении покрытия погружением необходимо затрачивать время на маскирование и затем удаление маскированного слоя. Если на плате достаточно много элементов, не подлежащих покрытию, это займёт значительное время. В таком случае решением может стать селективное нанесение покрытий. Это своеобразный автоматический оператор, которому программой уже указано, куда следует наносить покрытие. При таком способе нанесения достигаются высокая точность, повторяемость, производительность и гибкость ввиду простоты создания программы и перепрограммирования, экономичный расход материала ввиду строгого нормирования, безопасность оператора, возможность нанесения на боковую поверхность компонентов. Возможно нанесение покрытия в трёх режимах: струйном, режиме распыления и закрученной струи. Использование различных насадок позволяет варьировать ширину нанесения.

Рассмотрим возможности оборудования селективным способом нанесения покрытий на примере установки Anda iCoat-X5 (см. рис. 3). Установка оснащена конвейером для встраивания в линию, УФ-светильником и предназначена для нанесения защитного покрытия на поверхности печатного узла выборочным способом, избегая областей, не предназначенных для покрытия. Установка имеет две конфигурации: голова с тремя аппликаторами, два из которых способны наклоняться, и голова с двумя или четырьмя аппликаторами, работающими в паре для увеличения производительности. Сама голова способна поворачиваться на 360°. Рабочая зона нанесения 400 × 460 мм. Различные типы аппликаторов позволяют наносить покрытие шириной от 1 до 30 мм одновременно и на большие участки, а также там, где нужна точность, не теряя скорости нанесения.

Полипараксилиленовые (париленовые) покрытия

Увеличение насыщенности радиоэлементами, в том числе бескорпусными, применение безвыводных пассивных и активных компонентов, высокоомных ИЭТ, особенно чувствительных к токам утечки, новых миниатюрных мощных ИС с большим количеством выводов, монтируемых на печатные платы с шагом меньше 0,625 мм, а также использование миниатюрных многоконтактных соединений приводит к необходимости использования новых принципов влагозащиты изделий, эксплуатируемых в особо жёстких условиях воздействия факторов окружающей среды. Вязкость лаков и плотность монтажа не позволяют материалу затекать под поверхность, что провоцирует образование пузырьков воздуха под компонентом и в дальнейшем грозит повреждением защитного покрытия (см. рис. 4). Решением данной проблемы является технология нанесения полимерных покрытий из газовой фазы в вакууме.

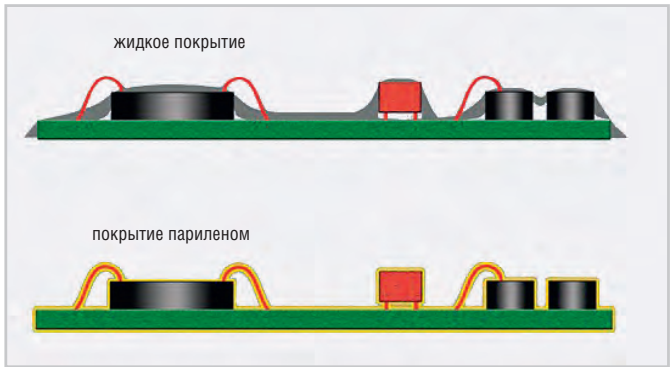


Рис. 4. Покрытия жидкое и париленом

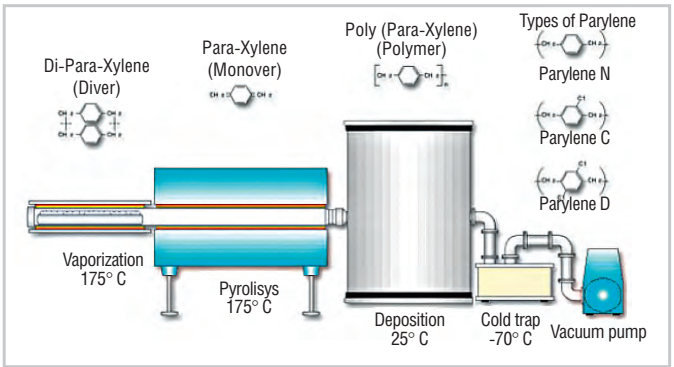


Рис. 5. Процесс нанесения парилена

Покрытия, получаемые вакуумным осаждением, имеют существенное отличие по структуре и свойствам от покрытий, получаемых из жидких сред, и реализуют свои защитные свойства при толщине 8...12 мкм. Основными преимуществами таких покрытий являются: высокие электроизоляционные свойства; низкие газо- и влагопроницаемость; возможность формирования покрытия при нормальных температурах; однородность покрытия по толщине на изделиях очень сложной конфигурации; отсутствие токсичности. Хорошо изученными и нашедшими широкое промышленное применение являются полипараксилиленовые покрытия (ППКП).

Вакуумное напыление полимера полипараксилилена (парилена) в виде плёнки на основание производят в вакуумной камере (см. рис. 5). Поскольку материал покрытия находится в газообразном состоянии, его вещество способно проникать в мельчайшие пространства, оседая на всевозможных поверхностях. Этот способ используют, когда необходимо нанести покрытие на всю поверхность. Не предназначенные для покрытия участки можно замаскировать, используя различные методы.

Толщина наносимой плёнки точно регулируется, покрытие получается равномерным, также можно спрогнозировать потребность в повторной процедуре. Полипараксилилены обладают очень сильными диэлектрическими свойствами, являются превосходными гидроизолянтами и антикорами с низким газовыделением. Это стойкое покрытие, не изменяющееся со временем, поскольку является чистым полимером.

Нанесение данного покрытия требует специального вакуумного оборудования и обученного персонала, можно обратиться к организации, предоставляющей услуги по нанесению покрытия.

Технология нанесения покрытия включает три основные стадии:

1. Возгонка в вакууме димера (дипара-ксилилена) при температуре +150°С и остаточном давлении порядка 1 мм рт. ст.
2. Термическое разложение (пиролиз) пара-ксилилена с образованием двух бирадикалов. Условия осуществления этой операции: остаточное давление 0,5 мм рт. ст., температура +650...+680°С.
3. Осаждение бирадикалов на холодной поверхности печатного узла с одновременной полимеризацией, которое происходит в условиях ещё более глубокого вакуума (0,1 мм рт. ст.), но уже при нормальной температуре.

Регулирование температуры печатного узла и скорости подачи мономера даёт возможность влиять на свойства получаемого покрытия. Свойства такого покрытия действительно уникальные. Париленовые покрытия характеризуются очень низкими водопоглощением, газо- и влагопроницаемостью.

Компания Plasma Parylene Systems выпускает установки для нанесения парилена в различных конфигурациях – от 20 до 800 л. Также возможно изготовление камер бóльшего размера под заказ. Интересно это оборудование тем, что каждая модель создаётся по запросу заказчика, учитывая его потребности, при необходимости оснащается плазмой для очистки поверхности. Серии установок обширны:

- серия 200 с объёмом рабочей камеры от 20 л и выше (изначально не оснащена источником плазмы, при необходимости можно добавить);
- серия 300 имеет малые габариты рабочей камеры (источник плазмы изначально идёт в комплекте поставки);
- серия 3000 имеет модульную конструкцию и различные размеры рабочей камеры, а также многочисленные опции, такие как вращение пластин и разнообразные оправки, высоко оценённые заказчиками;
- серия 3000 RR – 3000-я серия, адаптированная для чистых помещений;
- серия 2000 с вращающимся барабаном – компактное оборудование с встроенной охлаждаемой ловушкой и насосом.

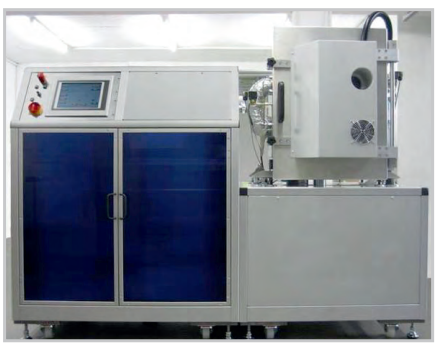


Рис. 6. Установка для нанесения парилена 3000 LV 140

Модель 3000 LV 140 (см. рис. 6) – объём 140 л, диаметр камеры 500 мм, высота 700 мм, имеет встроенный источник плазмы, включая один газовый канал. Для покрытия париленом подходят почти любые основы, такие как металл, стекло, бумага, лак, пластмассы, керамика, ферриты и силиконы. За один цикл толщина осаждённой плёнки может достигать от 500 нм до 50 мкм. При необходимости производитель имеет возможность доработать оборудование под потребности заказчика.

Выбор технологий и оборудования многогранен, у каждого есть свои плюсы и минусы, и выбрать подчас бывает сложно. Надо исходить из того, что стоит в приоритете: качество, стоимость, скорость обработки, объёмы. Всегда можно найти решение, которое позволит оптимизировать производство.

НОВОСТИ МИРА

Арсений Брыкин представил экспертам элементы стратегии Росэлектроники

Пленарная дискуссия «Лидеры российского бизнеса – основа экономического суверенитета страны» состоялась 27 сентября в Москве в рамках XIII Ежегодного форума крупного бизнеса RAEX-600 «Кто создаёт экономику России». В мероприятии приняли участие ведущие эксперты промышленности, банковского сектора и институтов развития, в частности, заместитель генерального директора, статс-секретарь АО «Росэлектроника» Арсений Брыкин.

«Поиск идей новых продуктов и рынков через новые инструменты взаимодействия с научными центрами, вузами и институтами развития мы рассматриваем как эффективный инструмент диверсификации деятельности холдинга и радиоэлектронной отрасли в целом», – сообщил А. Брыкин.

Он напомнил, что при АО «Росэлектроника» создан специальный орган – Координационный совет опорных вузов и институтов развития, призванный обеспечить экспертную оценку перспективных проектов извне и, в случае успешной доработки, включить проекты в инвестиционную программу холдинга.

В дискуссии также приняли участие заместитель министра строительства и ЖКХ Андрей Чибис, первый вице-президент ВЭБ Сергей Евдокимов, управляющий директор агробизнеса группы «Базовый элемент» Андрей Олейник, председатель правления корпорации «Баркли» Леонид Казинец, председатель совета директоров ГК «Российские коммунальные системы» Григорий Терян, заместитель генерального директора концерна «РУСЭЛПРОМ» Святослав Масютин, заместитель генерального директора ПАО «ОМЗ» Владимир Дюков, руководитель корпоративного блока Промсвязьбанка Евгений Козеренко, заместитель директора Фонда развития промышленности Сергей Вологодский.

Форум «Кто создаёт экономику России» организуется рейтинговым агентством «Эксперт РА» с целью выявления отраслей национальной экономики, приоритетное развитие которых гарантирует экономический суверенитет России и обеспечивает укрепление её конкурентных позиций на мировом рынке.

www.ruselectronics.ru

ГРПЗ подтвердил соответствие современным стандартам управления качеством

Эксперты Центра сертификации «Ростехсертификат» АО «РТ-Техприёмка» провели инспекционный контроль в АО «Государственный Рязанский приборный завод» (входит в КРЭТ) в рамках договора на сертификацию.

Сертификат соответствия подтверждает эффективность применения в АО «ГРПЗ» самых современных инструментов в области управления качеством продукции и повышения удовлетворённости потребителей.

В настоящее время АО «ГРПЗ» имеет действующие сертификаты соответствия требованиям стандартов ГОСТ Р ИСО 9001-2015, ГОСТ ЕН 9100-2011, ГОСТ РВ 0015-002-2012. Реализация требований данных стандартов позволяет внедрять уникальные передовые технологии, постоянно модернизировать производство и, как следствие, выпускать современную конкурентоспособную продукцию.

grpz.kret.com

КОМЛЕКСНЫЕ ПОСТАВКИ
ВЫСОКОНАДЕЖНОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ
ОТЕЧЕСТВЕННОГО
И ИМПОРТНОГО
ПРОИЗВОДСТВА

ПОСТАВКА
МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

РАЗРАБОТКА
КОМПЛЕКСОВ ИМИТАЦИИ БОРТОВОЙ СЕТИ
ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

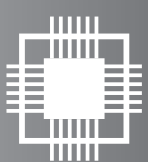
ПОСТАВКА ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ИСПЫТАНИЙ

ПРОВЕДЕНИЕ
ИСПЫТАНИЙ НА ЭМС

СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ
ПОСТАВЛЯЕМОГО
ОБОРУДОВАНИЯ

АТТЕСТАЦИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ПО ГОСТ Р 8.568
ГОСТ РВ 0008-002

ТЕСТПРИБОР



РАЗРАБОТКА И
ПРОИЗВОДСТВО КОРПУСОВ
ДЛЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

ПРОВЕДЕНИЕ
СЕРТИФИКАЦИОННЫХ
ИСПЫТАНИЙ ЭКБ

ПРОИЗВОДСТВО КЕРАМИЧЕСКИХ ПОДЛОЖЕК
ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

АО «ТЕСТПРИБОР»

125480, г. Москва,
ул. Планерная, д. 7А

+7 (495) 657-87-37

tp@test-expert.ru

www.test-expert.ru

Реклама

Современные 32-разрядные ARM серии STM32: программный инструмент STM Studio

Олег Вальпа (sandh@narod.ru)

В статье приведено описание программного инструмента STM Studio для мониторинга и визуализации переменных кода программы микроконтроллеров серии STM32 от компании STMicroelectronics.

Введение

В процессе отладки программ для микроконтроллеров довольно часто возникает необходимость в наблюдении за изменением некоторых переменных, используемых в программе, во время её выполнения. Это позволяет быстро обнаружить ошибку в программе или убедиться в её работоспособности.

Для реализации такого наблюдения, называемого мониторингом, применяют различные аппаратные отладчики в комплексе со специальными программами. Как правило, эти средства стоят довольно дорого и не всем доступны. Альтернативой данных средств может послужить бесплатный программный продукт компании STMicroelectronics [1], позволяющий следить за изменением любой переменой программы микроконтроллера и визуализировать её значения в виде графика на экране монитора компьютера в реальном масштабе времени.

Установка программы STM Studio

Программа STM Studio может работать с несколькими стандартизованными и доступными отладчиками микроконтроллеров. Одним из наиболее распространённых отладчиков является ST-Link SWD, входящий в состав популярной и недорогой отладочной демонстрационной платы STM32VLDISCOVERY для микроконтроллеров серии STM32.

Программа STM Studio устанавливается на компьютер с операционной системой Windows XP, Windows Vista или Windows 7. Для использования программы STM Studio на компьютере, необходимо загрузить её с источника [2] и выполнить стандартную установку. После установки данной программы на рабочем столе компьютера появится соответствующий ярлык.

Программа STM Studio разработана на базе Java и для своей работы требует наличия установленной программы java runtime environment, которую можно загрузить с источника [3].

Пример использования программы

Рассмотрим работу программы STM Studio на конкретном примере. Для этого будем использовать демонстрационную плату STM32VLDISCOVERY и небольшую программу для микроконтроллера STM32, содержащую переменную, регулярно изменяющую своё числовое значение.

Демонстрационная плата STM32VLDISCOVERY подключается к компьютеру с помощью интерфейса USB. В листинге приведён пример простой программы для микроконтроллера:

```
#include «stm32f10x.h»
// Функция программной задержки
void delay(void)
{
volatile uint32_t j, i;
for (j=0; j!=5000; j++) i++;
}
// Главный модуль программы
int main(void)
{
uint8_t n=0;
while(1) // Бесконечный цикл
 {
 n=n+1;
 delay();
 } // Конец цикла
} // Конец программы
```

В этой программе в основном цикле производится регулярное увеличение переменной «n» на единицу. Данную программу необходимо транслировать, например, в среде разработки Keil, с целью получения загрузочного файла для отладочной демонстрационной платы STM32VLDISCOVERY и служебного файла с расширением ELF, содержащего адреса переменных, используемых в программе. Загрузочный файл необходимо загрузить в отладочную плату STM32VLDISCOVERY.

В STM Studio имеется два способа добавить переменную для наблюдения за ней. Первый способ позволяет вручную создать переменную, указав адрес её расположения и тип данных. Адрес переменной можно узнать с помощью отладчика среды разработки. Второй способ позволяет добавить переменную импортированием из служебного файла, например, с расширением ELF. Воспользуемся вторым способом.

После установки и запуска программы STM Studio на экране монитора откроется главное окно программы (см. рис. 1).

В этом окне необходимо с помощью раскрывающего списка выбрать интерфейс отладчика ST-Link SWD. Затем потребуется импортировать адрес переменной «n», используемой в программе микроконтроллера, из подготовленного ранее служебного файла с расширением ELF. Для этого следует с помощью меню File -> Import variable открыть окно (см. рис. 2).

В этом окне необходимо нажать ниже строки Executable file программную кнопку выбора файла «...» и найти на компьютере подготовленный ранее файл с расширением ELF. После выбора файла и нажатия программной кнопки Select executable file в появившемся списке переменных следует выбрать интересующую переменную и нажать программную кнопку Import. После чего выбранная переменная окажется в списке для отображения на графике.

Теперь остаётся только задать тип переменной (для нашего случая «unsigned 8-bit») и цвет отображаемого графика.

Период обновления графика и формат данных, используемых в программе STM Studio, задаются в окне, открываемом с помощью меню Options -> Acquisition settings (см. рис. 3).

Здесь необходимо задать Word-variables format как Little endian (STM32 default) и установить желаемый период обновления графика.

Последней операцией будет запуск построения графика через меню Run -> Start или программной кнопкой с зелёным треугольником. Эта же кнопка используется для останова построения графика.

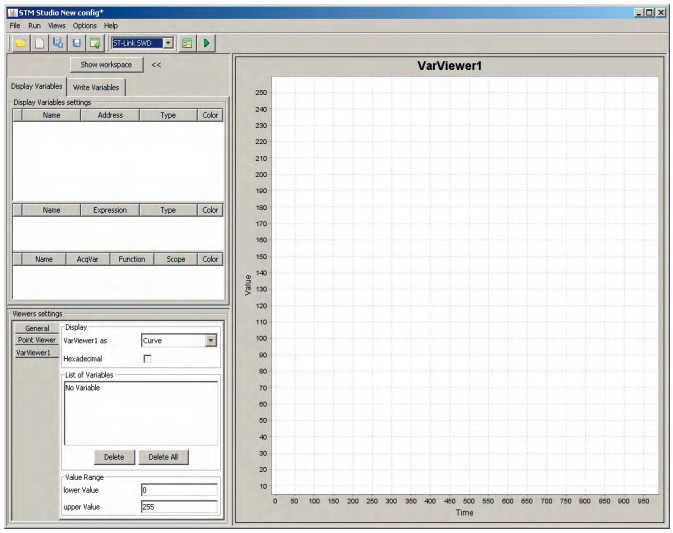


Рис. 1. Главное окно программы STM Studio

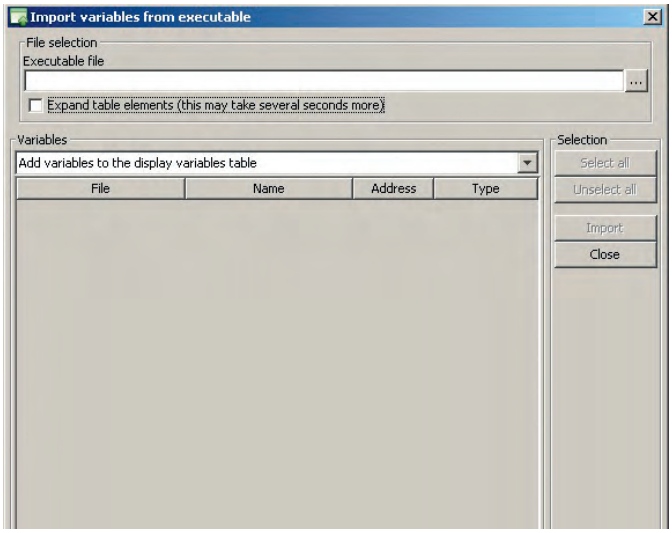


Рис. 2. Окно импорта адреса переменной

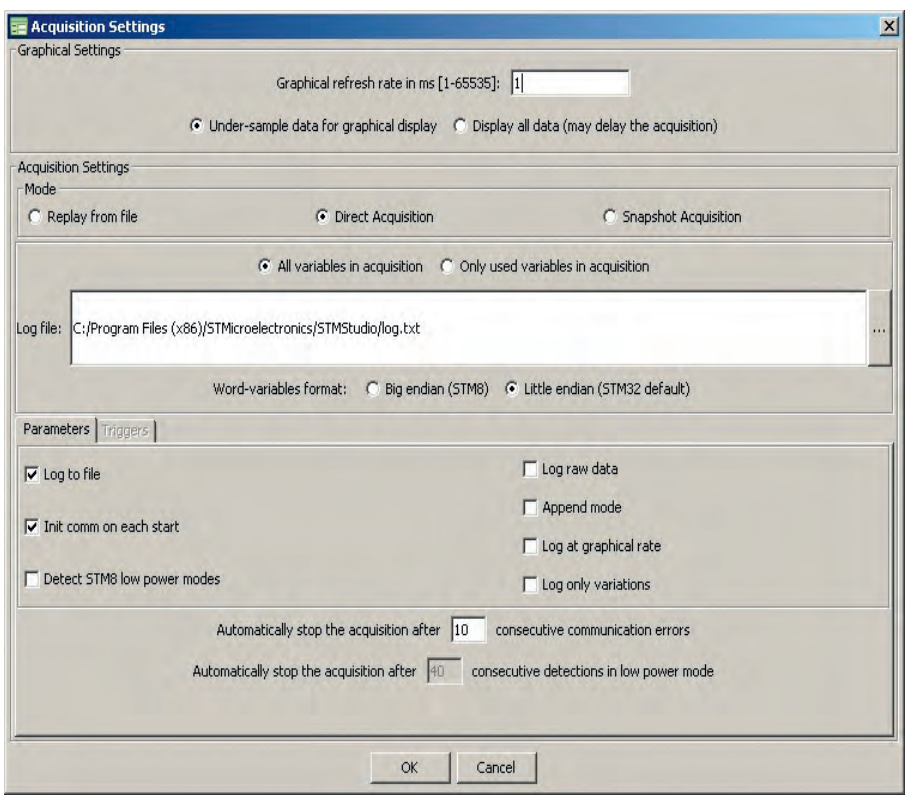


Рис. 3. Окно дополнительных настроек

Масштаб отображаемого графика можно изменять с помощью колёсика манипулятора мыши.

В нашем примере переменная «n» будет регулярно изменять своё значение от 0 до 255, что приведёт к построению графика на экране монитора в виде пилы.

С помощью программы STM Studio можно отображать графики нескольких переменных одновременно. Для этого нужно будет добавить новые переменные в программу, заново транслировать её, записать в отладочную плату и импортировать новые переменные, как описано выше.

Таким образом, можно будет наблюдать на экране монитора графическое изменение переменных относительно друг друга.

Литература

1. www.st.com
2. www.st.com/internet/evalboard/product/251373.jsp
3. www.java.com/ru/download

АРБЕЛОС
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
РОССИЙСКИЙ РАЗРАБОТЧИК И ПРОИЗВОДИТЕЛЬ
– Разработка герметичных DC/DC-преобразователей для ответственных применений
– Разработка и производство мощных источников питания для авиационной аппаратуры
– Разработка заказных силовых и ВЧ/СВЧ-модулей
– Производство дискретных силовых компонентов в керамических корпусах
– Разработка и проведение испытаний изделий и компонентов силовой электроники
PROCHIP POWERED BY PROSOFT
ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИЛЕР
АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА
(495) 232-2522 ▪ INFO@PROCHIP.RU ▪ WWW.PROCHIP.RU
Реклама

Дисплеи Spanpixel для применения на железнодорожном транспорте

Игорь Матешев (mateshev@prochip.ru)

В статье рассмотрены варианты применения полосковых дисплеев на железнодорожном транспорте, в частности метрополитене. Дана краткая информация о полосковых дисплеях, рассмотрены ключевые требования, предъявляемые к ним для различных применений на железной дороге.

Введение

Современный транспорт немыслим без жидкокристаллических дисплеев. Они сопровождают нас повсюду – в поездах, автомашинах, самолётах. Дисплеи показывают машинисту параметры состава, водителю – скорость и маршрут движения, а пилоту – высоту и карту погоды. И, конечно, яркие и красочные дисплеи используются в развлекательных и информационных устройствах. Они встречают нас в аэропортах и вокзалах, предоставляют информацию о расписании движения и демонстрируют рекламу, развлекают в пути, показывают следующую станцию и температуру на улице. Жители современного мегаполиса уже привыкли к дисплеям, зачастую даже не обращают на них внимание.

Тем не менее, есть дисплеи, которые обращают на себя внимание почти всегда – это дисплеи нестандартного формата, как правило полоскового. Именно эти дисплеи сейчас занимают всё бóльшую долю рынка информационных дисплеев для транспорта, особенно железнодорожного. О применении полосковых дисплеев на железнодорожном транспорте и поговорим, а в качестве примера рассмотрим дисплеи производства самой известной на этом рынке компании – Litemax. Серия их полосковых дисплеев называется Spanpixel.

Полосковые дисплеи Litemax

В России пока «не устоялся» даже сам термин, в интернете можно найти «широкоформатный дисплей», «bar-type панель», «резаный дисплей», «вытянутый дисплей» и даже «узкий монитор». Все они обозначают одно – ЖК-панель, у которой с помощью высокоточного оборудования отрезали часть, чтобы получить широкую активную область. Такие дисплеи выглядят очень необычно и идеально подходят для рекламы или информационных табло.

Серийное производство ЖК-панелей с нестандартными размерами по полному циклу коммерчески невыгодно (хотя некоторые производители-гиганты всё-таки делают их, получая прибыль благодаря огромным объёмам производства).

Поэтому, чтобы получить полосковую ЖК-панель нужного формата серийные ЖК-панели обрезают до нужного размера. Пионером в этой области стала тайваньская компания Litemax. Впервые они начали разрезать панели около 20 лет назад, и сейчас эта технология уже успешно отработана. С помощью этой операции из панелей стандартных форматов (3:4 или 16:9) можно получить квадратные или полосковые формы. Панели с квадратной формой экрана используются для мониторов авионики, а полосковые панели востребованы на транспорте и в торговле (см. рис. 1 и 2).

При разрезании ненужные драйверы строк и столбцов отделяют, потом подгоняют под нужный формат плёнки нижнего и верхнего поляризаторов. Затем режут алмазной фрезой обе стеклянные подложки ЖК-панели. Жидкие кристаллы не вытекают, потому что их удерживают на месте капиллярные силы, при этом они остаются полностью работоспособными. Последний штрих – герметизация ЖК-зазора. С помощью этой операции можно получать экраны почти любой формы (кроме круглой). Чтобы упростить производство, обычно берут в качестве основы панели со стороной требуемого размера [1, 2]. Поскольку размер дисплея-донора можно брать практически любой, то и вариаций полосковых дисплеев у Litemax несравнимо больше, чем у тех производителей, которые создают полосковые дисплеи по полному циклу.

Если рассматривать дисплеи Spanpixel, то можно выделить три модификации каждого дисплея:

1. Серия SSF – комплект панель + драйвер подсветки;
2. Серия SSH – полный комплект для подключения, с видеоконтроллером и всеми кабелями;
3. Серия SSD – полный комплект для подключения в корпусе, фактически, полосковый монитор.

Рис. 1. Монитор Spanpixel для применения в торговле

Рис. 2. Монитор Spanpixel для транспортной отрасли

Рис. 3. Пульт машиниста поезда

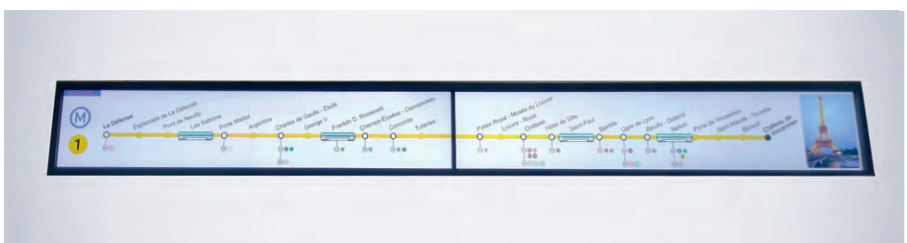


Рис. 4. Монитор Spanpixel для табло в вагоне метро

Применение дисплеев Spanpixel на железнодорожном транспорте

Дисплеи, используемые на железнодорожном транспорте, можно разделить на следующие категории:

- дисплеи кабины машиниста;
- информационно-развлекательные системы в вагонах;
- оборудование для контроля и управления железнодорожной инфраструктурой.

Каждая категория весьма специфична и характеризуется определёнными требованиями к используемому оборудованию. Впрочем, есть требования, распространяющиеся на все категории, например, практически любой дисплей для транспорта должен читаться при ярком освещении, быть устойчивым к вибрациям и электромагнитным помехам, высоким и низким температурам и влажности.

Для дисплеев кабины машиниста, как правило, выбираются модели стандартного формата с высоким внешним контрастом [3] и большим временем наработки на отказ. Но и тут начинают применяться полосковые дисплеи. Поскольку пульт машиниста зачастую проектируется в габаритах устаревших конструкций, при модернизации бывает сложно найти место для дисплея стандартного формата. Тут-то и выручают дисплеи нестандартной формы. К примеру 19-дюймовый полосковый дисплей Litemax Spanpixel SSF1916-ANN-A01 с рабочей областью 477 × 96 мм может отображать не меньше информации, чем стандартный 10-дюймовый, но при этом легко помещается в любой пульт (см. рис. 3).

Самое интересное применение полосковых дисплеев это, безусловно, информационные и рекламные панели в вагонах (см. рис. 4). Самый популярный вариант – модуль наддверного табло, который используется для отображения текущей остановки, информационных сообщений и рекламных роликов. В России сейчас самым популярным решением пока что остаётся бегущая строка или светодиодная индикация текущей остановки. При определённых достоинствах (простота и дешевизна) эти системы уже откровенно устарели, и на смену им постепенно приходят новые конструкции: либо набор из нескольких небольших дисплеев, либо ультраширокие дисплеи. Главный плюс таких систем – вариативность. При изменении маршрута движения, например, при переводе поезда в другое депо или при появлении новых станций, достаточно подкорректировать программное обеспечение, переделывать «железо» не нужно. Кроме того, рекламные ролики на таких дисплеях – дополнительный источник дохода для оператора железнодорожного транспорта.

При проектировании информационных систем производители стараются связать их в единую сеть на весь

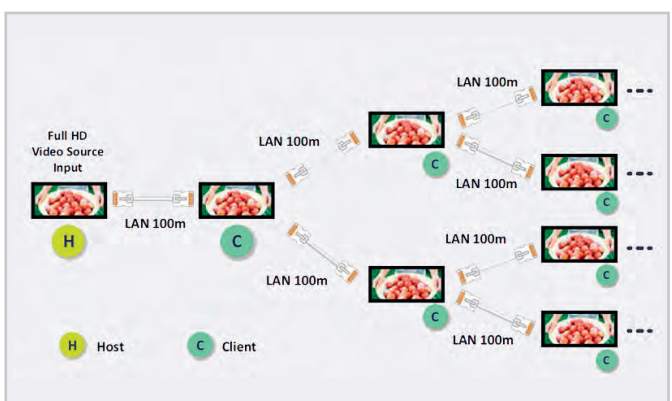


Рис. 5. Схема подключения «daisy chain»

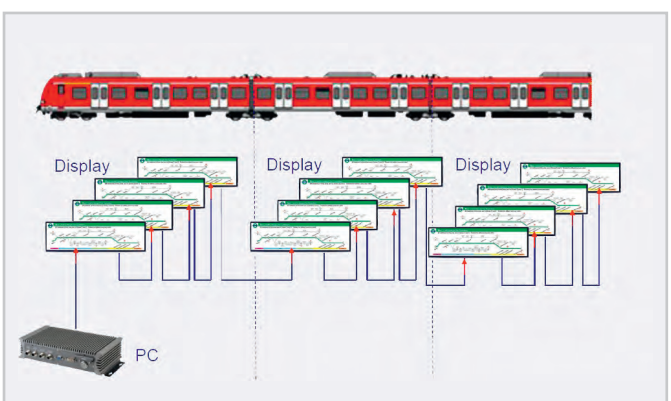


Рис. 6. Пример создания сети дисплеев в поезде

Сравнение полосковых дисплеев

Производитель Модель	Litemax SSF1916-ANN-A01	AUO G190SF01 V0	Mitsubishi AA192AA01
Диагональ, дюйм	19,1	19	19,2
Размер рабочей области (Г × В), мм	476,6 × 96,3	473,76 × 96,44	478,08 × 89,64
Разрешение	1920 × 388	1680 × 342	1920 × 360
Яркость, кд/м^2	1200	300	500
Угол обзора, горизонт/вертикаль, град	178 / 178	178 / 178	160 / 140
Интерфейс	LVDS	LVDS	LVDS
Корпус	Без корпуса	Без корпуса	Без корпуса

вагон (или даже поезд). Благодаря этому можно ощутимо упростить систему, сделать её более надёжной и экономичной.

Существует несколько способов, один из самых простых – это подключение гирляндой (daisy chain) (см. рис. 5) – дисплеи в составе подключаются последовательно, получая сигнал от одного компьютера. К компьютеру через HDMI-интерфейс подключается мастер-плата (производства всё той же компании Litemax), сигнал с неё через витую пару передаётся на подчинённую плату, откуда он выводится на дисплей. Дальше с одной подчинённой платы сигнал по витой паре можно передать на несколько (до трёх) дополнительных плат, а с них и дальше. Таким образом, один компьютер может подать сигнал на весь состав. Конечно, не всегда нужно подавать одно и то же изображение на все дисплеи в системе, но в случае с поездом, как правило, необходимо выводить схему движения, объявления и рекламу, а их вполне можно унифицировать на весь вагон или состав (см. рис. 6).

При выборе самих дисплеев важно учитывать условия эксплуатации. Например, при выборе дисплея для вагона метро желательно, чтобы яркость была не меньше 1000 кд/м^2 – всё же в вагоне есть засветка от внутреннего освещения и от солнечных лучей – практически во всех метрополитенах есть надземные станции и перегоны. Желательно, чтобы у дисплея было высокое разрешение, потому что благодаря ему можно разместить больше читаемого контента. Кроме того, на любом железнодорожном решении дисплеи должны удовлетворять определённым требованиям по виброустойчивости. Все эти требования описаны в стандарте EN 50155.

Примеры полосковых ЖК-дисплеев Litemax

Для примера выбраны три производителя: Mitsubishi, Litemax и AUO, которые делают полосковые дисплеи в том числе и для железнодорожного транспорта. К сожалению, разнообразием производителей этот рынок не изобилует, поскольку производство полосковых дисплеев весьма наукоёмкое и трудоёмкое.

Один из крупнейших игроков – это Litemax. В его арсенале больше 25 разных диагоналей полосковых дисплеев, есть и низкотемпературные модели, и дисплеи с большим разрешением. Практически у всех приборов этого производителя полосковые дисплеи оснащены подсветкой с яркостью 1000 кд/м^2 и выше.

Полосковые мониторы Litemax соответствуют стандарту EN50155.

Производитель заявляет о многих успешно воплощённых в жизнь проектах, например, информационные системы метро в Сингапуре и Китае, автобусные маршрутные дисплеи в Турции, США, Израиле, Польше, Чехии и Германии. Поскольку они серьёзно ориентированы на транспортные рынки, то предоставляют и всю необходимую обвязку, включая оборудование для подключения гирляндной цепочки.

AUO производит гораздо меньше разновидностей полосковых дисплеев, предназначенных прежде всего для рекламы в помещениях и закрытых вагонах. Однако в отличие от Litemax, которые производят дисплеи методом обрезки дисплея-донора, AUO делает их по тому же производственному циклу, что и стандартные. Кроме того, огромные мощности заводов тайваньской компании позволяют держать цены на такие дисплеи в среднем ценовом сегменте, даже несмотря на более сложную технологию изготовления.

Дисплеи Mitsubishi также производятся по полному циклу, как и AUO, так что моделей у них тоже немного. Главное, в чём сильны японцы, – у них есть модели с трансфлективной технологией (дополнительный отражающий слой помогает читать картинку при ярком освещении) и с рабочим температурным диапазоном от –40°C. Хотя многие дисплеи от AUO и Litemax способны выдержать такие низкие температуры, только дисплеи Mitsubishi способны работать при такой низкой температуре в условиях вибраций – всё благодаря полимеру, разработанному японскими разработчиками для создания мембран с жидкими кристаллами.

В представленной таблице указаны три аналогичных дисплея на 19" от всех трёх производителей. Для дисплея Spanpixel приведена начальная версия SSF, без корпуса.

Заключение

В западноевропейских странах и Азии дисплеи уже прочно связаны с транспортом. В России есть некоторое отставание в этом вопросе, однако ускоренные темпы развития общественного транспорта (в частности железнодорожного) могут привести к тому, что скоро все вагоны и автобусы будут оборудованы информационными видеосистемами. Причём самыми информативными, удобными и простыми в интеграции будут системы, сделанные на полосковых дисплеях.

Компания Litemax уже много лет специализируется на производстве таких дисплеев – разработан большой ассортимент и усовершенствована технология резки, благодаря чему её дисплеи – оптимальный выбор.

Литература

1. *Матешев Игорь.* Дисплейные технологии Litemax для применения на транспорте. Современная электроника. №4. 2017.
2. *Петропавловский Юрий, Самарин Александр.* Дисплейные решения Litemax для индустриальных приложений. Компоненты и технологии. №3. 2014.
3. *Туркин Андрей, Матешев Игорь.* Защищённые мониторы – от дисплея до тачскрина. Современная электроника. №7. 2016.

НОВОСТИ МИРА

Росэлектроника представит новую систему фотовидеофиксации нарушений ПДД

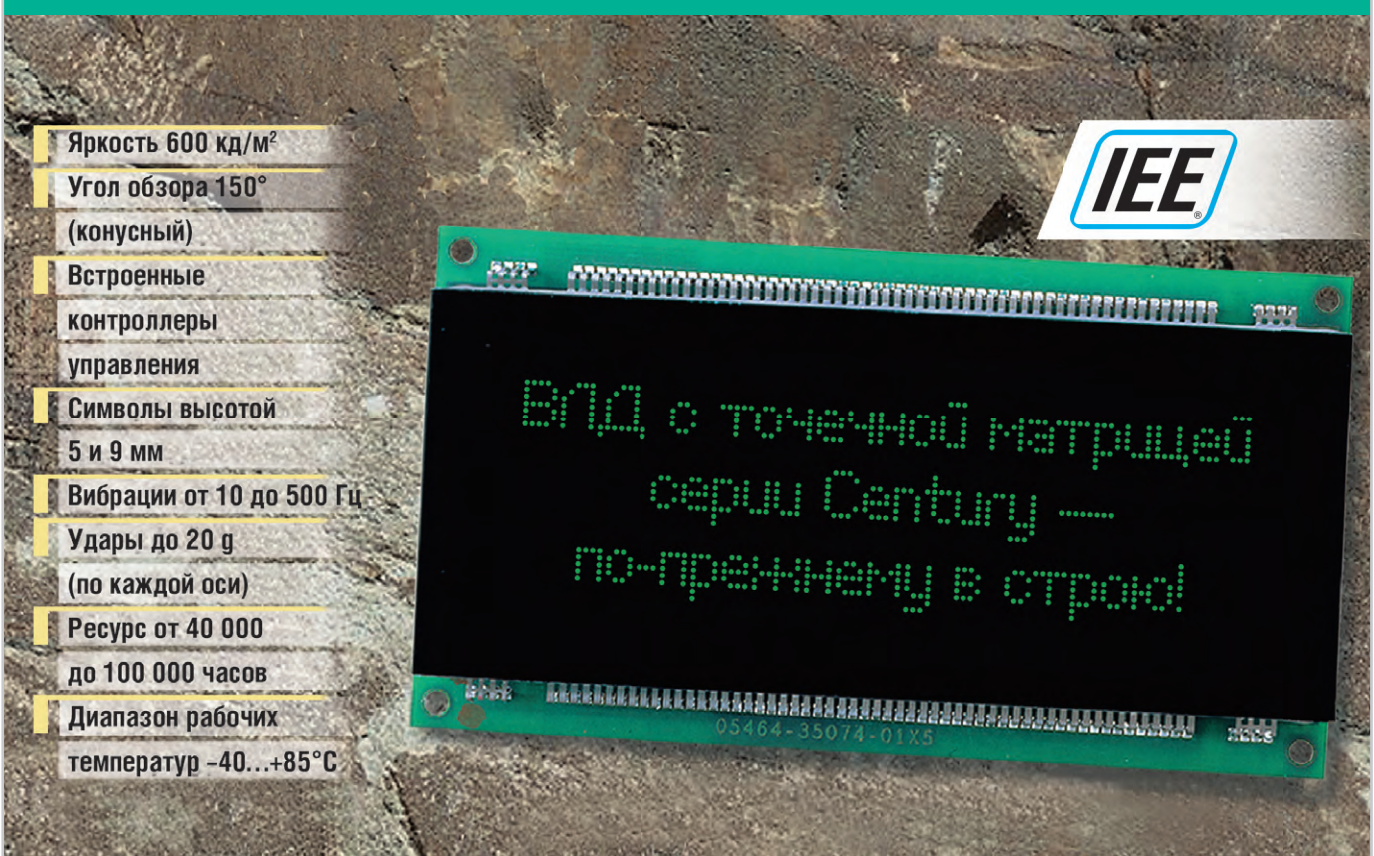
В рамках XII Международного форума по вопросам безопасности «InterSecurityForum-2017» холдинг «Росэлектроника» (входит в Госкорпорацию Ростех) представит новую систему фотовидеофиксации административных нарушений правил дорожного движения (ПДД) «Призма», разработанную АО «Концерн «Вега».

Система «Призма» предназначена для круглосуточной регистрации фактов нарушений ПДД транспортными средствами, распознавания их государственных регистрационных знаков, автоматического определения вида нарушения с целью сбора доказательной базы для отправки в центр автоматизированной фиксации административных правонарушений (ЦАФАП).

От существующих на российском рынке аналогов «Призма» отличается высокой надёжностью и устойчивостью к вирусным атакам. Разработка Концерна «Вега» более чем в два раза превосходит альтернативные продукты по производительности. Система собрана на базе абсолютно нового модульного суперкомпьютера Nvidia Jetson Tx2 с исполнением на архитектуре ARM 64 и с применением операционной системы Linux. Низкая потребляемая мощность (до 15…40 Вт) позволяет использовать «Призму» в автономном режиме с питанием от солнечных батарей. Простота монтажа и обслуживания отличает новую разработку от существующих на рынке систем.

«Новости компании Росэлектроника»

ВАКУУМНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ДИСПЛЕИ
ДЛЯ ЖЁСТКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ



ProChip powered by ProSoft
ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР
АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА
(495) 232-2522 ▪ INFO@PROCHIP.RU ▪ WWW.PROCHIP.RU
Реклама

Круглые разъёмы M12 – ещё больше мощности

Юрген Сахм, Phoenix Contact Connector Technology GmbH, Германия

Концепция Industrie 4.0 требует мощных, гибких и, самое главное, компактных решений для подключения распределённых компонентов автоматизации. Стандарт M12 всё чаще становится универсальным решением для пользователей во всём мире благодаря своей надёжности, возможности работы в жёстких условиях эксплуатации в различных областях промышленности и компактным габаритам.

В современных условиях развития технологий производства и максимальной автоматизации производственных процессов растёт потребность не только в самих устройствах автоматизации, что предусматривает рост потребления электроэнергии, но и требуется передача большого объёма данных и сигналов, а также больших мощностей – как следствие, необходимы новые удобные решения. Новые требования предъявляются также и к автоматизированному монтажу элементов при изготовлении промышленной электроники для всех компонентов, используемых в приборах и устройствах, будь то микросхемы, полупроводники или разъёмы. SMD-компоненты используются повсеместно и монтируются на автоматизированных линиях поверхностного монтажа, однако для установки внешних герметичных разъёмов зачастую необходим дополнительный этап ручной пайки или обжима проводников.

Industrie 4.0 представляет собой революцию в промышленном производстве. Центральной идеей Industrie 4.0 является децентрализация интеллектуальных функций измерения, мониторинга и контроля. Современные компоненты автоматизации, датчики и исполнительные механизмы могут работать непосредственно в полевых условиях – таким образом, их легко можно адаптировать к новым производственным условиям без необходимости изменять всю коммуникационную структуру (см. рис. 1). Эта тенденция к компактным децентрализованным компонентам вместо централизованных шкафов управления определяет требования и к соединениям. Всё чаще требуются мощные, легко монтируемые на месте и при этом компактные решения для передачи сигналов, данных и электроэнергии в составе полевых устройств. Основными приоритетами для производителей устройств, операторов установок и обслуживающего персонала являются надёжность, доступность и экономическая эффективность.

Промышленный стандарт M12

Компактные, но чрезвычайно мощные разъёмы M12 отвечают этим требованиям практически идеально. Разъёмы M12 стали широко распространяться в качестве отраслевого стандарта для передачи сигналов и данных с 1990-х годов. Первоначально разработанные для полевых кабелей датчиков и исполнительных механизмов, круглые разъёмы M12 и M8 в наши дни превратились в универсальный промышленный стандарт для передачи сигналов, данных и электропитания.

Рис. 1. Современное производство, соответствующее парадигме Industrie 4.0

Широкое применение герметичных разъёмов M12 в промышленном оборудовании позволило производителям при разработке новых серий и типов соединителей учесть пожелания ключевых потребителей и общие требования определённых отраслей. Именно по этой причине за последние несколько лет номенклатура разъёмов пополнилась современными решениями для передачи данных со скоростью до 10 Гбит/с, разъёмами для передачи сигналов с количеством контактов от 4 до 17, а также силовыми разъёмами M12 POWER с 4 и 5 контактами. Такие разъёмы отвечают современным тенденциям модульно расширяемых децентрализованных узлов при использовании в качестве связующего звена между полевыми кабелями и для соединения устройств между собой. Они прекрасно подходят для серводвигателей, распределительных коробок, исполнительных механизмов и клапанов, управляемых по промышленным шинам ввода/вывода.

В дополнение к общепромышленному применению разъёмов M12 новые версии для передачи данных и питания также становятся востребованными и в других областях, например, на транспорте или телекоммуникационном оборудовании в защищённом исполнении.

Разъёмы питания M12 POWER

Phoenix Contact давно играет ключевую роль в разработке и продвижении стандарта M12.

В 2010 году технология, казалось бы, достигла своих пределов в версиях с высокой плотностью (до 17) контактов для сигнальных приложений и разъёмах с X-кодировкой для передачи данных до 10 Гбит/с (CAT6A Ethernet), Phoenix Contact продолжил работать над расширением номенклатуры разъёмов питания. Цель – созда-

ние стандартизированных решений для всё более компактных устройств автоматизации и, в конечном итоге, формирование полного и однородного ассортимента продуктов для передачи сигналов, данных и питания. Результаты первых разработок и испытаний были очень перспективными. Версии с S-кодировкой и четырьмя контактами (3+PE) были предназначены для напряжений до 630 В и тока до 12 А. Первое поколение продуктов M12 POWER имеет имен-но эти спецификации, которые стали частью стандарта IEC 61076-2-111 в 2011 году. Для низковольтных приложений была разработана ещё одна версия с T-кодировкой на 63 В и 12 А. Однако и новые разъёмы с S- и T-кодировкой не до конца позволили решить задачи по подключению трёхфазных двигателей и преобразователей, которые имеют особые требования в отношении полевых кабелей.

Повышенная надёжность для большей мощности

С момента появления первых версий разъёмов M12 в 1980-х годах гнездовые вставки четырёхконтактных разъёмов M12, которые первоначально были спроектированы для соединения датчиков, имели диаметр 8,2 мм. Это позволяло обеспечить достаточные воздушные зазоры и пути утечки тока. Однако для разъёмов питания с увеличением количества контактов до 5 или 6 необходимо было увеличить и размеры контактной вставки, чтобы обеспечить необходимые воздушные зазоры и пути утечки.

Новые контактные вставки разъёмов M12 с кодировкой K, L и M (см. рис. 2), разработанные и стандартизированные фирмой Phoenix Contact, имеют универсальный диаметр 8,7 мм. Это увеличение всего на 6%, однако мощность при этом была увеличена более чем на 30% – до 10 кВт. При этом компактные разъёмы M12 POWER обеспечивают тот же уровень безопасности, что и промышленные разъёмы большего размера, будь то круглые или прямоугольные, полностью экранированы от электромагнитных помех, имеют защитное заземление опережающего подключения и высокую степень защиты до IP67. В результате новые разъёмы предоставляют ещё больше возможностей для безопасного и надёжного подключения компактных полевых устройств.

Рис. 2. Контактные вставки разъёмов M12 с кодировкой K, L и M

Автоматизация процесса сборки

Единственный способ создать основу для широкого признания на рынке – объединить новые технические решения и существующие промышленные стандарты. В конечном счёте как производители, так и пользователи в равной степени выигрывают от стандартизованных, но специально разработанных под конкретные задачи специализированных решений, которые становятся основой для дальнейшего развития технологий.

В последние годы было разработано много новых версий разъёмов M8 и M12 с различной цветовой кодировкой по функциональному назначению, а также с новой механической кодировкой (S-, T-, L-, K- и M-кодировка), обеспечивающей защиту от ошибок при подключении. Появились новые исполнения кабельных разъёмов для облегчения монтажа в полевых условиях без использования специального обжимного инструмента или пайки. Тем не менее большинство предлагаемых решений приборной части разъёма всё ещё вручную монтируется в устройства. Разъёмы с проводами или готовыми кабелями нельзя установить на плату на SMT-линиях пайки. В результате печатная плата для разных устройств, будь то серводвигатель, датчик, энкодер или модуль ввода-вывода, собирается в несколько этапов: сначала осуществляется авто-

Быстро, удобно, надежно!

Разъемы M12 для сборки на месте

Phoenix Contact предлагает удобную технологию монтажа для каждой задачи, будь то подключение питания, датчиков или кабелей для передачи данных. Разъемы M12 для сборки по месту под различные применения оснащены удобным типом подключения проводников: push-in, IDC, винтовое или обжим.

Выбери свою любимую технологию!

Дополнительная информация на сайте www.phoenixcontact.ru

PHOENIX CONTACT
INSPIRING INNOVATIONS

Реклама

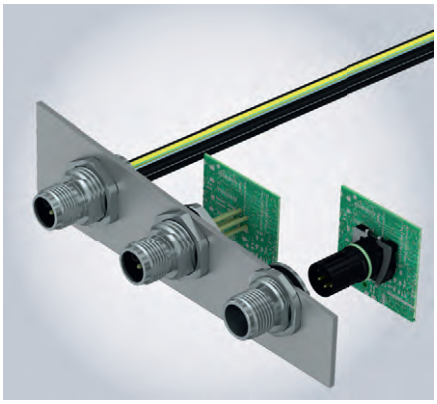


Рис. 3. Приборные разъёмы для автоматизированного монтажа на печатной плате

матизированный процесс пайки компонентов поверхностного монтажа на печатной плате, а затем ручной процесс сборки разъёмов на панели устройства или в стенке корпуса.

Новые приборные разъёмы для автоматизированного монтажа на печатной плате от компании Phoenix Contact значительно снижают издержки производства и предоставляют новый уровень гибкости при проектировании дизайна устройства (см. рис. 3).

Блочные разъёмы, состоящие из двух частей: корпусов вилки или розетки и контактных вставок из термостойкого пластика, выдерживают высокие температурные нагрузки и предназначены для пайки оплавлением в печке на автоматизированных сборочных линиях. Преимущество очевидно: разъёмы M8/M12 могут автоматически устанавливаться с помощью робота-манипулятора, а затем автоматически запаиваться на плату с помощью THR- или SMT-пайки. Это позволяет сократить производственные этапы при изготовлении электроники и осуществлять монтаж электронных компонентов и разъёмов на одной стадии технологического процесса. Кроме того, все контактные вставки, вне зависимости от типа монтажа или функционального назначения разъёма, имеют стандартную конструкцию и высоту и поэтому могут быть введены непосредственно в блочный корпус разъёма и встроены в корпус прибора.

Самовыравнивающиеся корпуса разъёмов

Новое винтовое крепление корпуса M12 VARIOPORT компенсирует производственные допуски разъёмных портов устройств. Выравнивание производится за счёт уникальной технологии монтажа в корпус с плавающей фиксацией. Корпуса разъёмов VARIOPORT компенсируют связанные с процессом производства допуски между печатной платой и фронтальной панелью корпуса до 1 мм. Эти производственные допуски могут привести к механическому напряжению между портом устройства и контактной вставкой, размещённой на печатной плате, что создаёт дополнительную нагрузку на печатную плату и место пайки. Стандартные решения требуют чёткого совмещения разъёмов с отверстиями на фронтальной панели для предотвращения отказа оборудования. Корпуса разъёмов VARIOPORT M12 предоставляют эффективную и надёжную альтернативу (см. рис. 4).

Рис. 4. Корпуса разъёмов VARIOPORT M12

Новые корпуса VARIOPORT позволяют избежать избыточного воздействия на места пайки SMD и воспользоваться удобством автоматической пайки и надёжностью определённых приборных разъёмов. Винтовые крепления корпуса для держателей гнездовых контактов поставляются для разной толщины стенки – от 0,9 мм до 3,0 мм. Они просто устанавливаются в стандартные вырезы в панели прибора и крепятся при помощи цветных фиксирующих втулок без использования инструмента. При этом корпус разъёма после установки на панель прибора обеспечивает герметичность и защиту от внешних воздействий, даже в случаях, когда не соединён ответный кабельный разъём. Кроме того, ударопрочные и вибростойкие резьбовые соединения VARIOPORT имеют 360-градусное экранирование и обеспечивают надёжную защиту от электромагнитных помех. Это делает их пригодными для использования в сложных промышленных условиях, например, в децентрализованных распределительных устройствах полевой шины, концентраторах сигналов, промышленном влагозащищённом сетевом оборудовании.

Заключение

Стандартизованные в начале 2000-х годов и широко используемые в промышленном оборудовании герметичные цилиндрические соединители M8 и M12 заслуженно набирают популярность в современном оборудовании благодаря широкой номенклатуре и универсальным решениям для различных технологий монтажа. Разъёмы M8 и M12 – это универсальное решение для реализации герметичных соединений.

Разъёмы питания M12 POWER прекрасно дополняют полностью стандартизованную систему разъёмов. Универсальность разъёмов M12 делает их легко адаптируемыми для различных областей применения, они идеально подходят для модульных и масштабируемых концепций автоматизации Industrie 4.0. Кроме того, специальные версии разъёмов для THR- или SMT-пайки обеспечивают высокую степень эффективности производственного процесса.

Гибридные разъёмы для передачи сигналов, данных и питания сокращают количество интерфейсов в полевых условиях, а опциональный тип винтового крепления разъёмов M12 SPEEDCON сокращает время монтажа кабелей.

14-я Международная выставка
испытательного
и контрольно-измерительного
оборудования

Testing&Control

24–26 октября 2017
Москва, Крокус Экспо

Итоги 2016 года:

102 компании-участника из **8** стран мира

10 237 посетителей-специалистов из **21** страны мира

Организатор
Группа компаний ITE
+7 (499) 750-08-28
control@ite-expo.ru

Получите электронный билет
на сайте testing-control.ru

Реклама

НОВОСТИ МИРА

Производство КИСК возобновлено в интересах развития радиоэлектронной промышленности

В 2017 году на базе Всероссийского научно-исследовательского института физико-технических и радиотехнических измерений (ФГУП «ВНИИФТРИ») возобновлено производство комплектов для измерений соединителей коаксиальных (КИСК).

КИСК позволяют контролировать основные присоединительные размеры коаксиальных соединителей различных радиотехнических приборов, что необходимо при их поверке в соответствии с национальным стандартом ГОСТ 13317-89 «Элементы соединения СВЧ-трактов радиоизмерительных приборов. Присоединительные размеры».

Качество коаксиальных соединителей оказывает непосредственное влияние на работу и характеристики СВЧ-узлов. Так, расхождение соединителей даже в 1 мкм может повлечь за собой поломку дорогостоящего оборудования.

Контроль присоединительных размеров коаксиальных соединителей может осуществляться также и универсальными измерительными приборами (например, нутромер, микрометр, индикатор часового типа). Однако их использование достаточно трудоёмкая операция, требующая высокой квалификации обслуживающего персонала.

Применение КИСК позволяет оперативно и с требуемой точностью решить проблему проверки размеров коаксиальных соединителей СВЧ-трактов (отклонение от соосности внутреннего проводника относительно наружного, диаметры обоих проводников, эллиптичность внутреннего проводника и расстояние от плоскости контакта внешнего проводника до плоскости контакта внутреннего проводника). При этом специальные требования к квалификации персонала отсутствуют.

В настоящее время радиоэлектронная промышленность Российской Федерации активно развивается, чем обусловлен растущий спрос на комплекты КИСК. ВНИИФТРИ выпускает модификации КИСК: 3,5М; 7М; 16М для отечественных типов коаксиальных соединителей соответственно: тип IX, тип III, тип II, VIII. В будущем планируется выпуск аналогичных комплектов для других типов коаксиальных соединителей, в первую очередь IV и VI, в том числе и для зарубежных типов соединителей.

На сегодняшний день ВНИИФТРИ является единственным в Российской Федерации производителем КИСК. Оборудование внесено в Федеральный информационный фонд и отмечено золотой медалью Форума «Точность – основа качества и безопасности».

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии РОССТАНДАРТ

«FEKO: технологии электродинамического моделирования в радиоэлектронной отрасли»

В Москве состоялась технологическая конференция «FEKO: технологии электродинамического моделирования в радиоэлектронной отрасли», организованная специалистами НПП «Родник» и Altair Engineering.

На мероприятии прозвучало около 10 докладов. Были представлены новейшие разработки Altair Engineering в области электро-

НОВОСТИ МИРА

динамического и электромагнитного моделирования.

Основными докладчиками выступили: доктор Ульрих Якобус (вице-президент Altair) и доктор Маркус Шик (директор направления ЭМ-решений, Altair), научные сотрудники Института теоретической и прикладной электродинамики РАН, а также Владимир Литун (с.н.с. МГТУ им. Н.Э. Баумана и технический эксперт НПП «Родник»), который также исполнял роль переводчика конференции. Зарубежные участники отметили высокий уровень российских специалистов.

«Я впечатлён высоким уровнем конференции, активным участием в живых дискуссиях и большим количеством интересных отзывов, – сказал Маркус Шик. – В конференции приняло участие более 70 человек».

Наибольший интерес участников вызвали вопросы анализа структур электрически больших размеров и конструкций со сложной геометрией элементов, а также возможности по решению задач, связанных с электромагнитной совместимостью, включая оценку воздействия электромагнитных полей высокой интенсивности и грозовых разрядов на бортовые электронные системы летательных аппаратов.

По словам Маркуса Шика, будущее программных продуктов Altair именно за академическим сообществом: «Компания Altair серьёзно оценивает важность тесного сотрудничества с университетами. Это инвестиции в будущее! Уже несколько лет в Altair существуют специальные академические программы, обеспечивающие полноценный и удобный доступ к обучению».

Altair FEKO – одна из ведущих программных систем электродинамического моделирования, которая использует различные вычислительные методы в частотной и временной областях с возможностью их гибридизации для решения широкого круга задач.

Помимо FEKO на конференции были представлены: программный пакет Flux, позволяющий проводить анализ установившихся низкочастотных и переходных процессов в электрических двигателях, трансформаторах и ряде других устройств; пакет WinProp, предназначенный для анализа распространения радиоволн и планирования радиосетей.

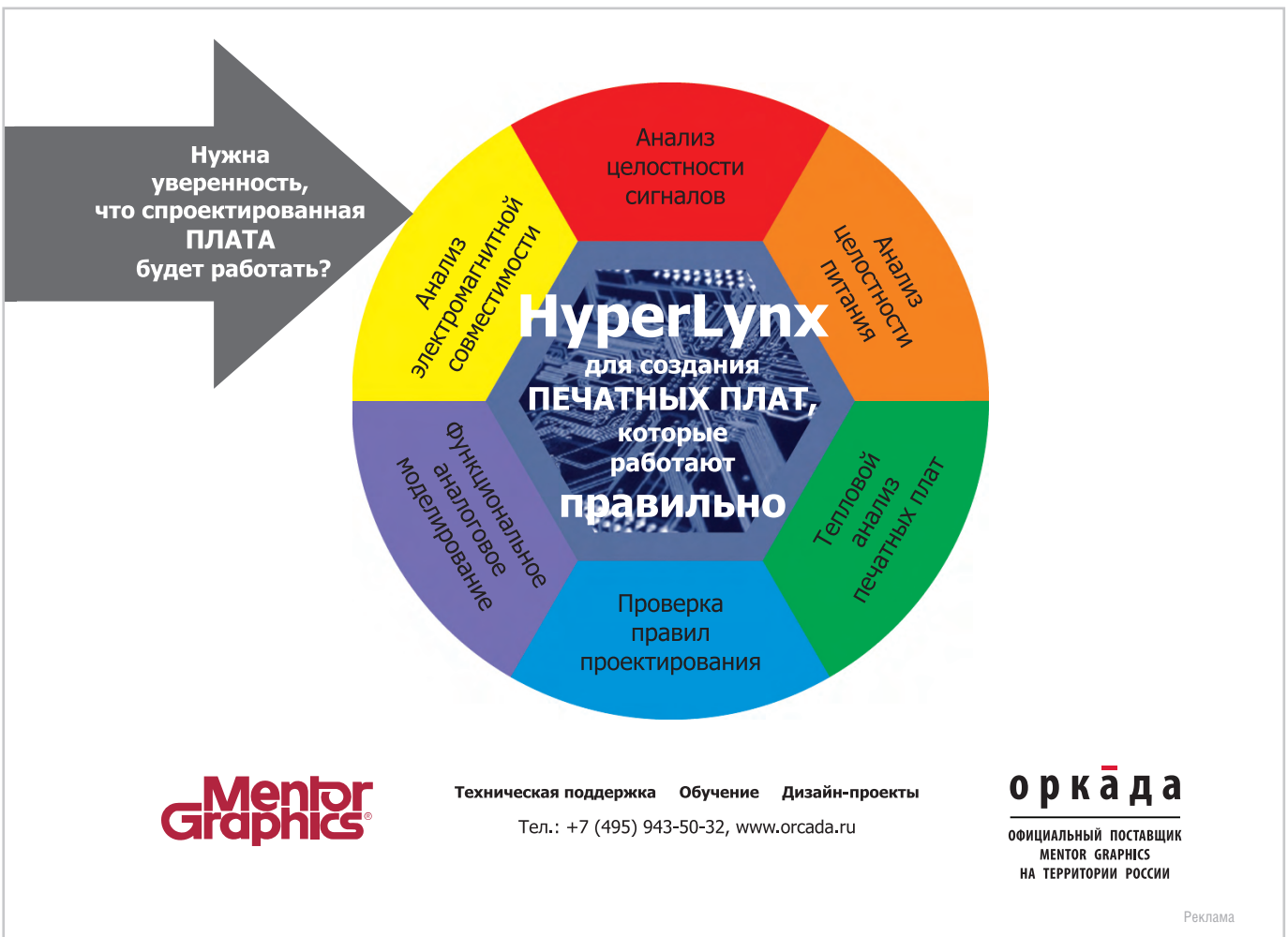
Совокупные возможности FEKO, Flux и WinProp в составе комплекса Altair обеспечивают возможности работы с задачами, связанными с электрическими и магнитными полями в диапазоне от статики до субмиллиметровых волн.

Altair HyperWorks – программная платформа для компьютерного моделирования с открытой архитектурой, основанная на передовых технологиях разработки и оптимизации высококачественных, сверхлёгких и инновационных продуктов.

HyperWorks содержит лучшие в своём классе инструменты для моделирования, линейного и нелинейного анализа, структурной оптимизации, моделирования динамики и кинематики жидкости и электромагнитного анализа.

Продукты компании Altair доступны для заказчиков на основе запатентованной системы управления лицензиями, которая позволяет системно использовать весь набор продуктов. Такая модель лицензирования распространяется и на партнёрские продукты, объединённые общей динамичной платформой с использованием облачных вычислений.

www.rodnik.ru



Процессорное управление электроприводами

Владимир Токарев (vvtokarev55@gmail.com), **Владимир Котов** (vladimir.k@micronica-msq.com), **Андрей Тарайкович**, **Евгений Цевелюк**, **Сергей Колодко** (г. Минск)

В статье описываются принципы организации процессорного управления различными электроприводами с использованием современных микроконтроллеров и IGBT-драйверов.

Введение

В современном мире практически невозможно представить себе область человеческой деятельности, где бы не применялись электродвигатели. Даже в тех отраслях, где ранее повсеместно использовались бензиновые и дизельные агрегаты, например в автомобилестроении, происходит переход на электроприводы, как надёжные и экономичные варианты двигателей. В качестве основных преимуществ электродвигателей можно отметить относительную простоту их конструкции и эксплуатации, высокую надёжность и возможность применения в различных устройствах и климатических зонах.

В настоящее время наиболее популярны следующие четыре типа электроприводов:

- электроприводы с двигателем постоянного тока используются в промышленных системах, где необходима точная регулировка частоты вращения (в автомобилестроении, в ходовой части электротранспорта, в строительной технике, в морской и оборонной индустрии);
- электроприводы с асинхронным двигателем – наиболее распространённый тип двигателя, который применяется практически повсеместно: в маломощной бытовой технике, в кранах и лебёдках общепромышленного назначения, в электроприводах станков, в вентиляторах, насосах, лифтах, в ходовой части электрокаров и т.д.;
- электроприводы с синхронным двигателем. Данные приводы отличаются большой мощностью и полезной нагрузкой (20 000 кВт и более). Их применение целесообразно при мощностях более 100 кВт, а именно: в различных мощных станках и механизмах металлургической и металлообрабатывающей промышленности, в силовых машинах компрессорных и насосных установок большой производительности, в качестве мощных генераторов на гидроэлектростанциях в генераторном режиме работы;
- вентильно-индукторные приводы. Этот относительно новый тип приводов находит всё большее применение и сочетает в себе свойства электрической машины и интегрированной системы регулируемого электропривода. Вентильно-индукторные приводы применяются там, где, как правило, регулирование сочетается с тяжёлыми условиями применения: в электроприводах механизмов, в которых требуется регулировка в широком диапазоне частоты вращения (станки с ЧПУ и промышленные роботы), в металлургии, горнодобывающей промышленности, в ходовой части мощного электротранспорта, в мощных компрессорах, насосах, вентиляторах, а также в бытовой технике.

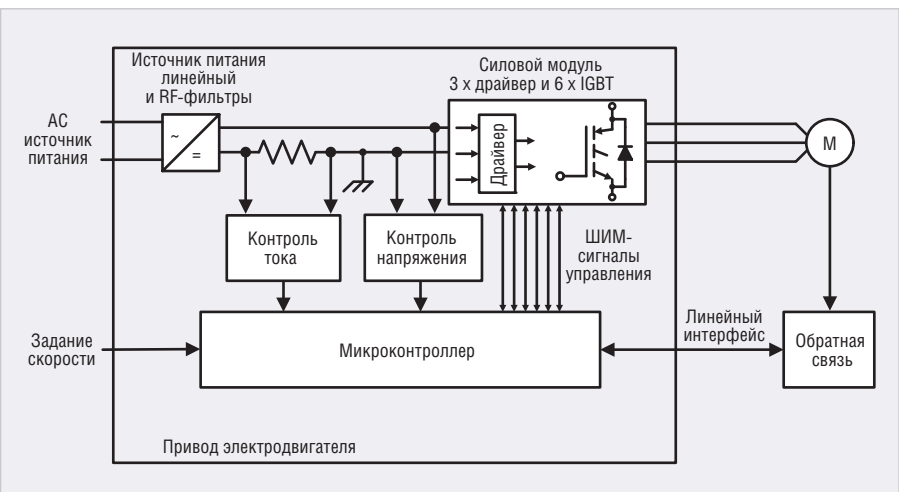


Рис. 1. Блок-схема электропривода с процессорным управлением

На текущий момент электродвигатели потребляют бóльшую часть всей вырабатываемой в мире энергии. В связи с этим эффективность работы электропривода определяет эффективность энергосбережения в целом. Стремительный прогресс в силовой электронике и микроконтроллерах ускорил переход с аналоговых систем управления приводами на системы с прямым цифровым управлением. Приводы, управляемые микроконтроллерами, обладают целым рядом преимуществ:

- высокой энергоэффективностью за счёт регулирования скорости вращения ротора электродвигателя, что уменьшает потери мощности;
- отсутствием сложных электромеханических преобразователей энергии, т.к. исчезает необходимость в трансмиссиях, редукторах и т.п.;
- возможностью использования сложных программ управления приводами, что благоприятно сказывается на эффективности их работы и увеличивает отказоустойчивость;
- возможностью обновления программного обеспечения микроконтроллеров без существенных стоимостных и временны́х затрат.

В настоящее время процессорное управление электродвигателями играет большую роль в электроприводах автомобилей, электротранспорта, железнодорожного, подводного и надводного транспортов, начинает вытеснять аналоговое управление в электроприводах, используемых в добывающей и перерабатывающей промышленности, а также в бытовой технике.

Концепция системы управления электродвигателем

Электропривод с процессорным управлением включает в себя следующие составные части (см. рис. 1) [1]:

- Силовой модуль, представляющий собой 6- или 8-ключевой инвертор, функциональное назначение которого состоит в преобразовании сигнала от микроконтроллера в высоковольтные управляемые импульсы напряжения, питающие электродвигатель. Управление силовым модулем осуществляется в режиме широтно-импульсной модуляции (ШИМ) с фиксированным по времени периодом ШИМ. В течение этого периода транзистор включается и выключается на заданное время. Для электроприводов с напряжением на шине постоянного тока свыше 300 В на сегодняшний день наибольшее распространение получили модули, выполненные на IGBT-транзисторах.
- Микроконтроллер, управляющий работой привода посредством установки скорости вращения и обработки сигналов датчиков обратной связи. Согласно заданному алгоритму микроконтроллер генерирует ШИМ-сигналы управления для силовых ключей, а также по необходимости сигналы индикации состояния для пользовательского интерфейса.
- Датчики обратной связи, контролирующие частоту (скорость) вращения ротора электродвигателя, напряжение и ток шины постоянного тока и передающие эти данные микроконтроллеру для обработки. Напряжение шины контролируется для защиты от повышенного напряжения, ток шины – для защиты от превышения тока, а также для реализации алгоритма управления силовым модулем. Датчик контроля скорости, как правило, формирует синусоидальный сигнал с частотой, соответствующей частоте вращения ротора электродвигателя. Затем синусоидальный сигнал преобразуется в прямоугольный и передаётся в микроконтроллер. Таким образом реализуется замкнутая система управления электроприводом. В целях повышения надёжности и безопасности, а также для устранения помех через заземлённые цепи все сигналы обратных связей оптически изолированы.

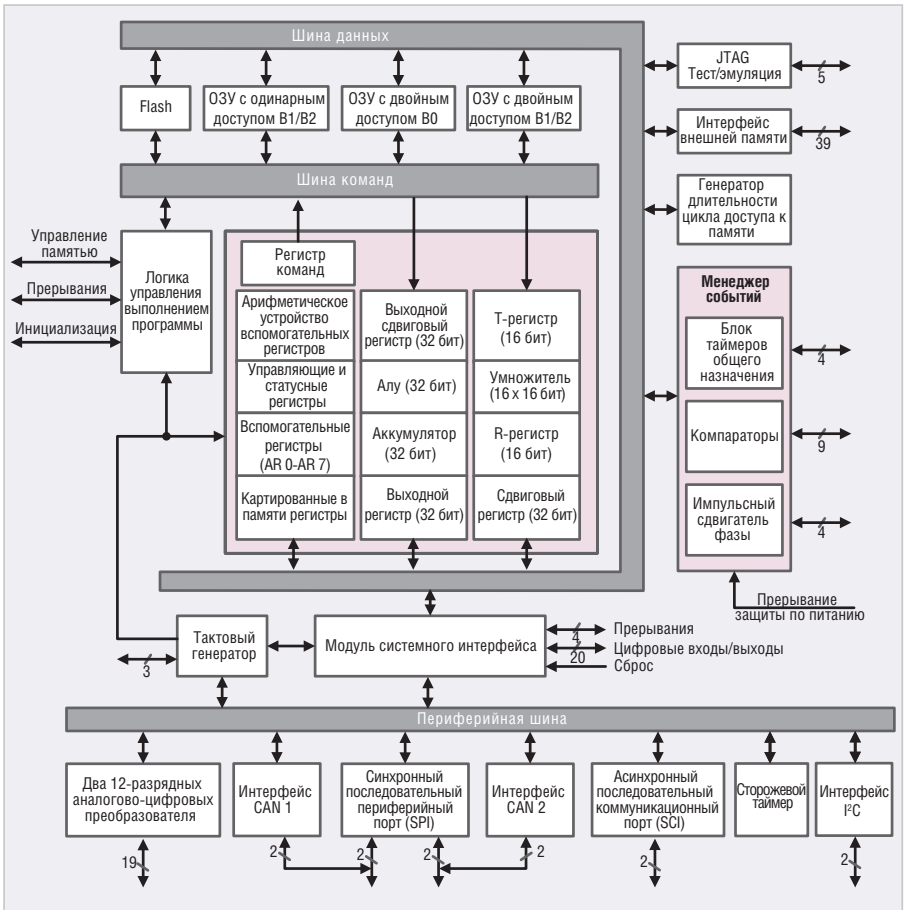


Рис. 2. Блок-схема 16-битного микроконтроллера цифровой обработки сигналов с фиксированной запятой

Управление двигателем происходит по следующему сценарию:

- на микроконтроллер поступают сигналы задания скорости и сигналы с датчика скорости вращения ротора, на основании которых контроллер вычисляет требуемый темп ускорения/замедления;
- на основании сигнала ошибки по скорости (разности между заданной и реальной скоростью) контроллер вычисляет необходимую частоту двигателя;
- управляющая часть контроллера преобразует вычисленную величину в соответствующее напряжение для модуля ШИМ, который в свою очередь генерирует шесть выходных сигналов с заданной частотой для силового модуля;
- скорость вращения ротора непрерывно фиксируется датчиком, поэтому в установившемся режиме реальная скорость вращения ротора будет равна заданной;
- в процессе работы постоянно контролируются напряжение и ток на силовой шине. В случае превышения/понижения напряжения, перегрузки по току двигателя контроллер следует заданному алгоритму вплоть до блокировки выходов ШИМ с целью защиты силового модуля.

Контроллеры управления электродвигателями

Для цифрового управления электродвигателями контроллер должен содержать блок ШИМ высокого разрешения, аналого-цифровой преобразователь, блок импульсного квадратурного декодера (QEI), таймеры и блоки коммутации с периферией, такие как I^2C, SCI, SPI, CAN. Контроллер должен работать на высокой частоте и иметь на кристалле ОЗУ и флэш-память. Таким требованиям идеально удовлетворяют 16-битные процессоры цифровой обработки сигналов с фиксированной запятой типа TMS320F240 [2] от Texas Instruments и 32-разрядные микроконтроллеры на базе ядра ARM Cortex-M4F типа LM4F132 [3] того же производителя.

Интегральная схема 16-битного процессора цифровой обработки сигналов с фиксированной запятой, блок-схема которой показана на рисунке 2, оптимизирована для применения в системах цифрового управле-

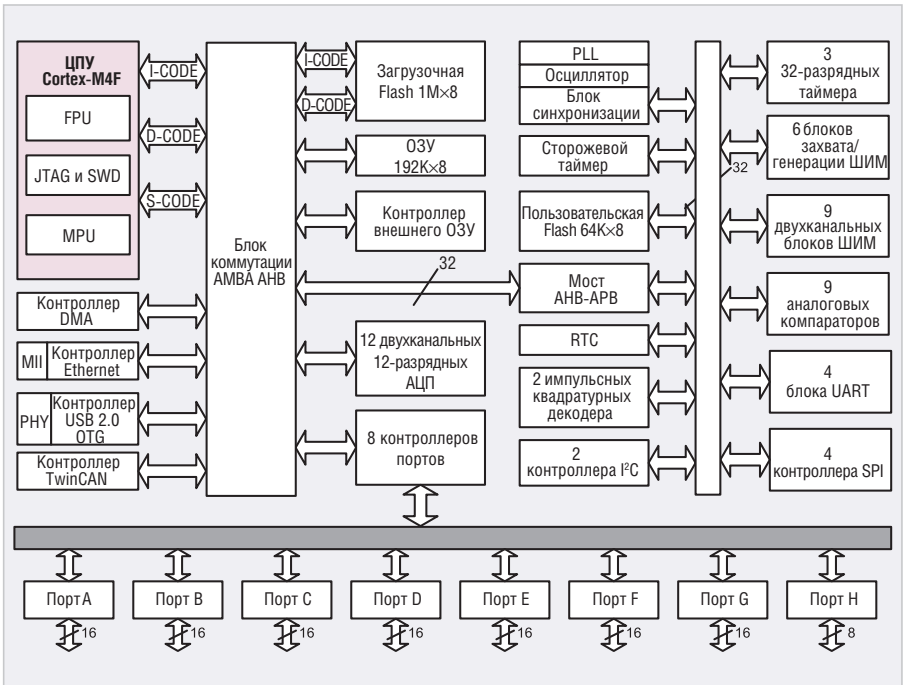


Рис. 3. Блок-схема 32-разрядного микроконтроллера на базе ядра ARM Cortex M4F

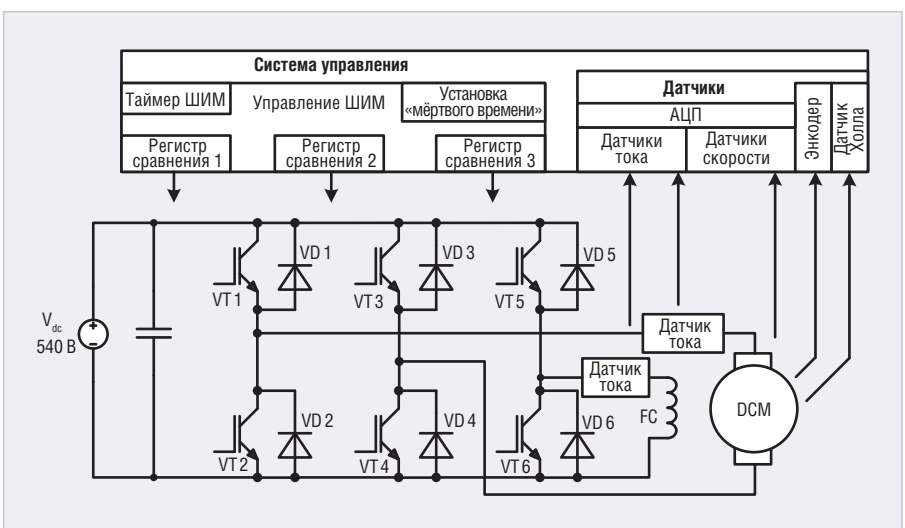


Рис. 4. Функциональная схема электропривода с двигателем постоянного тока DCM

ния двигателями. ИМС сочетает в себе центральный процессор с модернизированной архитектурой и широкими возможностями по обработке данных и набор периферийных устройств, предназначенных для управления мотором/двигателем. Периферийные устройства включают в себя модуль менеджера событий, который совместно с таймерами общего назначения и регистрами сравнения способен обслуживать до 12 выводов данных формата ШИМ (PWM), и два 12-битных аналого-цифровых преобразователя, позволяющих одновременно осуществлять два преобразования за 1,25 мкс.

Микросхема микроконтроллера состоит из трёх основных функциональных модулей:

- центрального процессора;
- внутренней памяти;
- периферийных устройств.

В дополнение к этим трём основным функциональным единицам в микроконтроллере реализованы поддержка карт памяти, устройство сброса, сигналы прерывания, устройство цифрового ввода-вывода, генератор синхронизации и функции энергосбережения.

Микросхема 32-разрядного микроконтроллера на базе ядра ARM CortexM4F включает в себя периферию, предназначенную для задач управления электроприводом. Микроконтроллерное ядро построено по RISC-архитектуре со встроенным модулем обработки команд с плавающей запятой производительностью не менее 125 млн инструкций в секунду. Для эффективного управления электромеханическими системами в контроллере реализованы: блоки ШИМ (в том числе ШИМ высокого разрешения), блок АЦП с интерфейсом к контроллеру прямого доступа к памяти, блок аналоговых компараторов, модуль захвата/сравнения, блоки импульсного квадратурного декодера, используемого для обработки сигналов датчиков положения ротора в высокопроизводительных системах для определения положения, направления и скорости вращения (см. рис. 3). Внутри микроконтроллера используются стандартные интерфейсы: AMBA (Advanced Microcontroller Bus Architecture), AHB (Advanced High-performance Bus) и APB (Advanced Peripheral Bus).

Микроконтроллер имеет встроенную флэш-память программ размером 1 Мбайт, которую можно использовать для хранения и загрузки пользовательского программного обеспечения. Также во флэш-памяти существует особый защищённый раздел, который может быть использован для хранения начального загрузчика. Кроме этого реализована возможность загрузки из внешней памяти.

Помимо флэш-памяти программ микроконтроллер содержит флэш-память данных размером 64 Кбайта, которая может использоваться для хранения пользовательских данных, и дополнительный информационный блок размером 512 байт, в котором записываются загрузочные настройки, а также настройки доступа к страницам флэш-памяти программ и флэш-памяти данных. Так, например, имеется возможность настройки постраничного запрета стирания флэш-памяти, а также выбора способа загрузки микроконтроллера. Данные меры позволяют повысить стойкость микроконтроллера к возможным попыткам загрузки постороннего программного обеспечения и к стиранию важных областей флэш-памяти.

Система тактирования микроконтроллера позволяет использовать различные источники тактового сигнала, что расширяет круг решаемых задач. Микроконтроллер может тактироваться от внутреннего RC-генератора с частотой от 3,5 до 6,5 МГц, внутреннего осциллятора с внешним кварцевым резонатором, тактовым сиг-

налом, подаваемым на вход порта ввода-вывода, а также сигналом встроенного генератора PLL. Также существует возможность гибкой настройки тактовых сигналов для блоков периферии. Для снижения энергопотребления микросхемы предусмотрена возможность отключения тактовых сигналов отдельных блоков периферии в случае, если они не используются. При переходе процессора в режим пониженного энергопотребления возможно отключение тактового сигнала процессора.

В России работы по созданию микроконтроллеров для управления электроприводами ведутся в ОАО «НИИЭТ» (г. Воронеж) [4, 5]. Программное обеспечение, предоставляемое предприятием, позволяет реализовать различные структуры управления электродвигателями. Кроме того, данное ПО содержит имитационные математические модели электродвигателей [6], которые могут быть подключены вместо реального объекта управления на время отладки. ПО может быть сконфигурировано перед компиляцией для различных аппаратных конфигураций (различных контроллеров и отладочных плат). Электропитание микроконтроллеров в основном осуществляется через распределённую систему питания [7] с размещением конечных преобразователей PoL DC/DC (Point of Load) в непосредственной близости от процессоров, что позволяет существенно снизить влияние возникающих в электроприводе помех на работу устройства.

Функциональные схемы электроприводов с процессорным управлением

Функциональная схема электропривода с двигателем постоянного тока, показанная на рисунке 4, включает в себя: звено постоянного тока с ёмкостным фильтром, стандартный 6-ключевой инвертор, датчики тока, напряжения и двигатель постоянного тока независимого возбуждения (или с постоянными магнитами) с тахогенератором на валу. Между первыми двумя стойками инвертора подключён якорь двигателя постоянного тока, а между третьей стойкой и минусовой шиной подключена обмотка возбуждения (при её наличии).

Функциональная схема электропривода с асинхронным двигателем показана на рисунке 5. Схема содержит звено постоянного тока с ёмкостным фильтром, стандартный 6-ключевой инвертор, к которому подключены фазы статора асинхронного двигателя, датчики тока и напряжения.

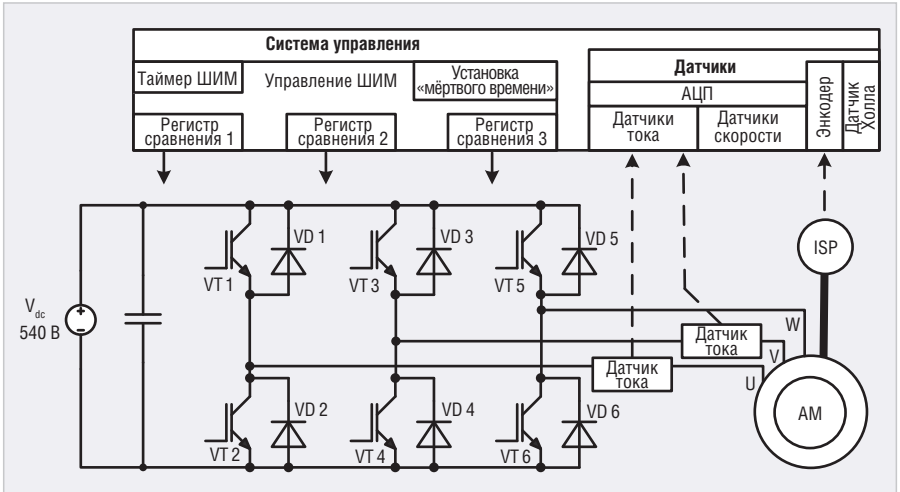


Рис. 5. Функциональная схема электропривода с асинхронным двигателем АМ

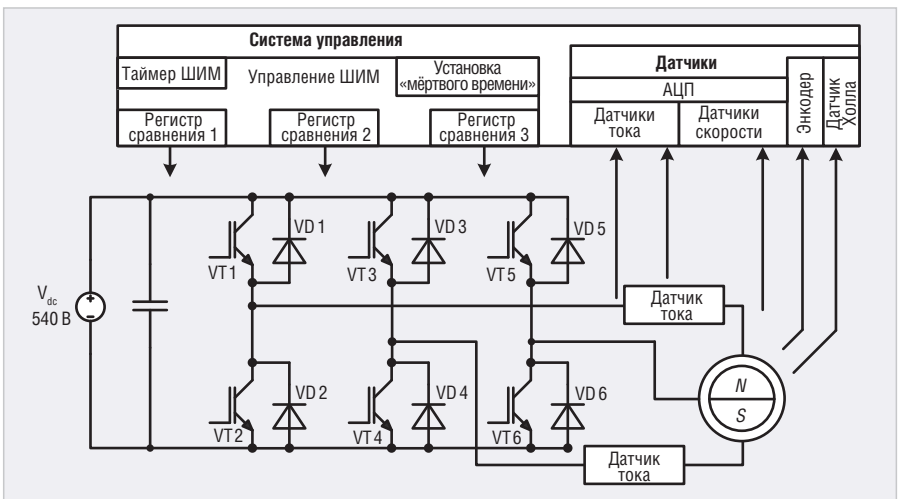


Рис. 6. Функциональная схема электропривода с синхронным двигателем с постоянными магнитами N/S

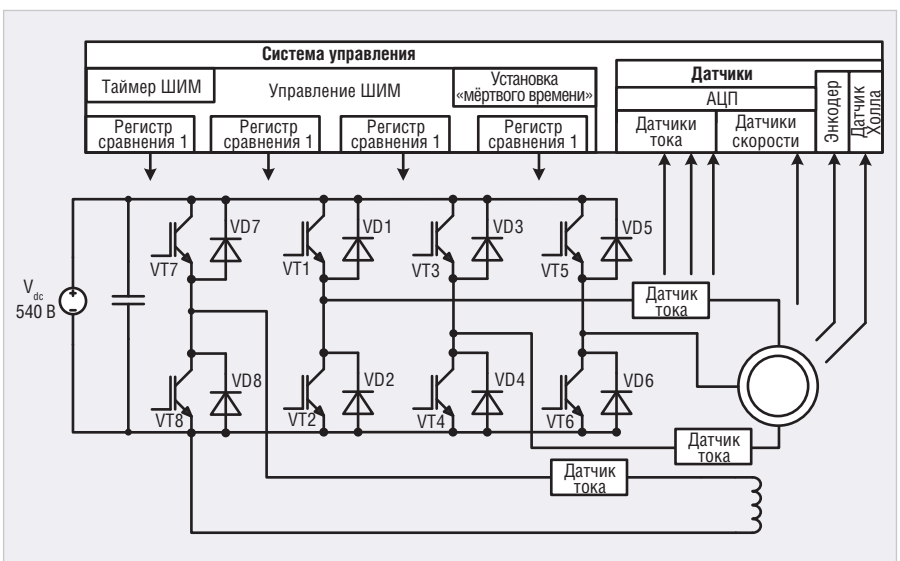


Рис. 7. Функциональная схема электропривода с синхронным двигателем с обмоткой возбуждения

Функциональная схема электропривода с синхронным двигателем с

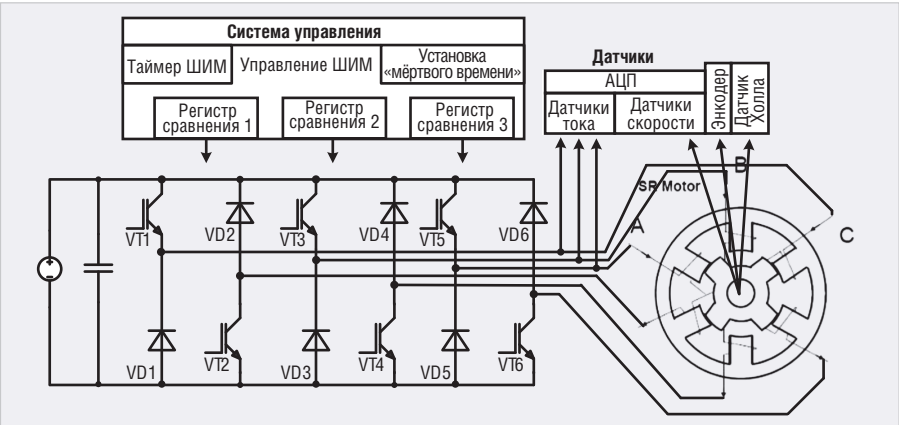


Рис. 8. Функциональная схема вентильно-индукторного электропривода

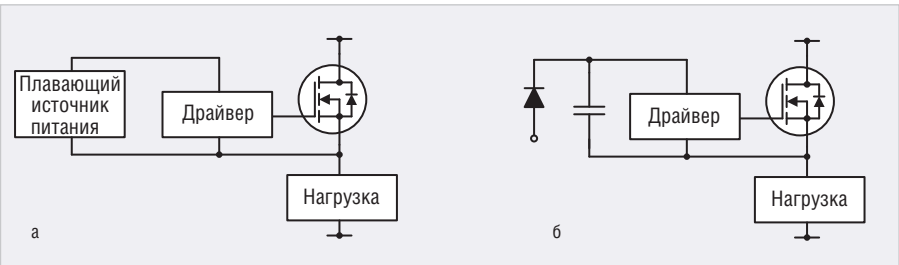


Рис. 9. Схема питания драйверов верхнего ключа от «плавающего» источника питания (а) и от бутстрапной ёмкости (б)

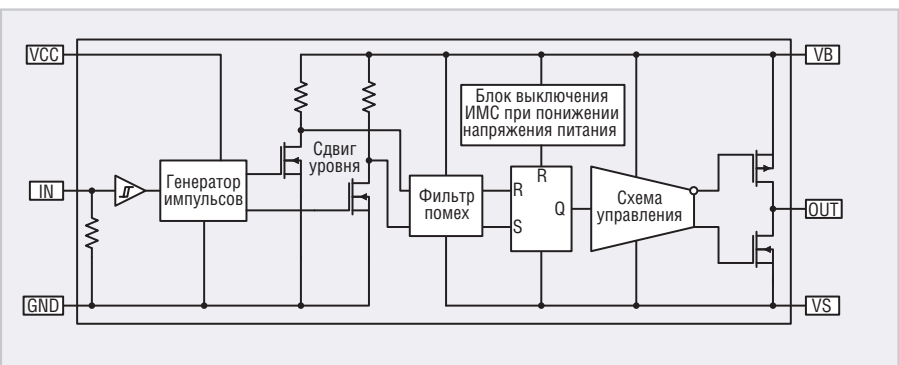


Рис. 10. Обобщённая структурная схема драйвера верхнего ключа

постоянными магнитами (см. рис. 6) содержит звено постоянного тока с ёмкостным фильтром, стандартный 6-ключевой инвертор, к которому подключены фазы статора синхронного двигателя, датчики тока и напряжения.

Для работы с синхронным двигателем с обмоткой возбуждения используется 8-ключевой инвертор (см. рис. 7), к трём стойкам которого подключаются фазы статора синхронного двигателя, а к четвёртой стойке – обмотка возбуждения.

Функциональная схема электропривода с вентильно-индукторным двигателем (см. рис. 8) содержит звено постоянного тока с ёмкостным фильтром, 6-ключевой полумостовой инвертор, к которому подключены фазы двигателя, датчики тока и напряжения.

Основные типы ИМС управления затворами IGBT

В настоящее время в качестве силовых ключей большой и средней мощности чаще всего применяются IGBT-транзисторы. Если рассматривать эти транзисторы как нагрузку для управляющей ими микросхемы (IGBT-драйвера), то они представляют собой конденсаторы с ёмкостью в тысячи пикофарад. Для открытия транзистора эту ёмкость необходимо зарядить, а при закрывании – разрядить. Сделать это необходимо как можно быстрее, чтобы транзистор мог работать на высоких частотах с минимальными потерями на переключение. Для облегчения задачи по разработке силовых модулей производители выпускают комплекты приборов: IGBT, FRD и ИМС управления верхними и нижними плечами IGBT-модуля. Такие комплекты, например, предлагают Микроника [8], Semikron [9], Infineon (International Rectifier) [10], IXYS [11], Mitsubishi Electric [12] и другие компании.

К ИМС управления затворами IGBT предъявляются следующие требования:

- напряжение затвора при отпирании должно быть на 10–15 В выше напряжения стока коллектора IGBT, то есть для транзистора верхнего плеча напряжение управления должно быть на 10–15 В выше напряжения шины питания;
- ИМС должна управляться логическим сигналом, связанным с сигнальной шиной общего провода, а драйвер верхнего плеча должен иметь высоковольтный каскад сдвига уровня;
- мощность, рассеиваемая схемой управления, должна быть пренебрежимо малой по сравнению с общей мощностью рассеяния;
- ИМС управления должна обеспечивать токи перезаряда цепи затвора, гарантирующие динамические характеристики транзистора.

В схемотехнике драйверов верхнего плеча в основном используются схемы с питанием от бутстрапной ёмкости или от «плавающего» источника (см. рис. 9). В первом случае получается простое и доступное решение, в котором длительность импульса управления ограничена номиналом бутстрапного конденсатора. При использовании изолированного «плавающего» источника, который необходим для каждого транзистора верхнего плеча, длительность импульса управления не ограничена.

ИМС драйвера верхнего ключа характеризуется наличием схемы высоковольтного (до 600 В) сдвига уровня управляющего напряжения и цепей вольтодобавки. Это позволяет использовать её для управления верхними ключами без применения дополнительных источников с гальванической развязкой и изолирующих каналов передачи сигналов. Обобщённая структурная схема драйверов верхнего ключа, таких как МСА2010 (Микроника) и IR2122, IR2127 (International Rectifier) приведена на рисунке 10.

Основные характеристики ИМС драйвера:

- максимальное напряжение питания (V_{VB}-GND) 600 В;
- низкая потребляемая мощность;
- защита от пониженного напряжения питания (UVLO) для V_{VB};
- входной интерфейс: 3,3 В, 5 В CMOS/LSTTL с триггером Шмидта.

Для управления транзисторами нижнего плеча производится достаточно много микросхем, в частности МСА2020 (Микроника), IR2121 (International Rectifier), IXD*414 (IXYS), MC33153 (Motorola) и др. Обобщённая структурная схема драйверов нижних ключей приведена на рисунке 11.

Основные характеристики подобных драйверов:

- температурная защита;
- вход для срабатывания защиты от короткого замыкания;
- выход сигнала ошибки;
- вход для задания минимальной длительности сигнала ошибки;
- защита от пониженного напряжения питания (UVLO) для V_{CC};
- входной интерфейс 3,3 В, 5 В CMOS/LSTTL с триггером Шмидта.

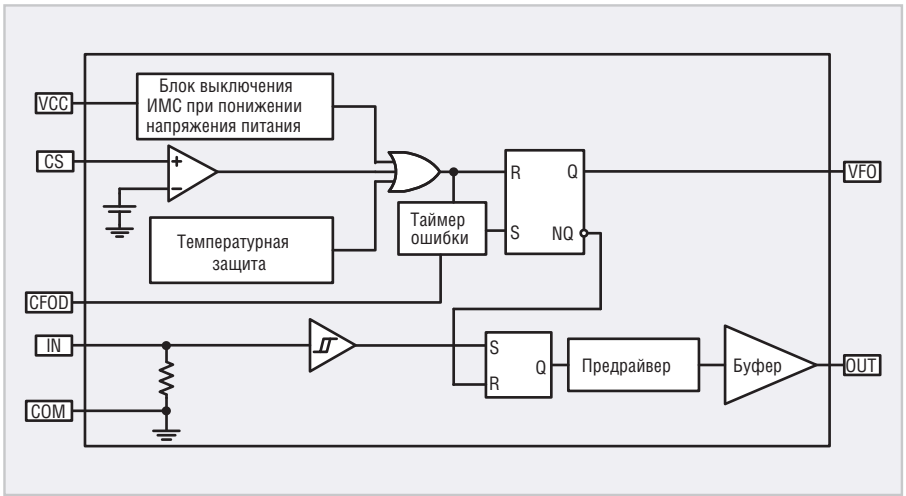


Рис. 11. Обобщённая структурная схема драйвера нижнего плеча

Заключение

Использование процессорного управления электроприводами позволяет уменьшить потери мощности, увеличить эффективность двигателей, реализовать различные варианты их работы. Несмотря на то, что в России ведутся работы по созданию микроконтроллеров и программного обеспечения для управления электроприводами, их производство находится за рубежом, а используемые в силовых модулях мощные IGBT и FRD – импортные. Авторы статьи считают, что в РФ есть всё необходимое для изготовления электронных компонентов управления электроприводами на своих производствах.

Литература

1. *Chalupa L.* Low Cost High Efficiency Sensor less Drive For Brushless DC Motor Using MC68HC(7)05MC4. Motorola Semiconductor Application Note. AN1627. 1998.
2. Каталог компании Texas Instruments: https://www.ti.com/lit/ds/sprs042e/sprs042e.pdf.
3. Каталог компании Texas Instruments: http://www.ti.com/lit/ml/spmt273a/spmt273a.pdf
4. Техническое описание «Микросхема интегральная 1867ВЦ10Т». ОАО «НИИЭТ». http://niiet.ru/product/brandnew/sloj16.
5. Техническое описание «Микросхема интегральная К1921ВК01Т». ОАО «НИИЭТ». http://niiet.ru/product/354-arm-cortex.
6. Описание имитационных моделей электроприводов. Руководство программиста/пользователя. ООО «НПФ ВЕКТОР» по заказу АО «НИИЭТ». Москва. 2017.
7. *Рудаковский Д.* Распределённая система электропитания на основе AC/DC- и DC/DC-преобразователей компании «Микроника» / Д. Рудаковский, В. Котов, Л. Битно // Силовая электроника. 2012. № 6. С. 8–11.
8. *Котов В.* Комплект полупроводниковых дискретных приборов и ИМС для интеллектуальных силовых модулей управления электроприводами / В. Котов, А. Тарайкович, В. Токарев // Силовая электроника. 2013. № 1. С. 66–69.
9. Каталог компании Semikron: https://www.semikron.com/ dl/service-support/downloads/download/semikron-shortform-catalogue-2017-05-01-en.
10. Каталог компании Infineon: http://www.infineon.com/dgdl/ Infineon-Short form+Catalog-PC-v03_00-EN.pdf?fileId=db3a30431a47d73d011a529661267822.
11. Каталог компании IXYS: http://www.ixys.com/ProductPortfolio.
12. Каталог компании Mitsubishi Electric: http://www.mitsubishielectric.com/semiconductors/products.

НОВОСТИ МИРА

Foxconn откладывает строительство в Китае завода по производству LCD

Благодаря Foxconn японский производитель ЖК-экранов (компания Sharp) погасил долги по кредитам и получил средства (и карт-бланш) на развитие. В частности, в феврале 2017 года Foxconn предварительно договорилась с властями Гуанчжоу о строительстве в регионе самого передового на сегодня производства LCD-панелей на подложках поколения 10.5G. До этого самым передовым в этом плане был японский завод Sharp, который обрабатывает подложки поколения 10G со сторонами 3,13 × 2,88 м.

Линии поколения 10.5G будут обрабатывать стеклянные подложки со сторонами 3,37 × 2,94 м. Они оптимальны для порезки на 65-дюймовые ТВ-панели. Один такой субстрат позволяет получить восемь 65-дюймовых панелей или восемнадцать 43-дюймовых. В отходы уходит только 7% подложки.

Для заводов поколения 11G при порезке на 65- и 43-дюймовые панели в отходы будет уходить меньше – только 6% подложки.

В настоящий момент заводы 10.5G для выпуска LCD строят южнокорейская компания LG и китайская BOE Technology. Первая должна запустить производство в феврале 2018 года, вторая – в марте 2018 года. А вот завод в Гуанчжоу, который собрались строить Foxconn и Sharp, может не состоятся или войти в строй позже. По данным местного издания Liberty Times, на которое ссылается тайваньский интернет-ресурс DigiTimes, переговоры между Foxconn и властями Гуанчжоу зашли в тупик. Во всяком случае, Foxconn отложила закупку производственного оборудования для завода, что делает маловероятным запланированный ввод предприятия в строй в 2019 году. Новым сроком запуска предприятия в работу может стать вторая половина 2020 года.

В связи с задержками инвестиций в Китай возникает вопрос, не стало ли тому причиной обещание руководства Foxconn построить завод поколения 10.5G в США? Об этом летом нынешнего года публично объявили президент США Дональд Трамп и председатель Foxconn Терри Гоу. У компании Foxconn в работе оказалось так много начинаний, что немудрено какие-то из них притормозить. Но это рождает интригу: кому отдаст предпочтение инвестор с тайваньской пропиской: Китаю или США?

В заключение добавим, что в Китае две местных компании начали строить заводы для обработки субстратов поколения 11G. Один такой завод строит компания Star Optoelectronics Technology, а второй – компания HKC. Обе они рассчитывают начать производство панелей в 2019 году. Размер субстратов 11G будет таким же или незначительно больше, чем в случае субстратов поколения 10.5G.

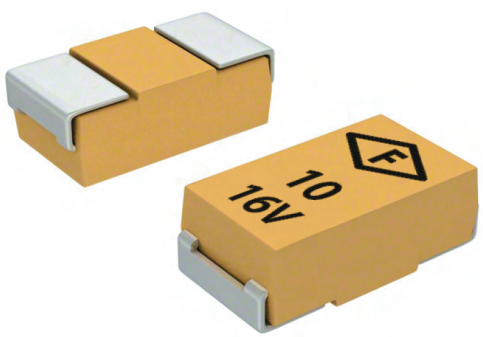
3D News со ссылкой на Digitimes

125363, РФ, Г. МОСКВА, УЛ. НЕЛИДОВСКАЯ, Д. 18, КОРП. 1 ■ +7 (495) 232-14-67 ■ INFO@SOV-TEST.RU

КОМПАНИЯ «СОВТЕСТ» ЯВЛЯЕТСЯ ЭКСКЛЮЗИВНЫМ ПОСТАВЩИКОМ КОНДЕНСАТОРОВ БРЕНДА FARAD (F)

ПРЕДЛАГАЕМ ПОСТАВКИ ОКСИДНО-ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТАНТАЛОВЫХ КОНДЕНСАТОРОВ, КОТОРЫЕ ЯВЛЯЮТСЯ ПОЛНЫМИ АНАЛОГАМИ:

Производитель (страна)	Серии					
Farad	F5	F5C	F5AG	F5L	F5M	F5U
AVX (США)	TBJ, TAJ	TBJ, TAJ	TBJ, TAJ	TPS		TPS
Vishay (США)	293D, T83	293D, T83	293D, T83	593D, TR3		593D, TR3,
Kemet (США)	T491, T492	T492	B45190E/R, B45192E/R, B45194E/R, B450	T494		T495, T510, T513
Элеконд (Россия)	К53-68	К53-72	К53-65	К53-68	К53-65	К53-68



Данные конденсаторы изготовлены по стандарту MIL-PRF-55365/8B. Соответствуют климатическому исполнению В (Россия). Стойкие к воздействию внешних факторов в соответствии с ГОСТ РВ 20.39.414.1.

Предназначены в применении к продукции специального назначения, работающих в жестких климатических условиях и при повышенных механических нагрузках.

ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ МОГУТ БЫТЬ ПРЕДОСТАВЛЕНЫ ОБРАЗЦЫ КОНДЕНСАТОРОВ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ

Основные технические характеристики конденсаторов Farad (F)	
Номинальное напряжение, В	4...100
Номинальная емкость, мкФ	0.22...1500
Допускаемое отклонение емкости, %	±5; ±10; ±20
Повышенная температура среды Токр, максимальное значение при эксплуатации, °С	+125
Пониженная температура среды Токр, минимальное значение при эксплуатации, °С	-60

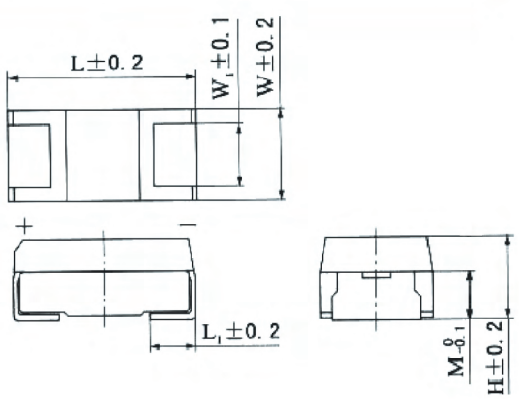


Таблица габаритных размеров конденсаторов серии Farad (F)

Код типоразмера	Размер, мм					
	L Длина	W Ширина	H Высота	L_1 Длина материала	W_1 Ширина материала	M Высота материала
A	3.2	1.6	1.6	0.65	1.2	1.0
B	3.5	2.8	1.9	0.7	2.0	1.2
C	6.0	3.2	2.5	1.35	2.2	1.45
D	7.3	4.3	2.8	1.35	3.0	1.6
E	7.3*	4.3*	4.1*	1.35*	3.0*	1.6*

*Отклонение ±0,2 мм.

Реклама

Измерение ёмкости аккумуляторов

Боб Золло, Keysight Technologies, Inc.

В статье пойдёт речь об ёмкости аккумуляторов и её измерении. Приведён пример определения погрешности измерений ёмкости литий-ионных аккумуляторов.

Всех пользователей – от владельцев сотовых телефонов до водителей электромобилей – заботит время работы аккумулятора. Разработчики систем пытаются максимально продлить время до следующего заряда, используя для этого два способа. Один заключается в разработке систем с малым энергопотреблением, что продлевает время работы от аккумулятора, второй – в увеличении максимальной энергии, доступной системе с автономным питанием. Чтобы максимально увеличить запас энергии, содержащейся в батарее, можно использовать батарею большего размера или взять небольшую батарею большей ёмкости. Поскольку системы с автономным питанием, как правило, являются портативными, вес и размер являются для них очень важными параметрами, а значит, применение большой батареи противоречит требованию малого размера и веса.

Создавая батарею, надо стараться обеспечить ей как можно большую ёмкость. Аккумуляторная батарея состоит из отдельных элементов, включённых последовательно (для повышения напряжения) и параллельно (для увеличения тока). Таким образом, батареи большой ёмкости строятся из элементов большой ёмкости. Сегодня самыми популярными аккумуляторами для большинства устройств с автономным питанием являются литий-ионные аккумуляторы, обладающие превосходным сочетанием размера, веса, нагрузочной способности, ёмкости и стоимости.

Ёмкость литий-ионного аккумулятора

Ёмкость литий-ионных, как и любых других аккумуляторов, измеряется в ампер-часах (А•ч). Для справки: один ампер-час означает, что такой аккумулятор может давать ток один ампер в течение одного часа. Таким образом, ампер-часы представляют собой произведение тока в амперах на время работы в часах. Аналогичным образом, 1 А•ч означает также, что аккумулятор может отдавать ток 2 А в течение получаса или ток 0,25 А в течение четырёх часов. На самом деле ёмкость в ампер-часах является мерой запасённых кулонов. Если рассмотреть единицы измерения, входящие в ампер-часы, то можно увидеть, что один ампер равен одному кулону в секунду (Кл/с), т.е. если умножить амперы на время, то получатся кулоны. Учитывая, что один час состоит из 3600 с, можно посчитать, что 1 А•ч равен 3600 А•с, или 3600 Кл/с × секунды, что равно 3600 Кл сохранённого в аккумуляторе заряда. Заметим, что ёмкость маленьких аккумуляторов может измеряться в миллиампер-часах (мА•ч). Например, типичный литий-ионный аккумулятор формата 18650 имеет ёмкость примерно 3 А•ч, или 3000 мА•ч.

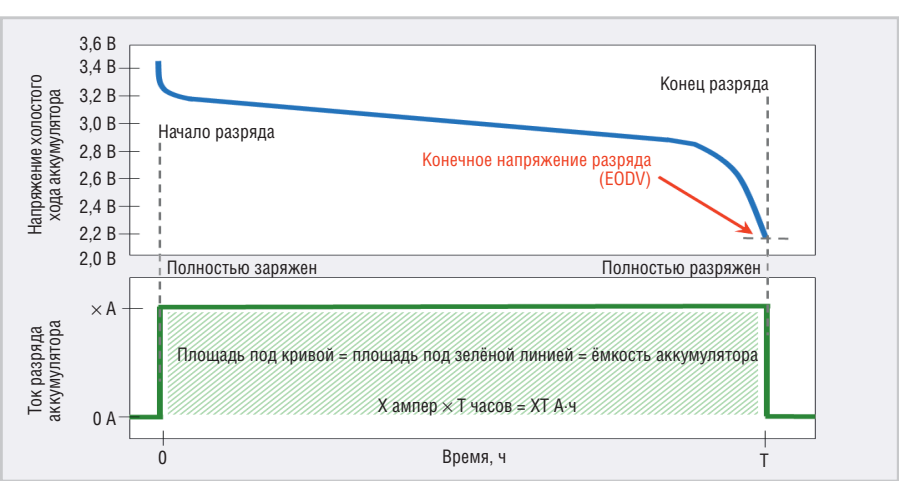


Рис. 1. Профиль разряда литий-ионного аккумулятора

Ёмкость аккумулятора можно также измерить в ватт-часах (Вт•ч), она является мерой сохранённой энергии. Если рассмотреть единицы измерения, то один ватт равен одному джоулю в секунду (Дж/с), то есть, если умножить ватты на время, то получатся джоули. Учитывая, что один час состоит из 3600 с, можно посчитать, что 1 Вт•ч равен 3600 Вт•с, или 3600 Дж/с•с, что даёт 3600 Дж сохранённой в аккумуляторе энергии. Впрочем, чаще всего ёмкость литий-ионных аккумуляторов измеряют в единицах заряда или в ампер-часах. Далее в статье будут использоваться исключительно ампер-часы.

Чтобы измерить ёмкость в ампер-часах, сначала нужно полностью зарядить аккумулятор. Самый простой способ измерения ёмкости заключается в полном разряде аккумулятора заданным током X ампер. Аккумулятор считается разряженным, когда его напряжение достигает конечного напряжения разряда. На практике нужно просто подключить к аккумулятору токовую нагрузку в X ампер и запустить часы. Чтобы быть точно уверенным в потребляемом токе, не стоит полагаться на точность установки токовой нагрузки. Вместо этого нужно измерить ток, потребляемый нагрузкой. Этот ток назовём измеренным током X ампер. Также непрерывно измеряется напряжение на аккумуляторе. Когда напряжение достигнет значения конечного напряжения разряда, часы останавливаются. Допустим, что разряд занял T часов (см. рис. 1).

Линия на верхнем графике показывает зависимость напряжения от времени. Она начинается при полностью заряженном аккумуляторе и тянется, пока не будет достигнуто конечное напряжение разряда. В течение всего разряда ток остаётся постоянным. Измеренное время равно времени разряда. Ёмкость аккумулятора определяется площадью под кривой разряда.

На нижнем графике показана зависимость тока от времени. Просто умножив постоянное значение тока X ампер на измеренное время T, в результате получим измеренную ёмкость X × T (А•ч). Площадь под графиком зависимости тока от времени и есть ёмкость аккумулятора. В этом простом графике измерения кривая зависимости тока от времени вовсе не кривая, а на самом деле прямая линия,

Рис. 2. Производительная система питания Keysight

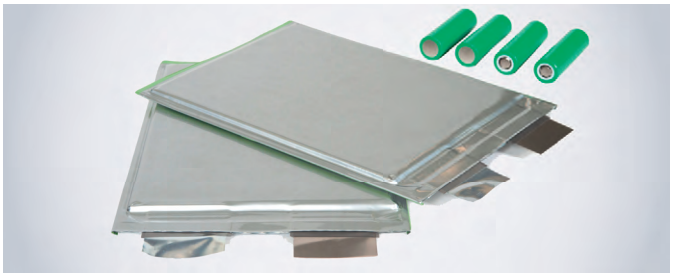


Рис. 3. Большие прямоугольные литий-ионные аккумуляторы

поэтому расчёт площади под кривой сводится к простому умножению X × T.

Факторы, влияющие на погрешность измерения ёмкости

В приведённом выше примере измерялись три параметра: ток, время и напряжение.

Время можно измерить с очень высокой точностью, поэтому погрешность измерения времени, скорее всего, не окажет большого отрицательного влияния на измерение ёмкости.

Погрешность измерения напряжения важна, поскольку часы останавливаются по измеренному значению напряжения. Если точность измерения напряжения невелика, то часы могут остановиться слишком рано, что даст заниженное значение ёмкости. И, наоборот, низкая точность измерения напряжения может привести к тому, что часы остановятся слишком поздно, что даст завышенное значение ёмкости. Однако напряжение аккумулятора меняется медленно, поэтому погрешность его измерения можно снизить, увеличив время интегрирования цифрового мультиметра для снижения шума, который может повлиять на точность измерения напряжения. Поскольку напряжение меняется медленно, можно спокойно использовать большее время интегрирования.

Точность измерения тока является основным фактором, определяющим погрешность измерения ёмкости в ампер-часах. Низкая точность измерения тока приведёт к неправильному измерению ёмкости. Для того чтобы правильно оценить качество измерения ёмкости, необходимо рассмотреть характеристики выполняемого измерения тока.

Пример определения погрешности измерения ёмкости

При измерении ёмкости возникает погрешность, которая выражается в процентах от измеренной ёмкости плюс смещение в миллиампер-часах на каждый час измерения.

Рассмотрим пример измерения ёмкости с помощью источника питания Keysight N7950A мощностью 1000 Вт с номинальным выходным напряжением 9 В и током ±100 А (см. рис. 2).

Производительная система питания Keysight относится к семейству источников питания постоянного тока, состоящему из 24 моделей мощностью 1000 Вт (вверху) и 2000 Вт (внизу). Эти источники питания могут подавать питание и выступать в роли нагрузки постоянного тока, обеспечивая лучшую в своём классе точность измерения тока. Подробную информацию можно изучить на странице *www.keysight.com/find/APS*.

Этот источник является 2-квадрантным, то есть он может подавать ток (выходной ток до +100 А) и потреблять ток (входной ток до –100 А). Это предоставляет возможность использовать его для заряда и разряда аккумуляторов. Разряжая аккумулятор (или потребляя ток), он выступает в роли электронной нагрузки постоянного тока и может использоваться для измерения ёмкости аккумулятора по описанному выше алгоритму. Далее в статье этот 2-квадрантный источник питания будет называться электронной нагрузкой, поскольку он будет использоваться в этом качестве для разряда аккумулятора и измерения его ёмкости.

Продолжаем рассмотрение примера. Далее измеряется ёмкость большого аккумулятора, от которого будет потребляться постоянный ток 5 А. На рисунке 3 показан большой аккумулятор прямоугольной формы с ёмкостью порядка 10 А•ч или более.

Большие прямоугольные литий-ионные аккумуляторы разработаны для применения в электромобилях. Они имеют ёмкость от 10 до 40 А•ч и более. Для сравнения: в правом верхнем углу показаны обычные цилиндрические аккумуляторы формата 18650 (см. рис. 3).

Согласно спецификациям, погрешность измерения тока источника N7950A составляет 0,05% +3 мА в диапазоне от 0 до 10 А. Как было сказано выше, неважно какой постоянный ток установлен, поскольку будет точно измеряться ток, потребляемый от аккумулятора. Кроме того, N7950A имеет погрешность измерения времени 0,01%.

Для определения погрешности измерения ёмкости нужно сложить пропорциональную составляющую погрешности измерения тока – 0,05% с погрешностью измерения времени –0,01%. В результате пропорциональная составляющая погрешности измерения ёмкости будет равна 0,06% от измеренной ёмкости. Итак, если измеряется ёмкость 10 А•ч, то погрешность 0,06% даст значение ошибки (0,06% × 10 А•ч) = 6 мА•ч.

Теперь рассмотрим постоянную составляющую погрешности. В нижнем диапазоне APS имеет погрешность смещения 3 мА. Это значит, что в течение всего времени интегрирования может присутствовать погрешность 3 мА. В результате это даст погрешность 3 мА•ч за каждый час измерения. Переведя эту величину в более простую для расчётов форму, получим погрешность 0,833 мкА•ч на каждую секунду измерения.

Итак, подведём итог:

- электронная нагрузка имеет погрешность измерения тока 0,05% + 3 мА;
- электронная нагрузка имеет погрешность измерения ёмкости 0,06% + 0,833 мкА•ч/с;
- ток 10 А измеряется в течение 1 ч, поскольку один час требуется аккумулятору для достижения конечного напряжения разряда, после чего измерение ёмкости прекращается (это даст ёмкость 10 А•ч);
- пропорциональная составляющая погрешности ёмкости равна 0,06% от 10 А•ч, или 6 мА•ч;
- смещение ёмкости составляет 0,833 мкА•ч/с × 3600 с = 3 мА•ч;
- суммарная погрешность измерения ёмкости будет равна 6 мА•ч + 3 мА•ч= = 12 мА•ч для измеренной ёмкости 10 А•ч в течение одного часа.

Регулируемый двуполярный блок питания с ограничением тока

Алексей Кузьминов (compmicrosys@mail.ru)

В статье описан стабилизированный двуполярный источник питания с малым уровнем пульсаций (5 мВ), трёхступенчатым переключаемым порогом ограничения тока и регулировкой напряжений одним переменным резистором.
Источник питания построен на базе двуполярного стабилизатора M5230L, работающего совместно с комплементарной парой транзисторов 2SA1287 / 2SC3247. Диапазон регулировки напряжений составляет ±3…±15 В, пороги ограничения тока – 20, 100, 250 мА.

Введение

Для питания операционного усилителя (ОУ) и некоторых других целей часто требуется двуполярный источник питания не очень большой нагрузочной способности (с током не более 0,2...0,3 А), имеющий малый уровень шумов и пульсаций (до 5 мВ), а также возможность регулировки выходных напряжений в диапазоне от ±3 до ±15 В. Применение для этих целей стационарных двуполярных блоков питания не оправдано по ряду причин.

Во-первых, они, как правило, рассчитаны на значительно больший ток (от 2–3 А и более), что значительно сказывается на высокой стоимости прибора и его массогабаритных характеристиках.

Во-вторых, такие БП обычно оборудованы дополнительными средствами измерения тока и напряжения (либо стрелочными, либо в виде светодиодных или ЖК-индикаторов), что опять же дополнительно увеличивает их стоимость.

В связи с этим лабораторные стационарные БП для указанных целей являются в значительной мере избыточными. В то же время, подобный практичный и удобный в использовании двуполярный БП вполне можно изготовить своими силами, что значительно сэкономит средства.

В статье [1] описан двуполярный БП с возможностью регулировки выходных напряжений в диапазоне от ±3 до ±15 В и максимальным током до 0,2 А. Основа этого БП – микросхема M5230L производства компании Mitsubishi Electric, предназначенная для конструирования двуполярного источника питания с помощью двух дополнительных, повышающих мощность, транзисторов и допускающая регулировку обоих выходных напряжений одним переменным резистором. Отличительная особенность M5230L – очень низкий уровень пульсаций выходных напряжений по сравнению со стандартными микросхемами линейных регулируемых стабилизаторов, такими, как, например, LM317 и LM337. Кроме того, при использовании LM317/LM337 отсутствует возможность одновременной регулировки обоих выходных напряжений одним переменным резистором.

Схема [1] в точности повторяет одну из схем, приведённых в справочном листке M5230L (пример 5). Однако, как показала практика эксплуатации этого БП, он имеет ряд существенных недостатков.

Во-первых, два его выходных силовых транзистора 2SA1287 (p-n-p) и 2SC3247 (n-p-n), имеющих корпус TO92, хотя и рассчитаны на максимальный ток в 1 А, но уже при токе в 100 мА начинают сильно нагреваться даже при наличии установленных радиаторов. Увеличение площади радиаторов не приводит к снижению температуры, поскольку отвести тепло от такого маленького корпуса (TO-92) достаточно проблематично. В результате перегрева эти недешёвые и труднодоступные транзисторы часто выходят из строя.

Во-вторых, при некоторых выходных напряжениях в БП возникает паразитная генерация частотой в несколько сотен герц с амплитудой в 2–3 В, что делает эксплуатацию данного БП при этих напряжениях невозможной.

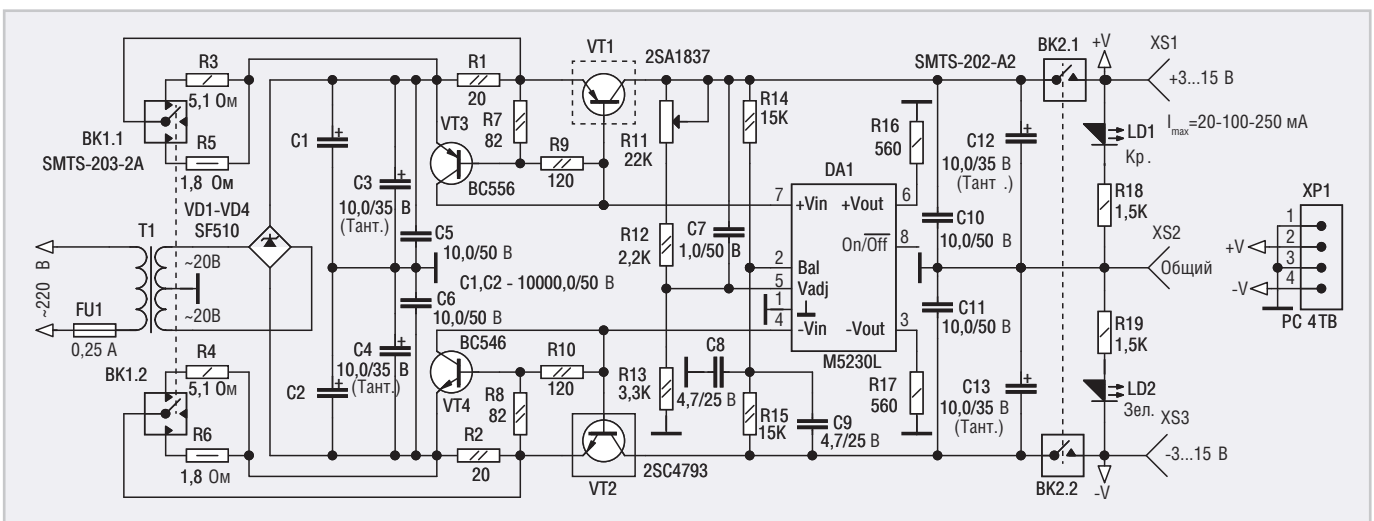


Рис. 1. Принципиальная схема источника питания

Но главная проблема этого БП – отсутствие в нём защиты от превышения тока, в том числе – от короткого замыкания. Если случайно замкнуть одно из выходных напряжений на «землю», то соответствующий выходной транзистор (а часто и оба) моментально выходят из строя. Если бы эксплуатация этого БП предусматривала работу с уже отлаженным и работоспособным устройством, то эта проблема стояла бы не так остро. Но всё дело в том, что этот БП как раз и предназначен для конструирования и отладки новых устройств, которые могут вести себя непредсказуемым образом, и, в частности, создавать короткое замыкание. В приводимой ниже конструкции БП все эти недостатки устранены.

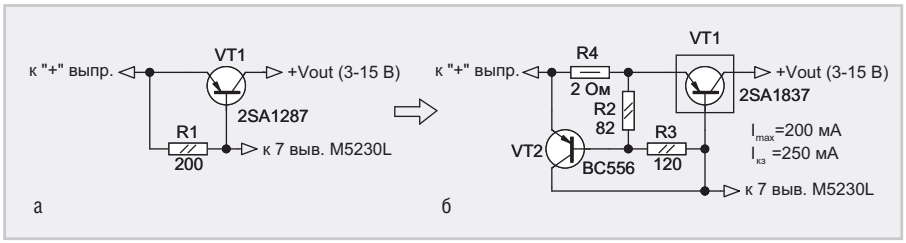


Рис. 2. Схемы защиты от превышения тока выходного положительного напряжения питания:
а) стандартная, б) предлагаемая

Принципиальная схема устройства

Как видно из приведённой на рисунке 1 схемы источника питания, в качестве силовых выходных транзисторов VT1 и VT2 используются транзисторы Toshiba 2SA1837 (p-n-p) и 2SC4793 (n-p-n), соответственно. Они являются комплементарной парой и продаются именно как пара с уже подобранными приблизительно равными коэффициентами усиления β. Транзисторы выпускаются в полностью изолированных корпусах TO-220FP, позволяющих легко закрепить их на любых радиаторах обычным винтом M3 с шайбой и тем самым решить проблему отвода тепла. Коэффициент усиления β составляет 100–300, а максимальный ток коллектора – 1 А. Кроме того, эти транзисторы относительно недороги и легкодоступны.

Проблема паразитной генерации полностью снимается путём установки конденсаторов C8 и C9, которые в рекомендуемой производителем схеме (пример 5 справочного листка) и в схеме [1] отсутствуют. Теперь при любых выходных напряжениях (±3...±15 В) и любых выходных токах паразитная генерация отсутствует, а максимальная амплитуда пульсаций выходных напряжений не превышает 5 мВ.

Защита от превышения тока, в том числе от короткого замыкания, организована следующим образом. В стандартную, рекомендованную производителем, схему (см. рис. 2а) введён дополнительный транзистор VT2 и токоизмерительный шунт R4 (см. рис. 2б). Резисторы R2 и R3 выполняют ту же роль, что и резистор R1 на рисунке 2а, т.е. создают точно такое же падение напряжения между базой и эмиттером VT1 (см. рис. 2б), как и в стандартной схеме, поскольку в сумме они почти равны R1 (см. рис. 2а). Сопротивлением шунта R4 можно пренебречь, т.к. оно на два порядка меньше и составляет 2 Ом. Таким образом, если исключить из схемы, приведённой на рисунке 2б, транзистор VT2, служащий для ограничения тока VT1, то обе схемы эквивалентны.

При небольших токах (значительно меньших 200 мА), падение напряжения на шунте R4 мало, и соответственно мало падение напряжения между базой и эмиттером VT2, в результате чего он заперт и никакого влияния на VT1 не оказывает. Или, другими словами, при таких токах VT2 работает в штатном режиме. Если же ток через R4 возрастает до 200 мА, то падение напряжения на R4 достигает 0,4 В. Это напряжение, суммируясь с падением напряжения на R2, составляющим около 0,2 В, создаёт напряжение между базой и эмиттером VT2 около 0,6 В, при котором транзистор VT2 начинает открываться. Поскольку VT2 подключён между базой и эмиттером VT1, последний начинает постепенно закрываться, т.к. его база и эмиттер постепенно «закорачиваются» транзистором VT2. При дальнейшем увеличении тока через шунт R4 до порога 250 мА транзистор VT1 постепенно превращается в источник тока, и при дальнейшем уменьшении сопротивления нагрузки вплоть до короткого замыкания рост тока прекращается, и он так и остаётся на уровне 250 мА.

Таким образом, при токах до 200 мА выходное напряжение стабильно и не зависит от сопротивления нагрузки, т.е. схема ведёт себя как стабилизатор напряжения. При токах от 200 до 250 мА выходное напряжение уже зависит от сопротивления нагрузки, а ток короткого замыкания не превышает 250 мА. При этом выходное напряжение равно нулю.

Если в схеме на рисунке 2б увеличить номинал шунта R4, например, в два раза, т.е. до 4 Ом, то ток короткого замыкания также снизится приблизительно в два раза, т.е. до 100 мА. Другими словами, управляя номиналом резистора R4, можно устанавливать порог ограничения по току (порог защиты).

Поскольку основная схема, приведённая на рисунке 1, представляет собой двуполярный источник напряжения, то для регулировки тока защиты по каждому из напряжений в диапазоне 20–200 мА потребуется сдвоенный переменный резистор, работающий в диапазоне от 2 до 20 Ом, т.е. номиналом около 20 Ом. К сожалению, такие сдвоенные переменные резисторы не выпускаются, однако эта проблема может быть решена очень просто. Дело в том, что для разработки и наладки устройств на обычных (слаботочных) ОУ вполне достаточно иметь защиту по току около 20 мА. Если в конструируемом устройстве используются слаботочные транзисторы, то защиту целесообразно установить в пределах 100 мА, т.е. такую, которая используется при применении маломощных стабилизаторов типа 78LXX и 79LXX. И, наконец, при наладке устройств, в которых используются мощные ОУ (см. рис. 3), максимальный ток защиты целесообразно установить на уровне 200 мА. Вышесказанное означает, что двухканальный тумблер на три поло-

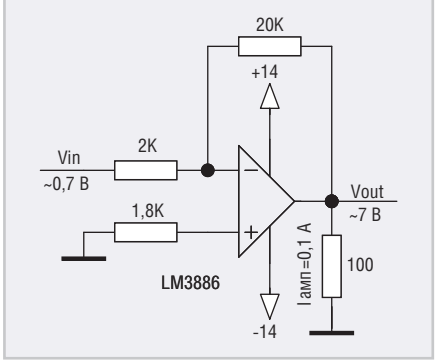


Рис. 3. Проверка работоспособности схемы на мощном ОУ

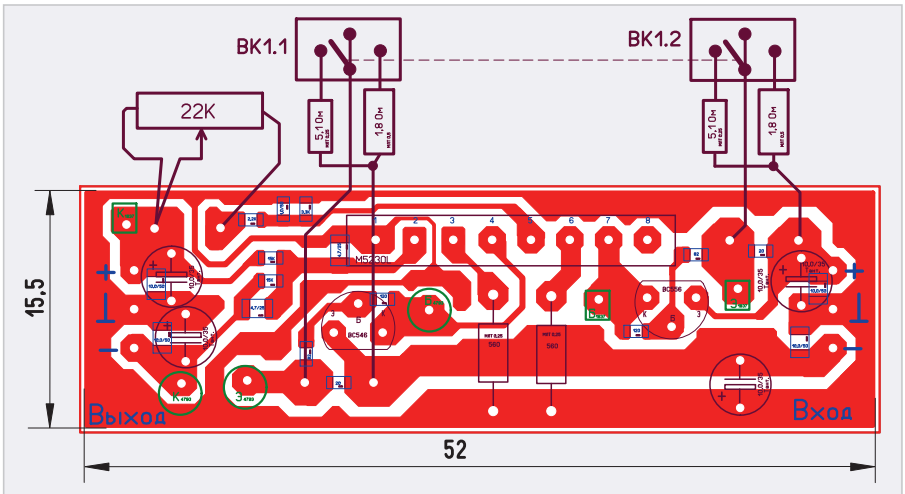


Рис. 4. Вариант разводки платы устройства

жения позволяет получить три номинала резисторов: 20 Ом, около 4 Ом и около 1,7 Ом, что эквивалентно порогам ограничения тока в районе 20, 100 мА и 250 мА. Тумблер параллельно подключает к резисторам номиналом 20 Ом (R1, R2) либо резисторы номиналом 5,1 Ом (R3, R4) в верхнем положении по схеме, либо резисторы номиналом 1,8 Ом (R5, R6) в нижнем положении, либо вообще ничего не подключает в среднем положении. Таким образом, на транзисторах VT1 и VT3 решается проблема защиты по току для положительного напряжения. Схема защиты для отрицательного напряжения на транзисторах VT2, VT4 реализована аналогично.

При включении сдвоенного тумблера ВК2 выходные напряжения подаются на клеммы XS1 и XS3 и разъём XP1. Для индикации наличия выходных напряжений используются светодиоды красного (LD1, положительное) и зелёного (LD2, отрицательное) свечения со своими токоограничительными резисторами R18 и R19 соответственно.

Выпрямление по каждому из напряжений организовано по полумостовой схеме со средней точкой с помощью четырёх диодов (VD1–VD4) с использованием двух вторичных полуобмоток трансформатора T1 с отводом от общей точки их соединения.

Благодаря двухступенчатой схеме регулирования сопротивления, используемой в переменном резисторе R11 (СП5-35А мощностью 1 Вт), необходимое выходное напряжение можно выставить с точностью до нескольких милливольт.

Остальные элементы схемы в комментариях не нуждаются, поскольку их назначение можно найти в примере 5 справочного листка микросхемы M5230L, а также в [1].

Разводка платы БП

Разводка печатной платы устройства достаточно проста, и размер платы составляет всего 52 × 15,5 мм (см. рис. 4).

Элементы для поверхностного монтажа изображены синим цветом, они расположены на стороне проводников. Элементы, установленные на плате навесным монтажом, показаны коричневым цветом. Этим же цветом отмечены элементы, которые расположены на корпусе БП (переменный резистор, тумблер с припаянными к нему резисторами). Эти элементы соединяются с платой гибкими проводами (например, МГТФ) сечением не менее 0,5 мм^2. Кружками (для VT1) и квадратами (для VT2) зелёного цвета отмечены точки на плате, к которым припаиваются аналогичные провода, соединяющие выводы силовых транзисторов (коллектор – «К», эмиттер – «Э», база – «Б») с платой. К цанговому трёхконтактному разъёму «Вход» припаяны провода, по которым оба напряжения выпрямителя поступают на плату, а к цанговому трёхконтактному разъёму «Выход» припаяны провода, по которым оба выходных напряжения с платы подаются на клеммы и разъём (через тумблер ВК2).

Конструкция БП

БП размещён в корпусе размером (7 × 7 × 12 см), состоящим из двух соединённых половин (см. рис. 5).

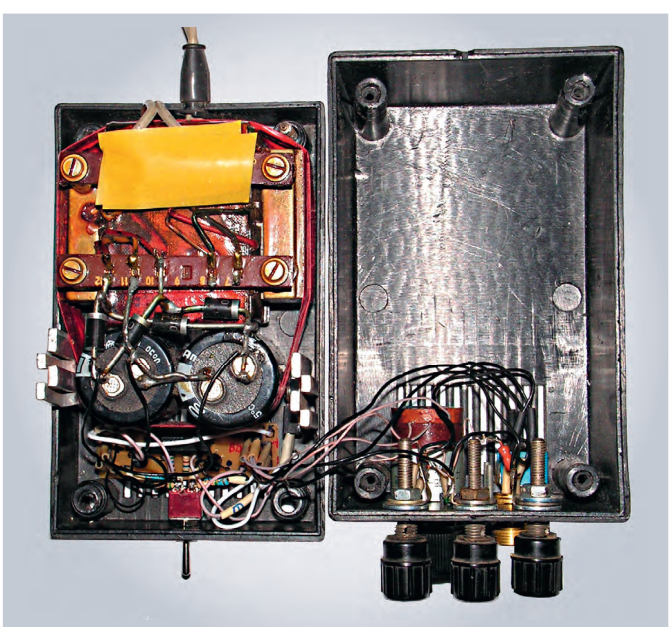


Рис. 5. Фотография раскрытого корпуса

Рис. 6. Фотография БП в сборе

В нижней половине корпуса расположены: трансформатор и выпрямитель со сглаживающими конденсаторами, силовые выходные транзисторы, укреплённые на радиаторах с площадью поверхности не менее 20 см^2, прикрученных к дну корпуса винтами, печатная плата, которая может быть приклеена к дну корпуса липкой двусторонней пористой лентой, и, наконец, тумблер, переключающий порог защиты по току.

В верхней половине корпуса расположены: клеммы, выходной разъём (XP1, см. рис. 1) с дублирующими напряжениями, светодиоды с токоограничительными резисторами, переменный резистор, регулирующий выходные напряжения, и тумблер, подключающий выходные напряжения к клеммам и разъему XP1. Этот разъём очень удобно использовать, если от описанного БП питаются сразу два устройства: одно – уже отлаженное, работоспособное (например, генератор), и второе, работоспособность которого требуется проверить (например, мощный ОУ, как на рис. 3). Если таких устройств несколько, то, не трогая питания генератора, подключённого к разъему XP1, можно оперативно подключать каждое из устройств к питающим клеммам.

Фотография собранного БП показана на рисунке 6. Ручка регулировки выходных напряжений расположена справа сверху. Рядом с нижним тумблером нанесены надписи, соответствующие положению тумблера, переключающего порог защиты по току. Тумблер включения расположен слева сверху, разъём – слева от ручки, а светодиоды, укрепленные в специальных оправках, – под регулировочной ручкой.

Заключение

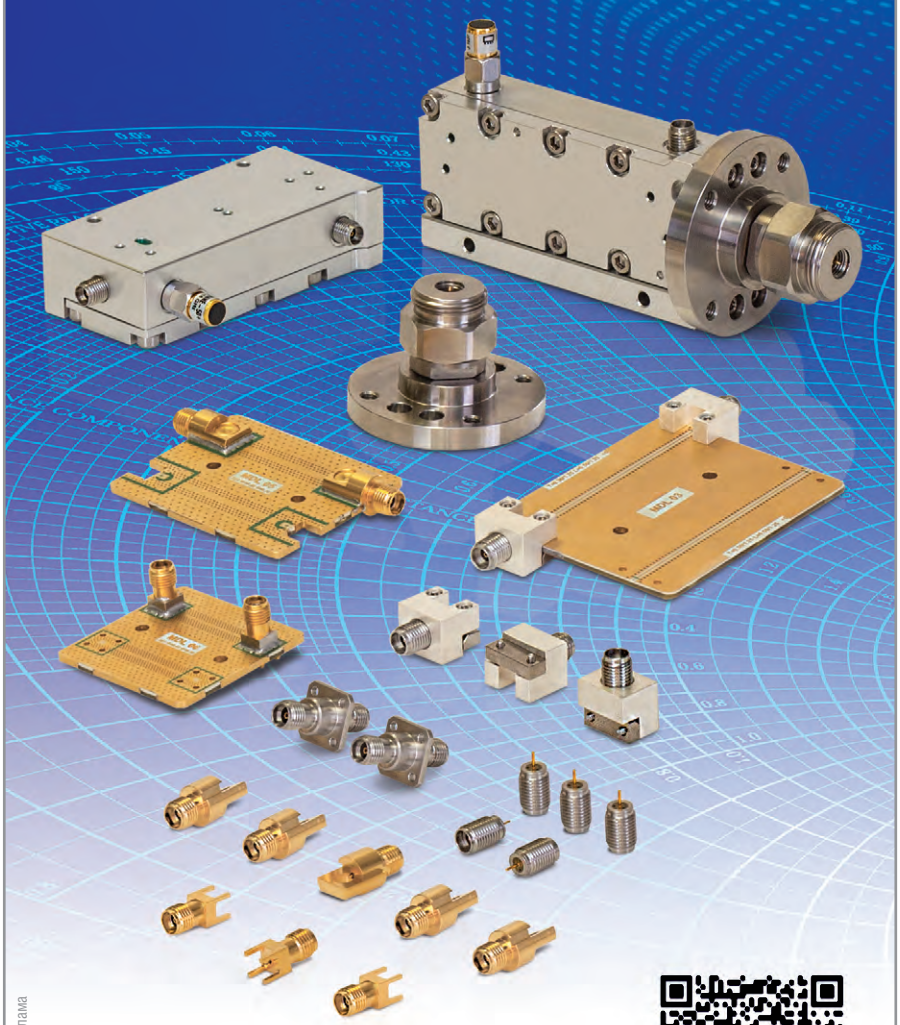
Описанный лёгкий, компактный и недорогой двуполярный стабилизированный БП с регулируемыми одной ручкой выходными напряжениями с низким уровнем пульсаций и трёхступенчатым переключаемым порогом ограничения тока может послужить незаменимым помощником при конструировании и отладке самых разных электронных устройств. Особенно полезным данный ИП будет для работ, связанных с применением ОУ.

Литература

1. *Кузьминов А.* Регулируемый двухполярный блок питания. Радио. 2012. № 6.

Элементы СВЧ тракта

- Направленные ответвители
- Переходы панельные в тракте 3,5 мм
- Переходы в тракте 2,92 мм:
  - Блочные
  - Торцевые
  - Торцевые экранированные
  - Вертикальные экранированные



Реклама

ООО «НПК ТАИР»
+7 (3822) 901163
www.npktair.com
tairtomsk@gmail.com

НОВОСТИ МИРА

Mitsubishi Electric открыла Центр промышленной автоматизации в Тюменском государственном университете

В Тюменском государственном университете (ТюмГУ) состоялось открытие Центра промышленной автоматизации Mitsubishi Electric. Новый центр был создан в рамках подписанного в январе этого года соглашения о сотрудничестве между ООО «Мицубиси Электрик (РУС)», ООО «Тюмень Прибор» и Тюменским государственным университетом.

Центр открыт на базе физико-технического института ТюмГУ. Его основой стала учебная лаборатория систем и средств промышленной автоматизации. Здесь установлены учебно-исследовательские стенды и программное обеспечение Mitsubishi Electric, которое смонтировали специалисты «Тюмень Прибора».

Лаборатория позволит интегрировать в учебный процесс современные решения в области автоматизации промышленных предприятий, а также сформировать у студентов профессиональные компетенции, необходимые для перехода промышленности к цифровому формату. Здесь будут проводиться научные исследования, разработка и тестирование прототипов интеллектуальных систем управления с применением высокотехнологичных программных контроллеров и частотно-регулируемого привода.

Центр промышленной автоматизации торжественно открыли ректор ТюмГУ Валерий Фальков, старший менеджер корпорации «Мицубиси Электрик» г-н Масанори Танимото, менеджер по развитию бизнеса «Мицубиси Электрик (РУС)» Сергей Титов и генеральный директор ООО «Тюмень Прибор» Радик Закиров. В церемонии также приняли участие представители департамента инвестиционной политики правительства Тюменской области и предприятий из числа индустриальных партнёров вуза.

В своём приветственном слове Валерий Фальков отметил, что внедрение новейших технологий в университете осуществляется ради студентов: «Для вуза очень важно выстраивать отношения с ведущими компаниями, поскольку это даёт возможность выпускникам ТюмГУ реализовать себя в лучших и престижных компаниях России и мира».

Масанори Танимото подчеркнул, что компания стремится быть поставщиком средств промышленной автоматизации № 1 в мире: «Для нас очень важна программа развития взаимоотношений с вузами. Мы считаем главной задачей научить студентов работать на современном оборудовании с первого курса и надеемся, что выпускники университетов будут применять все знания на практике. А вместе мы сможем добиться высоких результатов».

После торжественного открытия в вузе прошёл семинар по автоматизации процессов. Масанори Танимото ознакомил собравшихся студентов и гостей с многолетней историей корпорации, сферами деятельности, а также текущим положением подразделения промышленной автоматизации на мировом рынке. Сергей Титов, менеджер по развитию бизнеса ООО «Мицубиси Электрик (РУС)», осветил последние тенденции в автоматизации производства, в том числе рассказал о последних разработках Mitsubishi Electric – платформе e-F@ctory, оптимально подходящей для применения на предприятиях в рамках перехода к цифровому управлению производством. e-F@ctory – технологическая основа стратегии «Общества 5.0», инструмент повышения конкурентоспособности российской промышленности на базе цифровых решений. На новейших достижениях на рынке автоматизации также в своём докладе сконцентрировался технический директор ООО «Тюмень Прибор» Дмитрий Прокофьев. Проректоры ТюмГУ Евгений Голубев и Таисья Погодаева познакомили гостей с исследовательской деятельностью университета и практикой взаимодействия с индустриальными партнёрами.

ООО «Мицубиси Электрик (РУС)»

PTC сделает смешанную реальность доступнее для бизнеса с помощью Microsoft HoloLens

PTC в рамках конференции Microsoft Ignite объявила, что работает над созданием enterprise-решения на основе технологии смешанной реальности (mixed reality, MR) на базе Microsoft HoloLens. PTC и Microsoft будут совместно работать над тем, чтобы ThingWorx® Studio MR стал оптимальным инструментом для создания и работы с MR-представлениями с помощью HoloLens.

ThingWorx Studio, основанная на Vuforia®, предлагает пользователям HoloLens нативную поддержку для быстрого создания масштабируемых представлений смешанной реальности. Визуальная среда редактирования ThingWorx Studio со встроенной поддержкой drag-and-drop, жестов и голосовых команд позволяет пользователям быстро и эффективно создавать голографические объекты HoloLens без необходимости квалифицированного программирования или привлечения дорогостоящих проектировщиков.

«Интеграция ThingWorx Studio и HoloLens открывает перед промышленностью широкие возможности по созданию MR-объектов, которыми можно управлять жестами. Эти возможности могут быть полезными в разных критически важных для бизнеса процессах, в том числе – в продажах и маркетинге, производстве и обслуживании, а также в HR и обучении, – подчеркнул Терри Фаррелл, директор по маркетингу направления Mixed Reality Microsoft. – Благодаря сотрудничеству с PTC пользователи HoloLens смогут создавать подобные объекты быстрее и проще, что позволит более эффективно использовать потенциал смешанной реальности».

Интеграция ThingWorx Studio и HoloLens была представлена на конференции Microsoft Ignite на стенде PTC ThingWorx Studio. Участники мероприятия смогли увидеть, как с помощью ThingWorx Studio можно быстро и легко создавать смешанные представления с необходимыми предприятию настройками. Демонстрация включала примеры использования представлений смешанной реальности в продажах и маркетинге. Также были презентованы возможности просмотра пользователями различных параметров изделия на разных этапах его жизненного цикла. Кроме того, в демозоне можно было ознакомиться с примерами использования MR в процессе выездного обслуживания и в частности – для организации работы специалиста сервисной службы с пошаговыми инструкциями с помощью HoloLens. Это позволяет соблюсти корректность процедуры обслуживания механизма, нуждающегося в ремонте.

Заинтересовавшиеся могут скачать бесплатную пробную версию программы ThingWorx Studio и платформу для промышленного Интернета вещей ThingWorx.

ThingWorx Studio
PTC.com

DeltaDesign

Система автоматизированного проектирования электронных устройств

Презентация новой версии **2.5**

- Менеджер библиотек **LIBerty**
- Схемотехническое моделирование **SimOne**
- Редактор печатных плат **RightPCB**
- Редактор правил **DRM**
- Схемотехнический редактор **FlexyS**
- HDL-симулятор **Simtera**
- Топологический трассировщик **TopoR**
- Коллективная работа для предприятий **Enterprise Server**

EREMEX

Сделано в России

+7 (495) 232-18-64
info @eremex.ru

www.eremex.ru
www.dd.ru

Реклама

Проектирование целочисленных цифровых БИХ-фильтров

Никита Морозов, Владимир Бугров (г. Нижний Новгород)

В статье рассматривается модель цифрового БИХ-фильтра в приближении дискретной целочисленной математики. Приводится анализ косвенных аналитических методов проектирования рекурсивных фильтров билинейным преобразованием аналогового прототипа. Показана возможность прямого синтеза каскадных БИХ-фильтров методами целочисленного нелинейного программирования.

Введение

Доля цифровой фильтрации в современных системах цифровой обработки сигналов (ЦОС) может составлять до половины общего объёма цифровых вычислений. Являясь устройствами частотной селекции входного сигнала, цифровые фильтры обычно разрабатываются на основе требований к их частотным характеристикам. В общем виде комплексный частотный коэффициент передачи БИХ-фильтра стандартно можно записать как:

$$H\left(e^{j\omega}\right) = \left|H\left(e^{j\omega}\right)\right| e^{j\phi(\omega)}.$$

Таким образом, основными характеристиками фильтра в частотной области являются:

- амплитудно-частотная характеристика, как модуль коэффициента передачи $H\left(e^{j\omega}\right)$;
- фазочастотная характеристика, как аргумент коэффициента передачи $j\phi(\omega)$;
- фазовая задержка, как прямая задержка фильтром гармонического сигнала $\tau_з = -\phi(\omega)/\omega$;
- групповое время запаздывания $\tau_{gr} = -\partial\phi/\partial\omega$;
- частотная дисперсия сигнала $D = \partial\tau_{gr}/\partial\omega$.

В частотной области, определяющей селективные свойства, современный цифровой фильтр должен обладать совокупностью перечисленных характеристик, поэтому актуальной является задача разработки методов синтеза цифровых фильтров с учётом всей совокупности требований. Такой синтез принято называть многофункциональным, в отличие от многокритериального синтеза – синтеза только по одной требуемой характеристике, когда частотная характеристика, задаваемая на k дискретных точках частотного диапазона, при постановке задачи синтеза уже приводит к многокритериальной задаче.

Важным фактором, определяющим быстродействие БИХ-фильтра, является, как известно, арифметика вычислений, используемая в алгоритме цифровой фильтрации. Обзор публикаций по методам аналитического расчёта рекурсивных фильтров показывает, что в настоящее время преобладает косвенное проектирование рекурсивных фильтров по аналоговому прототипу с применением метода билинейного преобразования [1–3], либо различных подходов, на нём базирующихся [4–6], при использовании в алгоритмах цифровой фильтрации вещественной арифметики вычислений. Это обстоятельство диктуется особенностями расчётного метода билинейного преобразования, когда проектное решение может быть получено только в приближении непрерывной математики, то есть в вещественном многомерном пространстве состояний E^n, считая все переменные состояния вещественными величинами, точность представления которых может быть сколь угодно большой. Существует несколько очевидных недостатков косвенного проектирования рекурсивных фильтров в вещественных числах билинейным преобразованием аналогового прототипа.

1. Принципиальная невозможность многофункционального синтеза цифрового фильтра, так как никакие требования, кроме требований к АЧХ фильтра, выполнены быть не могут. Так в литературе, например, прямо указывается невозможность контроля либо удовлетворения требованиям по фазовым искажениям при расчёте рекурсивного фильтра по аналоговому прототипу. Поэтому и неудивительно, что рекурсивные фильтры высокого порядка, спроектированные методом билинейного преобразования или его модификациями в MATLAB, имеют нелинейность ФЧХ порядка сотен градусов, то есть практически непригодны для большинства приложений ЦОС.
2. Практическая невозможность синтеза рекурсивного фильтра с произвольной формой частотной характеристики, так как проблема аппроксимации произвольной АЧХ является самостоятельной и весьма непростой задачей. Поэтому по аналоговому прототипу синтезируются лишь фильтры с типовой формой АЧХ (ФНЧ, ФВЧ, полосовой, заградительный), используя их аппроксимацию по Баттерворту, Чебышеву либо Кауэру. Необходимо помнить также, что этап аппроксимации АЧХ является, как известно, нелинейно-фазовой процедурой, что может приводить к резкому увеличению фазовых искажений.
3. Нелинейные деформации частотной шкалы фильтра, прямое несовпадение фазовых и импульсных характеристик цифрового фильтра с его аналоговым прототипом.
4. Вещественный формат представления данных вынуждает квантовать их значения, то есть переводить описание цифрового фильтра из непрерывного пространства состояний E^n в дискретное вещественное (квантованное) пространство Q^n, используя известный алгоритм квантования данных. Однако процедура квантования данных приводит, как известно, к искажению частотных характеристик БИХ-фильтра, появлению шумов квантования, а также к необходимости масштабирования вещественных коэффициентов фильтра.
5. Проектное решение в вещественном пространстве состояний никак не соответствует арифметике цифрового вычислителя, реализующего тот или иной алгоритм ЦОС, цифровой фильтрации, в частности. Ведь базовая арифметика любого цифро-

вого вычислителя – это целочисленная арифметика, оперирующая только с целыми числами в двоичном их представлении (битами, байтами, словами) и позволяющая осуществлять вычисления за минимальное время при минимальных ресурсах оперативной памяти. И только отсутствие целочисленных алгоритмов ЦОС вынуждает переходить к вещественной или комплексной арифметике цифровых вычислений, требующих значительных ресурсов как по памяти, так и по тактовой частоте вычислителя с существенным усложнением его структуры (за счёт введения FPU-арифметических сопроцессоров и т.п.) и значительным увеличением энергопотребления. То есть БИХ-фильтр с вещественной арифметикой вычислений может быть реализован только на специализированных сигнальных процессорах, тогда как наиболее перспективная на сегодняшний день программируемая логика, а также и микропроцессорные контроллеры, требует принципиально целочисленных решений, целочисленной арифметики вычислений.

6. Никакие дополнительные внешние условия, функциональные ограничения (например, масштабирования сигнала в каскадных структурах) при косвенном синтезе рекурсивного фильтра по аналоговому прототипу непосредственно не могут быть учтены.

Однако перечисленные отрицательные последствия представления данных в вещественном формате могут быть во многом устранены при переходе к математическому описанию БИХ-фильтра в приближении дискретной целочисленной математики. То есть при переходе к математическому описанию, соответствующему базовой физике цифрового фильтра как реального устройства. Цифровой фильтр как физическое устройство изначально является дискретной целочисленной системой, которую и необходимо описывать, моделировать в приближении дискретной целочисленной математики, считая любую переменную точкой многомерного дискретного целочисленного пространства состояний. Под пространством состояний в данном случае понимается, прежде всего, многомерное пространство I^n целочисленных параметров (коэффициентов фильтра), входных и выходных сигналов – целочисленных временных последовательностей, а также базовые целочисленные операции над данными в алгоритме цифровой фильтрации. Таким образом, в целочисленных цифровых фильтрах (ЦЦФ) все переменные состояния (коэффициенты фильтра и результаты промежуточных вычислений, итоговый отклик фильтра) являются целочисленными, как целочисленными являются и все внутренние операции в алгоритме цифровой фильтрации.

Моделирование рекурсивного целочисленного фильтра

Рекурсивные фильтры, являясь дискретными линейными системами с обратной связью, обладают значительно бóльшими селективными возможностями по сравнению с КИХ-фильтрами и позволяют реализовать требуемые частотные характеристики значительно меньшим порядком N фильтра. Что касается структуры построения, то в [7] приведено сравнение каскадных, параллельных, прямых и волновых структур построения цифровых БИХ-фильтров, и показано, что каскадная структура является наилучшей, поскольку:

- позволяет реализовывать ряд передаточных функций фильтра небольшим набором основных функциональных элементов (звеньев) низкого порядка;
- чувствительность характеристик к изменению параметров (коэффициентов) наименьшая при последовательной структуре построения фильтра;
- каскадная структура удобна в случае подстройки после синтеза, поскольку каждое звено фильтра изолировано друг от друга.

Поэтому в настоящее время построение рекурсивных фильтров в форме каскадного соединения звеньев второго порядка прямой или обращённой формы на практике используется наиболее часто.

Передаточная функция для рекурсивного ЦЦФ, состоящего из каскадного соединения m-звеньев второго порядка (m = N / 2), имеет следующий вид [8]:

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

где комплексная переменная z при переходе к описанию комплексной частотной характеристики:

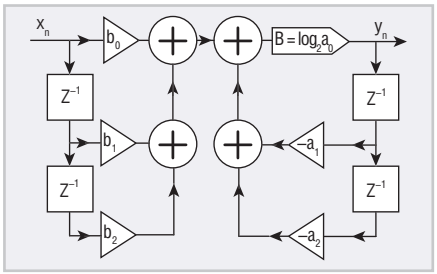


Рис. 1. Структура звена рекурсивного ЦЦФ

$$K\left(e^{j\omega}\right)=\left|K\left(e^{j\omega}\right)\right|\times e^{j\varphi(\omega)}$$

принимает значение $z = e^{j\omega}$, $\omega = 2\pi f/fs$ – цифровая частота, а fs – частота дискретизации.

Все коэффициенты системной функции (1) являются целочисленными, а их интервал изменения (вариации) определяется заданной длиной битового слова (разрядностью) коэффициентов фильтра. Из соотношения (1) легко получается разностное уравнение для одного звена фильтра:

$$y_n=(b_0x_n+b_1x_{n-1}+b_2x_{n-2}-\\-a_1y_{n-1}-a_2y_{n-2})/a_0, \qquad (2)$$

где x_n, y_n – входная и выходная целочисленные временные последовательности, a_0 – масштабирующий множитель.

Как видно из (2), при вычислении отклика фильтра должна выполняться операция деления на целочисленный коэффициент a_0, которая может быть реализована операцией сдвига при условии принадлежности каждого i–го коэффициента биномиальному целочисленному ряду:

$$a_{0i}\in\left\{a^q\right\},\ q=\overline{0,W_k},\ i=\overline{1,m}, \qquad (3)$$

где W_k – длина (разрядность) битового слова целочисленных коэффициентов фильтра.

На рисунке 1 приведена типичная структура звеньев рекурсивного целочисленного фильтра, соответствующая разностному уравнению (2). Как видно, при вычислении отклика фильтра кроме традиционных операций сложения, умножения и задержки на такт присутствует операция сдвига на $B = \log_2 a_0$ бит, с помощью которой реализуется целочисленное деление на биномиальный коэффициент a_0.

Можно отметить, что именно наличие итоговой операции сдвига в алгоритме расчёта отклика рекурсивного целочисленного звена нарушает коммутативность расчётной процедуры реализации нулей и полюсов его передаточной функции (1), что не позволяет, в свою очередь, реализовать цело-

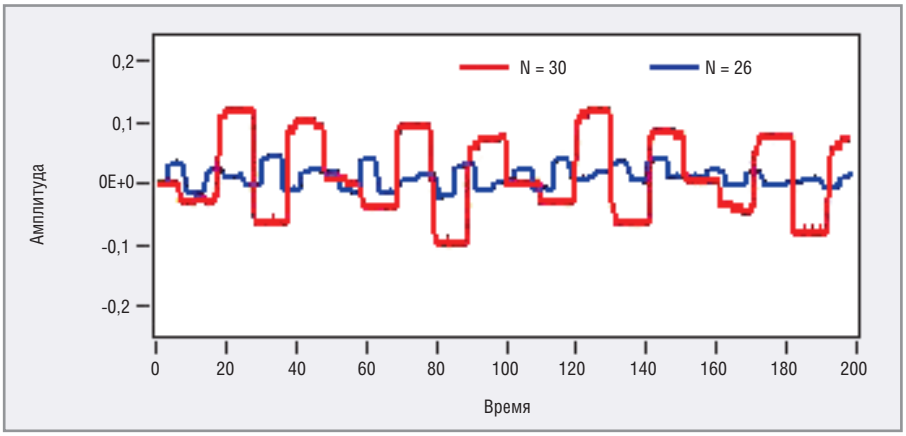


Рис. 2. Амплитуда предельных циклов при нулевом входе

численное рекурсивное звено в канонической форме.

Как известно, БИХ-фильтр будет устойчив, если все полюсы p_i передаточной функции лежат внутри единичного круга в z-плоскости:

$$|Zp_i| < 1. \quad (4)$$

Заметим, однако, что это стандартное условие является необходимым, но далеко не достаточным, так как устойчивость работы БИХ-фильтра, как системы с обратной связью, может быть нарушена появлением предельных циклов (Limit Cycle), когда вроде бы устойчивый по соотношению (4) фильтр начинает демонстрировать неустойчивое поведение. При этом предельные циклы типа Granular [9] возникают, когда при отсутствии сигнала на входе амплитуда выходного сигнала затухает, но из-за вычислительных погрешностей не доходит до нуля. На рисунке 2 в качестве примера проявления таких циклов представлены осциллограммы сигналов на выходе рекурсивных фильтров различного порядка при нулевом входе.

Переполняющие (Overflow) предельные циклы имеют место, когда амплитуда выходного сигнала не затухает, а возрастает, вызывая в итоге переполнение. Возможность возникновения предельных циклов возрастает с увеличением порядка рекурсивного фильтра и во многом определяется добротностью полюсов его передаточной функции. В настоящее время провести теоретический анализ, расчёт предельных циклов весьма непросто даже для БИХ-фильтров малого порядка. Поэтому действенной, а порой и единственной альтернативой, является практическая реализация синтезированного ЦЦФ на конкретной цифровой платформе (MCU, DSP или FPGA) и экспериментальный анализ амплитуды выходного сигнала фильтра при нулевом входе. Именно поэтому проектирование цифровых БИХ-фильтров высокого порядка (N > 20) не должно ограничиваться только теоретическим нахождением коэффициентов (как это обычно принято), но обязательно должна дополняться этапом реализации фильтра и практического исследования решения на возможное наличие предельных циклов. В том же случае, когда предельный цикл наблюдается, действенной мерой его устранения является проведение повторного синтеза фильтра под меньшую допустимую добротность его полюсов. А так как добротность полюсов пропорциональна их радиусу в z-плоскости, то достаточно задать меньшее значение допустимого радиуса полюсов передаточной функции и пересинтезировать фильтр. Попытки задания различных радиусов полюсов [10, 11] на стадии аналитического проектирования БИХ-фильтров малоэффективны из-за низкой адекватности и чрезмерных вычислительных затрат, тогда как поисковый синтез численными методами ЦНП позволяет это сделать без затруднений. Таким образом, совместное условие устойчивости проектируемого БИХ-фильтра с учётом отсутствия предельных циклов можно представить так:

$$|Zp_i| < r_{max},$$

где r_{max} – допустимый максимальный радиус полюсов передаточной функции фильтра в z-плоскости, при котором предельные циклы в системе отсутствуют.

Как показала практика, при синтезе с меньшим значением максимального радиуса практически всегда удаётся получить проектное решение без предельных циклов того или иного рода, хотя селективная способность фильтра при этом, естественно, снижается.

Что касается результатов, необходимых для расчёта отклика ЦЦФ промежуточных вычислений, то все они также являются целочисленными, и при заданной битовой разрядности квантования входного сигнала W_x достаточно выделить внутренний аккумуляторный регистр с разрядностью:

$$W_{ak} = W_x + W_k + 2[\text{бит}]$$

для хранения результата целочисленного умножения с накоплением, осуществляемого по алгоритму (2). Колебаний переполнения, то есть возникновения больших предельных циклов, вызванных переполнением разрядной сетки регистра-аккумулятора, при таком расчёте его разрядности практически никогда не возникает, особенно если учесть, что накопление результата целочисленного умножения в (2) осуществляется алгебраически, с учётом знака слагаемых, что существенно понижает разрядность результата.

Как известно, в каскадных формах построения БИХ-фильтров необходима процедура масштабирования сигнала, что позволяет каскадному фильтру работать в широком динамическом диапазоне входных сигналов. Однако в каскадных ЦЦФ расчёт такого масштабирования целочисленного звена гораздо легче осуществлять не применением Lp-нормы, а прямым введением требования обеспечения малого разброса коэффициентов передачи отдельных звеньев. Формально требование масштабирования усиления записывается двусторонними функциональными ограничениями (9) экстремальной задачи ЦНП-синтеза.

Дискретный синтез рекурсивного целочисленного фильтра

Эффективный многофункциональный синтез, то есть синтез целочисленного БИХ-фильтра, по совокупности требуемых характеристик в многомерном целочисленном пространстве в настоящее время возможен только поисковыми методами целочисленного нелинейного математического программирования [12, 13]. Математическое программирование – это инвариантная и эффективная методология решения фор-

мализованных задач (задач проектирования в частности), методология, максимально ориентированная на современные вычислительные системы. Общая идея математического программирования, как известно, состоит в привязке решения любой задачи к чёткому инвариантному математическому признаку – экстремуму функции качества (цели) F(X), где вектор X определяет искомый параметр устройства. Для любой проектной задачи такую функцию всегда можно сформировать, исходя из заданных требований к проектируемому устройству (в компьютерных пакетах синтеза целевую функцию обычно формирует функциональный редактор). Имея такую функцию, решение задачи синтеза сводится к процедуре минимизации F(X), то есть отысканию координат глобального экстремума (оптимальных параметров устройства X^0), что обычно делается поисковыми методами [14, 15]. Идеология целочисленного нелинейного программирования (ЦНП) позволяет эффективно проектировать цифровые фильтры с заданной разрядностью представления данных (целочисленных коэффициентов) при максимальном выполнении требований к частотным характеристикам фильтра. В общем виде задачу целочисленного нелинейного программирования при машинном синтезе рекурсивного ЦЦФ с заданной разрядностью представления данных можно записать так:

$$F^o(IX^o) = \min F(IX), \quad IX \in I^{6m} \tag{5}$$

$$\begin{aligned} -2^{Wk} - 1 \le a_i \le 2^{Wk} - 1 \quad i = \overline{1,m} \\ -2^{Wk} - 1 \le b_i \le 2^{Wk} - 1 \quad i = \overline{1,m} \end{aligned} \tag{6}$$

$$a_{0i} \in \{a^q\},\ q = \overline{0, W_k},\ i = \overline{1,m} \tag{7}$$

$$|Zp_i| < r_{max},\ i = \overline{1,m} \tag{8}$$

$$K_i^{min} \le \left|K_i\left(e^{j\omega}\right)\right| \le K_i^{max} \quad i = \overline{1,m} \tag{9}$$

где m – число звеньев второго порядка, IX – вектор многомерного целочисленного пространства параметров (коэффициентов), F(IX) – целевая функция, K_i^{min}, K_i^{max} – допустимые границы изменения коэффициента усиления i-го звена.

Экстремальная задача синтеза (5) записана относительно целочисленного пространства I^{6m} параметров (коэффициентов фильтра), размерностью 6m. Ограничения (6) задают границы изменения этих целочисленных коэффициентов, а соотношение (7) определяет принадлежность коэффициентов a_{0i} биномиальному целочисленному ряду. Функциональные ограничения (8) контролируют в процессе синтеза условие устойчивости БИХ-фильтра по всем полюсам коэффициента передачи с радиусами, не выше r_{max}, а ограничения (9) масштабируют коэффициенты передачи звеньев в заданный интервал.

Многофункциональное задание целевой функции наиболее часто формируется в виде взвешенной суммы (10) частных целевых функций $f_i(IX)$, которые определяют выполнение функциональных требований по той или иной частотной характеристике фильтра:

$$F(IX) = \sum_i \beta_i \times f_i(IX). \tag{10}$$

Коэффициент b_i задаёт значимость (вес) характеристики (i-го частотного окна). Сами частные целевые функции $f_i(IX)$ формирует функциональный редактор пакета синтеза, обычно по критерию минимума среднеквадратичного отклонения:

$$f_i(IX) = \sqrt{\frac{1}{p} \times \sum_{n=1}^{p} \left[Y_n(IX) - Y_n^T\right]^2}, \tag{11}$$

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

Критерий максимальной ошибки:

$$f_i(IX) = \max_n \left|Y_n(IX) - Y_n^T\right| \tag{12}$$

используется значительно реже. Очень часто ради экономии времени расчёта в соотношении (11) корень не извлекают и работают по ненормированному квадратичному критерию:

$$f_i(IX) = \sum_{n=1}^{p} \left[Y_n(IX) - Y_n^T\right]^2.$$

Поисковое итеративное решение экстремальной задачи ЦНП (5) в заданном пространстве параметров осуществляет программный алгоритмический комплекс [15], обращаясь к модельному блоку программы для расчёта текущих функциональных характеристик фильтра. Вектор IX^0, минимизирующий скалярную целевую функцию F(IX) на множестве допустимых целочисленных решений (6), является эффективным решением задачи параметрического синтеза рекурсивного ЦЦФ.

Поисковый комплекс дискретной минимизации

Как известно, характерным отличием поискового проектирования от классического аналитического решения является то, что определение эффективного решения экстремальной задачи (5) осуществляется не путём последовательного его расчёта по некоторым аналитическим правилам и формулам, а путём его выбора (поиска) на некотором конечном целочисленном множестве вариантов синтезируемого БИХ-фильтра, определяемом областью проектирования или областью поиска $D \in I^n$. Критерий выбора (цели) формализован целевой функцией F(IX), значение которой при поиске необходимо минимизировать. Для численного решения задачи (5) при проектировании рекурсивного ЦЦФ используется эффективный метод синтеза с поиском глобального экстремума на сетке кода Грея [15, 16]. Данный метод адаптирован к поиску решений в целочисленном пространстве параметров (коэффициентов фильтра), когда поисковый алгоритмический комплекс минимизации работает в режиме дискретного целочисленного представления многомерной области поиска $D \in I^n$.

При разработке данного поискового комплекса необходимо было выполнить следующие условия:

- разрешение системы нелинейных функциональных ограничений устойчивости (8) и масштабирования усиления каскадов фильтра (9) методом штрафных функций;
- разработка базового итеративного алгоритма целочисленной минимизации на детерминированной сетке кода Грея;
- разработка эффективных сценариев решения сложных проектных задач поискового синтеза целочисленных цифровых фильтров.

Базовый поисковый алгоритм комплекса относится к классу глобальных алгоритмов направленного сканирования на детерминированной сетке. Для преобразования массива дискретных целочисленных значений каждой i-й переменной в кодовое пространство используется код Грея, который позволяет осуществить неразрывное кодирование массива, то есть так, что

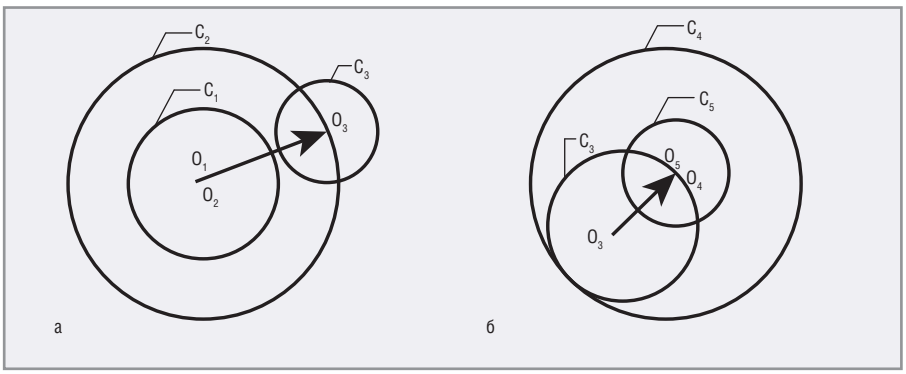


Рис. 3. Упрощённое отображение стратегии поиска: а – нулевой режим; б – первый режим

каждая соседняя кодовая комбинация отличается не более, чем на один символ. Это позволяет организовать поиск на дискретной сетке при помощи так называемых сфер поиска. Каждая сфера представляет множество точек пространства поиска в виде узлов сетки, расположенных вокруг некоторой центральной точки (см. рис. 3). Данные сферы используются для поиска глобального экстремума по определённой стратегии.

Процесс поиска начинается со сферы C_1 минимального радиуса r = 1 с центром O_1, а затем происходит автоматическое увеличение радиуса r сферы поиска (сфера C_2 на рис. 3а) с последующим автоматическим сужением радиуса до минимального (r = 1) с переносом центра в лучшую точку на сфере, на которой такая точка найдена (например, точка O_3 на сфере C_2). Для нулевого режима работы алгоритма минимизации характерны концентрические сферы поиска. Далее, в зависимости от профиля целевой функции, может продолжаться нулевой режим работы или осуществляться переход в первый режим. Как видно, для первого режима характерно неконцентрическое расширение сфер поиска при наличии на сферах точек лучше центра. Пусть сформирована сфера C_3 радиуса r = 1 с центром O_3 (см. рис. 3б). Если на сфере C_3 нашлась точка $O_4 \in C_3$ с лучшим (меньшим) значением целевой функции, чем в O_3, то центр поиска переносится из O_3 в O_4 и вокруг него формируется сфера C_4 удвоенного радиуса 2r. При отсутствии на сфере C_4 точки лучше, чем O_4, осуществляется переход от сферы C_4 к сфере C_5 наименьшего радиуса с тем же центром $O_5 \equiv O_4$. Переход к нулевому режиму осуществляется в случае, если на сфере C_5 наименьшего радиуса не нашлось лучшей точки. Таким образом, при последовательном автоматическом расширении и сужении этих специфических сфер поиска происходит направленное сканирование всей многомерной области поиска, без полного её перебора.

Данный алгоритм направленного сканирования на сетке кода Грея обладает совокупностью следующих свойств:

- является алгоритмом нулевого порядка;
- не имеет настраиваемых параметров;
- обладает работоспособностью в целочисленном пространстве большой размерности (до 500 переменных);
- имеет малые потери на поиск, обеспечивая существенное сокращение полного перебора (например, вместо 10^{19} вариантов – всего 10^4 вариантов при 16 переменных);
- имеет высокую надёжность поиска экстремума, которая составляет не менее 75% и малую чувствительность к характеру целевой функции. Для повышения надёжности может быть использована процедура поиска из нескольких дополнительных, сгенерированных самим поисковым алгоритмом, начальных точек.

Следует отметить, что, в отличие от классического аналитического расчёта БИХ-фильтра по аналоговому прототипу, поисковое его проектирование является, безусловно, интеллектуальным процессом, интеллектуальным проектированием. Множество сценариев решения сложной проектной задачи может быть предложено, много специфических приёмов и навыков может быть применено опытным проектировщиком-поисковиком для успешного решения сложной проектной задачи.

Типовым сценарием поискового проектирования каскадных ЦЦФ является сценарий в стиле динамического программирования, как последовательность поисковых задач с поэтапным повышением порядка проектируемого фильтра. На первом, стартовом этапе используют структуру низкого порядка (четвёртого или шестого, не выше). Естественно, выполнение совокупных требований таким фильтром будет низкое. На втором этапе уже данное решение используется в качестве исходного решения. Порядок фильтра при этом повышают путём дублирования найденных ранее коэффициентов звена (что в пакете синтеза может делаться автоматически). После нескольких подобных итераций и определяется итоговый порядок проектируемого фильтра, при котором погрешность выполнения сложных совокупных требований лежит в пределах заданного допуска.

Таким образом, рассмотренный комплекс целочисленной поисковой минимизации позволяет обеспечить высокую надёжность отделения глобального экстремума в весьма широкой области проектирования ЦЦФ практически из любой начальной точки. Эффективность применения метода синтеза с поиском глобального экстремума на сетке кода Грея подтверждается успешным решением сложных, многофункциональных задач проектирования целочисленных БИХ-фильтров [8, 17–19].

Заключение

Методы целочисленного нелинейного программирования в приложении к задачам проектирования линейных цифровых фильтров являются перспективной альтернативой традиционным методам проектирования цифровых фильтров [1–3, 9, 11]. Принципиальное отличие ЦНП-синтеза от аналитического расчёта состоит в применении современных численных методов машинного проектирования, позволяющих работать не с аналитическим, а с дискретно-табулированным представлением характеристик проектируемого фильтра, когда как исходные требуемые, так и текущие характеристики табулированы с заданной дискретностью их представления в частотной области и в вычислительной системе представлены двумерными массивами (векторами). Это даёт возможность, с одной стороны, без труда, применением численных методов, рассчитывать с заданной точностью все требуемые характеристики фильтра (включая ГВЗ и частотную дисперсию), а с другой стороны – применять для синтеза технического решения весьма эффективные поисковые методы дискретно-

го программирования, позволяющие осуществлять проектирование цифровых БИХ-фильтров непосредственно в целочисленном пространстве состояний. Современные алгоритмические комплексы целочисленной минимизации позволяют решать такие проектные задачи надёжно и эффективно при выполнении всех внешних требований и ограничений к работе цифрового фильтра, что даёт возможность существенно повысить качество проектируемых фильтров.

Из материалов, приведённых в статье, видно, что, в сравнении с традиционными подходами, синтез цифровых фильтров методом целочисленного нелинейного программирования даёт ряд преимуществ.

Позволяет осуществлять синтез фильтра по совокупности требуемых его частотных характеристик при произвольной форме их задания и заданной частотной шкале (линейной, логарифмической и др.).

Устойчивость решения для целочисленных БИХ-фильтров гарантируется приоритетным выполнением функциональных условий устойчивости в процессе ЦНП-синтеза фильтра. При этом возможно задание требуемого максимального радиуса полюсов передаточной функции при синтезе, что позволяет эффективно управлять добротностью проектируемого фильтра в случае возникновения предельных циклов того или иного рода.

Глобальная модельная идеология поиска определяет высокую надёжность отыскания эффективного решения экстремальной задачи синтеза. Хорошего начального приближения (прототипа) здесь не требуется. Как правило, в проектных задачах со сложными селективными требованиями оптимальное решение определяется не из начальной точки, заданной пользователем, а из точки, сгенерированной самим поисковым алгоритмом решения задачи.

Необходимое масштабирование сигнала в каскадных структурах может быть обеспечено непосредственно в ходе ЦНП-синтеза целочисленного фильтра. Здесь нет необходимости использования косвенных приёмов масштабирования усиления применением, например, Lp-нормы.

Целочисленная дискретизация пространства параметров (коэффициентов) фильтра позволяет получать проектные решения в целых числах, что снимает все ограничения по арифметике вычислений при реализации фильтров на любых цифровых платформах (сигнальных процессорах, контроллерах, FPGA) с заданной разрядностью представления данных.

Литература

1. *Рабинер Л., Гоулд Б.* Теория и применение цифровой обработки сигналов. М. Мир. 1978.
2. *Антонью А.* Цифровые фильтры: анализ и проектирование. М. Радио и Связь. 1983.
3. *Каппелини В., Константинидис А. Дж., Эмилиани П.* Цифровые фильтры и их применение. М. Энергоатомиздат. 1983.
4. *Мингазин А.Т.* Синтез передаточных функций цифровых фильтров в области дискретных значений коэффициентов (обзор). Электронная техника. Сер. 10. 1993. №1,2.
5. *Dehner G.* On the Design Cauer Filters with Coefficients of Limited Wordlength. 1975. V. 26. №4.
6. *Мингазин А.Т.* Программа DIFID: эффективный синтез каскадных цифровых БИХ-фильтров. М. DSPA. 2002. Т. 1.
7. *Dempster A.G., Macleod M.D.* IIR Digital Filter Design Using Minimum Adder Multiplier Blocks. IEEE Trans on Circuits and Systems-II. 1998. V. 45. №6.
8. *Бугров В.Н.* Проектирование цифровых фильтров методами целочисленного нелинейного программирования. Вестник ННГУ. 2009. №6.
9. *Сергиенко А.Б.* Цифровая обработка сигналов. СПб. Питер. 2002. С. 608.
10. *Lang Mathias.* Algorithms for the Constrained Design of Digital Filters with Arbitrary Magnitude and Phase Responses. Vienna. June. 1999.
11. *Айфичер Э., Джервис Б.* Цифровая обработка сигналов: практический подход. М. Издательский дом «Вильяме». 2004.
12. *МинуМ.* Математическое программирование. Теория и алгоритмы. М. Наука. 1990.
13. *Корбут А.А., Финкельштейн Ю.Ю.* Дискретное программирование. М. Наука. 1959.
14. *Батищев Д.И.* Методы оптимального проектирования. М. Радио и связь. 1984.
15. *Воинов Б.С., Бугров В.Н., Воинов Б.Б.* Информационные технологии и системы: поиск оптимальных, оригинальных и рациональных решений. М. Наука. 2007.
16. *Новиков Л.В.* О поиске двоичного слова заданной длины, удовлетворяющего определённым требованиям. Некоторые вопросы проблемы ЭМС радиосистем. Изд. ГГУ. Горький. 1975. Вып. 3. С. 66.
17. *Бугров В.Н.* Синтез целочисленных рекурсивных фильтров с произвольно заданными селективными требованиями. Цифровая обработка сигналов. 2016. №2.
18. *Бугров В.Н.* Целочисленное проектирование гауссовых цифровых фильтров. Вестник ННГУ. 2012. №3.
19. *Морозов Н.С., Бугров В.Н.* Синтез целочисленных цифровых КИХ-фильтров с линейной фазой. Цифровая обработка сигналов. 2016. №1.

НОВОСТИ МИРА

Филипп Хартинг возглавил торговую ассоциацию ZVEI «Электронные компоненты и системы»

Филипп Хартинг встал во главе одной из самых влиятельных торговых организаций электротехнической и электронной промышленности, он избран председателем ассоциации «Электронных компонентов и систем» ZVEI (Немецкой ассоциации производителей электрических и электронных компонентов).

Председатель совета директоров HARTING Technology Group в соответствии с принятыми правилами очерёдности вступил в эту должность вслед за Курт Сиверсоном (NXP Semiconductors Germany), который занимал этот пост в течение двух сроков. Филипп Хартинг также является членом правления Ассоциации ZVEI Central Association в области электротехнического проектирования и электротехнической промышленности.

Своей новой задачей HARTING считает предоставление среднему классу в Германии права голоса в бизнесе и социальной сфере, в частности, в компаниях с семейной собственностью: «Развитие цифровизации и искусственного интеллекта приведет к полной трансформации цепочек создания ценности. Для этого мы всегда идём в ногу со временем и вместе мы прокладываем важную тропу в этой индустрии».

Торговая ассоциация «Электронных компонентов и систем» является одним из самых важных и прибыльных секторов в электротехнической отрасли. Объём продаж в этой отрасли, включая сегменты полупроводниковых, пассивных и электромеханических компонентов и технологии миниатюрных систем, в 2016 году в Германии достиг 17 млрд евро.

Пресс-служба HARTING AG & Co. KG

Использование внешних 3D-моделей в среде Altium Designer

Алексей Якубенко (support@idstrade.com)

Неоспоримым является тот факт, что применение 3D-моделей электронных компонентов, корпусных изделий или иных элементов конструкции в процессе проектирования электронных устройств позволяет значительно сократить количество ошибок как на этапе компоновки печатного узла, так и при его сборке.
Среда Altium Designer позволяет как формировать простейшие 3D-модели собственными средствами, так и подключать внешние 3D-модели. В данной статье показано, как подключать и работать с внешними 3D-моделями.

Форматы подключаемых 3D-моделей

Среда Altium Designer позволяет подключать внешние 3D-модели одного из трёх форматов данных: STEP, Parasolid или SolidWorks Part File. Кратко рассмотрим, что из себя представляют эти форматы.

STEP

STEP является одним из названий стандарта ISO 10303, который представляет собой совокупность прикладных протоколов, предназначенных для компьютерного представления и обмена данными модели изделия. Данный стандарт позволяет описывать в электронном виде как геометрию изделия, так и весь его жизненный цикл, включая технологию изготовления и контроль качества. За передачу и хранение геометрических данных отвечают протоколы AP203 и AP214. Первый может хранить исключительно геометрию, второй сохраняет ещё и цвет. Для проектирования электроники задумывался протокол AP210, однако он не получил должного развития. Для решения задач обмена данными в настоящее время применяется преимущественно протокол AP214. Файлы 3D-моделей имеют расширение *.step или *.stp [1].

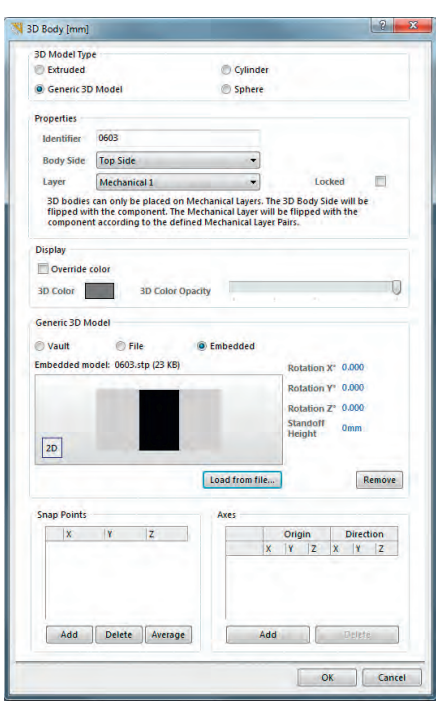


Рис. 1. Окно 3D Body

Parasolid

Parasolid является коммерческим ядром, предназначенным для математического представления и управления трёхмерной моделью изделия. Твердотельные модели хранятся в файлах типа *.x_t или *.x_b. В файлах первого типа данные представлены в текстовом виде, а в файлах второго – в двоичном, благодаря чему они меньше зависят от аппаратных средств и поэтому не дают ошибок при преобразованиях.

Ядро Parasolid является собственностью компании Siemens PLM Software, которая занимается его разработкой и поддержкой и применяет в собственных системах NX, Solid Edge, Femap и Teamcenter, а также предоставляет лицензии иным разработчикам программного обеспечения, в том числе компаниям Dassault Systemes и Топ Системы, использующим это ядро в своих САПР SolidWorks и T-Flex соответственно [2].

Solidworks Part File

Файлы типа Solidworks Part File используются в САПР SolidWorks для хранения электронной модели детали. Файлы данного типа имеют расширение *.sldprt.

Подключение 3D-моделей

Для краткости примем следующие сокращения: левая клавиша мыши – ЛКМ, правая клавиша мыши – ПКМ, 3D-модель – модель.

Подключить модель можно как к проекту печатной платы, так и к посадочному месту. Модели подключаются одним из трёх способов: вставкой из хранилища Altium Vault, указанием ссылки на её файл или встраиванием непосредственно в библиотечный компонент или в файл печатной платы. Вставку модели из хранилища Altium Vault рассматривать не будем, так как это относится к теме работы с хранилищем.

Встраивание 3D-моделей

При встраивании модели вся информация о ней сохраняется в файле печатной платы или в библиотечном компоненте и больше не зависит от внешних факторов. Данный способ имеет один недостаток – среда Altium Designer никаким образом не отслеживает состояние модели.

Чтобы встроить модель, необходимо выполнить команду *Place –> 3D Body* (горячие клавиши *P –> B*). В результате откроется окно *3D Body* (см. рис. 1). В верхней части этого окна расположена область *3D Model Type*, в которой находится переключатель типа модели. Нас интересует положение *Generic 3D Model*.

Ниже расположена область *Properties*. В строке ввода *Identifier* указывается идентификатор модели. Выпадающее меню *Body Side* позволяет выбрать сторону платы для размещения модели. С помощью выпадающего меню *Layer* можно выбрать слой, в который будет вставлена модель. Вставить модель можно в любой из механических слоёв. Также в этой области расположена галочка *Locked*, с помощью которой можно заблокировать положение модели.

Ниже расположена область *Display*. Если включить расположенную в этой области галочку *Override color*, то модель будет перекрашена. Цвет модели в таком случае задаётся с помощью

опции *3D Color*, а с помощью бегунка *3D Color Opacity* можно менять прозрачность модели.

Самая главная для нас область называется *Generic 3D Model*. В верхней части этой области расположен переключатель способа подключения. Для встраивания необходимо выбрать позицию *Embedded*. После этого внизу области появится кнопка *Load From file...*, которая позволяет выбрать файл подключаемой модели. После выбора модели, она отобразится в окне, расположенном по центру области *Generic 3D Model*. С правой стороны расположены элементы управления для поворота модели вокруг осей X, Y или Z, а также для выбора расстояния от поверхности платы. Кнопка *Remove* позволяет удалить модель.

В нижнем левом углу окна *3D Body* находится таблица *Snap Points*, с помощью которой можно добавлять, удалять или выравнивать точки привязки модели. В правом нижнем углу окна находится таблица *Axes,* предназначенная для добавления или удаления векторов модели.

После нажатия кнопки *OK*, окно *3D Body* закроется, а подключаемая модель появится в рабочем окне текущего редактора и будет передвигаться вместе с курсором. Остаётся лишь установить модель щелчком ЛКМ. После этого снова откроется окно *3D Body*, с помощью которого можно подключить следующую модель. Если в этом нет необходимости – достаточно закрыть окно с помощью кнопки *Cancel* [3].

Подключение 3D-моделей в виде ссылки

При подключении модели в виде ссылки среда Altium Designer отслеживает состоянии модели. При наличии изменений появляется соответствующее окно с запросом на обновление. Недостаток данного способа заключается в том, что все файлы моделей необходимо хранить по строго заданному пути.

Подключение модели в виде ссылки почти ничем не отличается от встраивания. Разница только в том, что переключатель, расположенный в окне *3D Body* в области *Generic 3D Model* необходимо перевести в положение *File*. В нижней части области появится кнопка *Select*. После нажатия этой кнопки откроется окно *Choose Model* (см. рис. 2), в котором необходимо выбрать модель. Все остальные действия идентичны тому, что было описано выше для встраивания моделей.

Если в окне *Choose Model* отсутствуют нужные пути поиска, то значит они не были заданы ранее. Чтобы это сделать, необходимо нажать расположенную в нижнем левом углу кнопку *Add Directories*, в результате чего откроется окно *Preferences* на вкладке *PCB Editor – Models* (см. рис. 3). Основную часть вкладки занимает окно, где отображаются пути хранения файлов моделей. Чтобы задать новый путь, необходимо прописать его в расположенной ниже строке ввода, а после этого нажать кнопку *Add*. Кнопка *Delete* позволяет удалить заданные ранее пути. Окно *Preferences* можно также открыть из редактора печатных плат или из редактора посадочных мест с помощью команды *DXP –> Preferences* [4].

Управление 3D-моделями

После подключения модели её можно перемещать вдоль осей X, Y и Z, а также поворачивать на заданный угол. Помимо стандартных для среды Altium Designer переноса поворота, выравнивания и переноса на противоположную сторону, для манипуляций с моделями существует ряд специфических команд.

Для управления положением подключённых моделей используются вершины, поверхности и точки привязки. Точки привязки добавляются вручную. Их можно располагать на вершинах модели или по центру между двух вершин. Чтобы добавить точки привязки необходимо выполнить следующие действия:

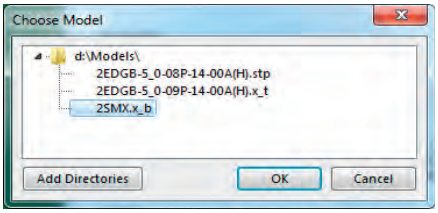


Рис. 2. Окно Choose Model

1. Запустить команду *Tools –> 3D Body Placement –> Add Snap Points From Vertices* (горячие клавиши *T –> B –> A*).
2. Щелчком ЛКМ выбрать модель. Появится восьмилучевой указатель голубого цвета.
3. Установить восьмилучевой указатель на нужную вершину и щёлкнуть ЛКМ. Если нужно добавить точку привязки по центру между двух точек, нажать клавишу «Пробел», а потом щелчками ЛКМ последовательно выбрать две вершины.
4. Продолжить добавление точек привязки или закончить, щёлкнув ПКМ или нажав клавишу «ESC».

Чтобы удалить точки привязки, необходимо выполнить следующие действия:

1. Запустить команду *Tools –> 3D Body Placement –> Remove Snap Points* (горячие клавиши *T –> B –> R*).
2. Щелчком ЛКМ выбрать модель.
3. Установить восьмилучевой указатель на точку привязки и удалить её щелчком ЛКМ.

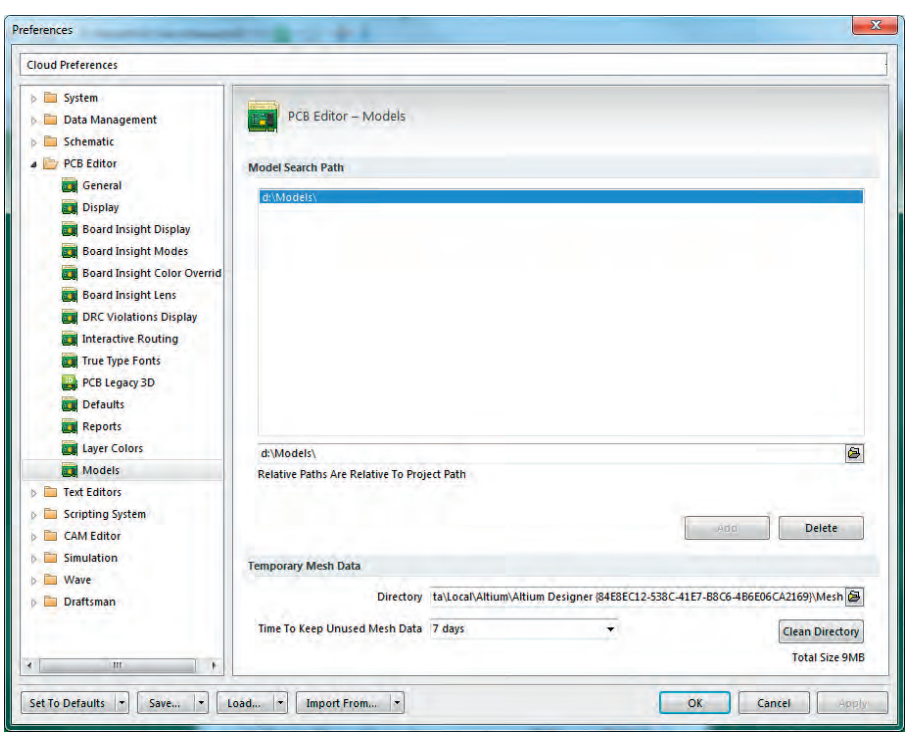


Рис. 3. Окно Preferences, открытое на вкладке PCB Editor – Models

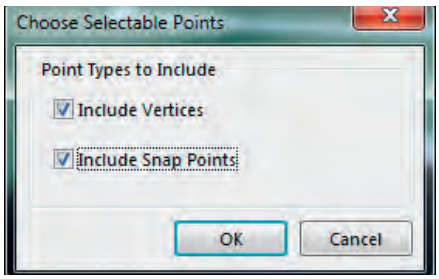


Рис. 4. Режим выбора точек на модели

4. Продолжить удаление точек привязки или закончить, щёлкнув ПКМ или нажав клавишу «ESC» [5].

Совет: если необходимо, чтобы восьмилучевой указатель привязывался только к вершинам или только к точкам привязки, то в режиме выбора точек можно нажать клавишу «Tab», что приведёт к открытию окна *Choose Selectable Points*, с помощью которого можно настроить, какие точки будут выбираться: *Include Vertices* – вершины и (или) *Include Snap Points* – точки привязки (см. рис. 4) [5].

Команда *Orient And Position 3D Body* предназначена для одновременного переноса и поворота модели. Эта операция выполняется по шести точкам, три из которых выбираются на модели, а ещё три – на плоскости платы или посадочного места. Для выполнения этой операции необходимо сделать следующее (см. рис. 5):

1. Запустить команду *Tools –> 3D Body Placement –> Orient And Position 3D Body* (горячие клавиши *T –> B –> O*).
2. Щелчком ЛКМ выбрать модель.
3. Навести восьмилучевой указатель на первую вершину модели или точку привязки и щёлкнуть ЛКМ. Эта точка впоследствии будет совмещена с соответствующей точкой на печатной плате или посадочном месте.
4. Аналогичным образом выбрать на модели вторую точку, которая вместе с первой образует вектор. Впоследствии он будет совмещён с соответствующим вектором на поверхности платы или посадочного места.
5. Аналогичным образом выбрать на модели третью точку, которая вместе с первыми двумя образует плоскость. Впоследствии она будет совмещена с плоскостью на поверхности платы или посадочного места. После выбора третьей точки курсор примет вид двух конусов голубого цвета.
6. Щелчком ЛКМ выбрать на поверхности платы или посадочного места четвёртую точку. С данной точкой впоследствии будет совмещена первая точка модели.
7. Аналогичным образом выбрать на поверхности платы или посадочного места пятую точку, которая вместе с четвёртой образует вектор. Впоследствии с ним будет совмещён вектор модели.
8. Аналогичным образом выбрать на поверхности платы или посадочного места шестую точку, которая вместе с первыми двумя образует плоскость. С ней будет совмещена плоскость модели. После выбора этой точки модель будет перемещена и повёрнута [5].

Команда *Position 3D Body* предназначена для переноса модели. Перемещение производится за счёт совмещения точки, выбранной на модели, с точкой, выбранной на плате. Модель передвигается как вдоль плоскости платы, так и по высоте. Чтобы переместить модель, необходимо выполнить следующую последовательность действий (см. рис. 6):

1. Запустить команду *Tools –> 3D Body Placement –> Position 3D Body* (горячие клавиши *T –> B –> P*).
2. Щелчком ЛКМ выбрать модель.
3. Навести восьмилучевой указатель на вершину модели или точку привязки и выбрать точку щелчком ЛКМ. Курсор примет вид двух конусов голубого цвета.
4. Щелчком ЛКМ выбрать точку на поверхности платы или посадочного места. С данной точкой будет совмещена точка, выбранная на модели. Модель будет перемещена [5].

Команда *Set Body Height* предназначена для изменения положения модели по высоте относительно выбранной на ней точки. Чтобы выполнить эту процедуру, необходимо сделать следующее (см. рис. 7):

1. Запустить команду *Tools –> 3D Body Placement –> Set Body Height* (горячие клавиши *T –> B –> H*).
2. Щелчком ЛКМ выбрать модель.
3. Навести восьмилучевой указатель на вершину модели или точку привязки и щёлкнуть ЛКМ. Откроется окно *Choose Height Above Board Top Surface* (или *Choose Height Above Board Bottom Surface*), содержащее переключатель.
4. В открывшемся окне необходимо задать расстояние от выбранной на модели точки до поверхности платы. Если переключатель перевести в положение *Board Surface*, то модель переместится таким образом, что выбранная на ней точка будет совмещена с поверхностью платы. Если переключатель перевести в положение *Custom*, то активируется строка ввода, в которой необходимо ввести значение высоты.
5. После нажатия кнопки OK окно закроется, а расположение модели изменится по высоте [5].

Команда *Align Face With Board* позволяет повернуть модель таким образом, чтобы совместить одну из поверхностей модели с поверхностью платы или посадочного места. Для этого необходимо выполнить следующие действия (см. рис. 8):

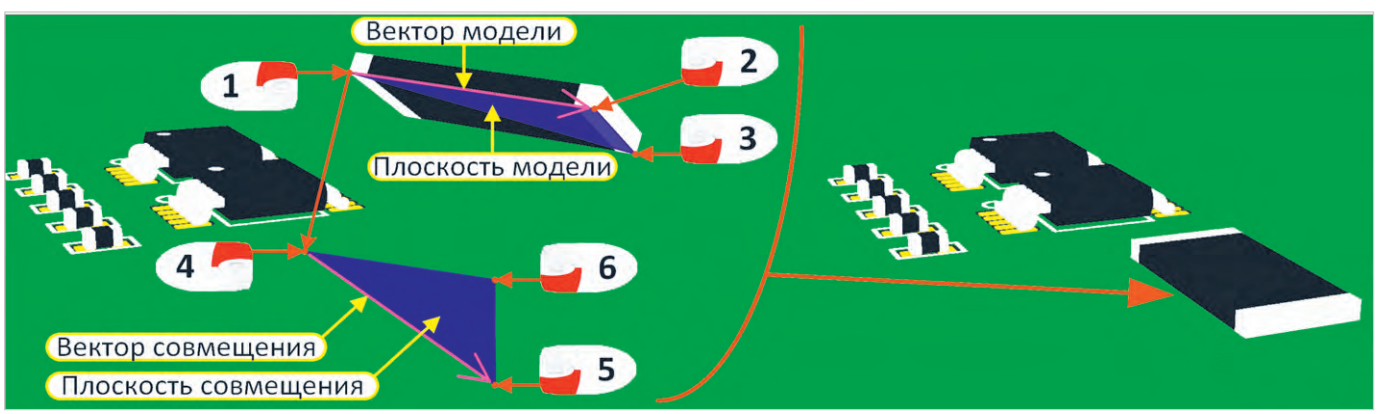


Рис. 5. Команда Orient And Position 3D Body – перенос модели с поворотом

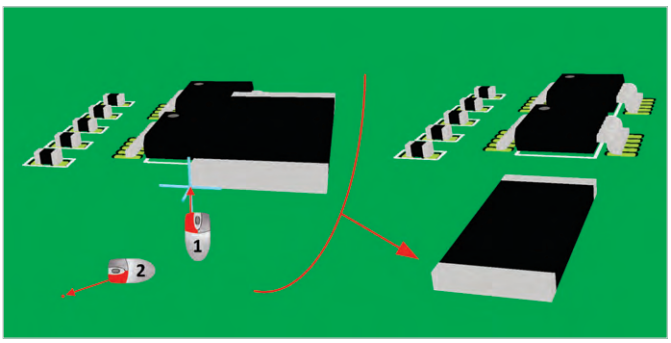


Рис. 6. Команда Position 3D Body – перенос модели за счёт совмещения двух точек

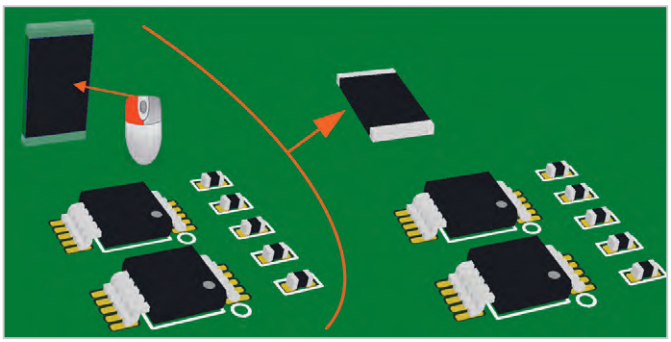


Рис. 8. Команда Align Face With Board – совмещение поверхности модели с плоскостью платы

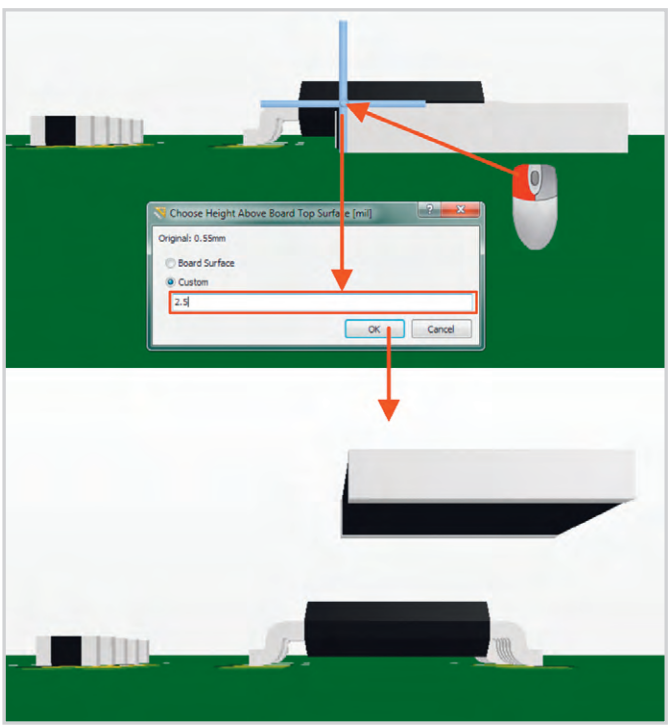


Рис. 7. Команда Set Body Height – изменение высоты расположения модели

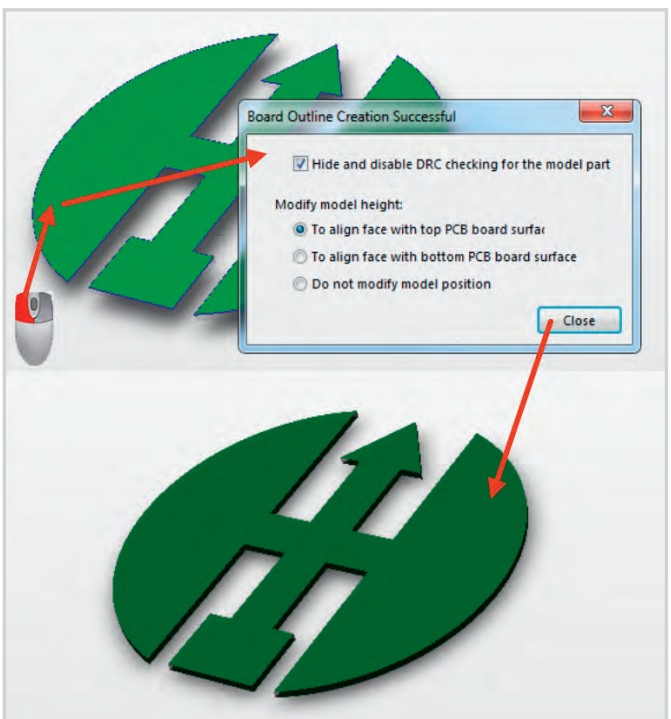


Рис. 9. Команда Define From 3D Body – контур печатной платы по модели

1. Запустить команду *Tools –> 3D Body Placement –> Align Face With Board* (горячие клавиши *T –> B –> F*).
2. Щелчком ЛКМ выбрать модель. В результате модель станет полупрозрачной, а поверхность под курсором будет выделяться голубой окантовкой и становиться непрозрачной.
3. Определившись с поверхностью, щёлкнуть по ней ЛКМ. Модель повернётся таким образом, чтобы выбранная поверхность совместилась с поверхностью платы или посадочного места [5].

Помимо описанных выше опций, среда Altium Designer предоставляет ещё один ценный инструмент – возможность формировать контур платы по модели. Данное действие доступно только в редакторе печатных плат. Чтобы его выполнить, необходимо сделать следующее (см. рис. 9):

1. Запустить команду *Design –> Board Shape –> Define From 3D Body* (горячие клавиши *D –> S –> D*).
2. Щелчком ЛКМ выбрать модель. В результате модель станет полупрозрачной, а поверхность под курсором будет выделяться голубой окантовкой и становиться непрозрачной.
3. Выбрав нужную поверхность, щёлкнуть по ней ЛКМ. После этого откроется окно *Board Outline Creation Successful*.
4. После закрытия окна *Board Outline Creation Successful* построение контура печатной платы будет завершено.

Если в пункте 3 на модели выбрать поверхность, которая не параллельна плоскости платы, то откроется окно с предупреждением и предложением повернуть модель. Если с ним согласиться, то модель повернётся соответствующим образом, но при этом действие команды *Define From 3D Body* прекратится, и для формирования контура платы необходимо будет снова начать с пункта 1 [5].

Чтобы отредактировать свойства и положение подключённой модели, можно также воспользоваться окном *3D Body*. Для его открытия необходимо совершить двойной щелчок ЛКМ по модели. В данном окне доступны все те же настройки, которые задавались при подключении модели. Опции окна *3D Body* продублированы на панели *PCB Inspector*.

Измерения 3D-объектов

Помимо стандартных средств измерений, среда Altium Designer предоставляет также инструменты, связанные с измерениями по моделям. Для измерения расстояния между двумя точками на модели или между двумя точками на разных моделях предназначена команда *Measure Distances*. Чтобы произвести

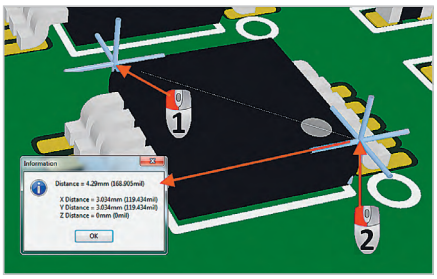


Рис. 10. Команда Measure Distances – измерение расстояния между двух точек на модели

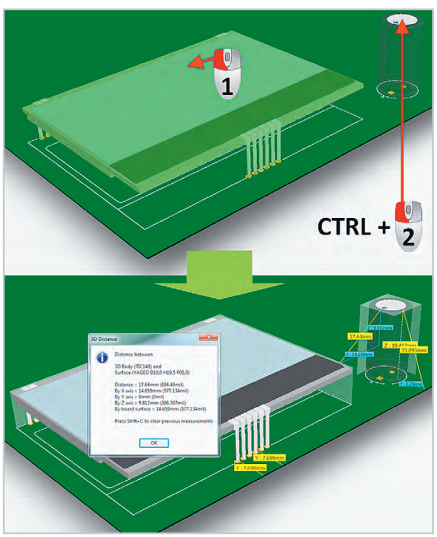


Рис. 11. Команда Measure 3D Object – измерение расстояния между 3D-объектами

измерение, необходимо выполнить следующие действия (см. рис. 10):

1. Запустить команду *Tools –> 3D Body Placement –> Measure Distances* (горячие клавиши *T –> B –> M*).
2. Щелчком ЛКМ выбрать модель.
3. Навести восьмилучевой указатель на вершину модели или точку привязки и щелчком ЛКМ выбрать начальную точку.
4. Навести восьмилучевой указатель на вершину модели или точку привязки и щелчком ЛКМ выбрать конечную точку. Если необходимо измерить расстояние между точками, расположенными на разных моделях, то необходимо сначала выбрать вторую модель, а потом на ней – конечную точку.
5. После выбора конечной точки откроется окно *Information*. В этом окне в строке *Distance* отображается расстояние между выбранными точками по прямой. В строках *X Distance*, *Y Distance* и *Z Distance* отображаются расстояния между точкам по осям X, Y и Z соответственно.
6. Закрыв окно *Information*, продолжить измерения или закончить их, щёлкнув ПКМ или нажав клавишу «ESC» [5].

Для измерения расстояния между двумя 3D-объектами предназначена команда *Measure 3D Objects*. Под объектами в данном случае понимается модель или её поверхность. Расстояния измеряются между их ближайшими точками. Кроме того, производится измерение расстояния от объекта до поверхности платы и до её ближайшего края. Данный способ измерения доступен только в редакторе печатных плат. Чтобы произвести измерения, необходимо выполнить следующие действия (см. рис. 11):

1. Запустить команду *Reports –> Measure 3D Objects* (горячие клавиши *R –> D*).
2. При наведении курсора на одну из моделей, она будет подсвечиваться зелёным цветом. Если необходимо выбрать одну из поверхностей модели, то нужно нажать и удержать клавишу «Ctrl». В таком случае при наведении курсора на модель она будет становиться прозрачной, а поверхность под курсором – подсвечиваться по периметру голубым цветом и становиться непрозрачной. После выбора первого объекта щёлкнуть по нему ЛКМ. В рабочем окне визуально отобразятся расстояния от выбранного объекта до поверхности платы и до её ближайшего края.
3. Аналогичным способом выбрать второй объект. Для него также визуально отобразятся расстояния до поверхности платы и до её ближайшего края, а после этого откроется окно с результатами измерений *3D Distance*. В верхней половине окна будут отображены идентификаторы измеряемых объектов. Ниже – результаты измерения: в строке *Distance* – расстояние по прямой; в строках *By X Axis, By Y Axis и By Z Axis* – расстояния по осям X, Y и Z соответственно; в строке *By board surface* – расстояние по поверхности печатной платы.
4. Закрыв окно *3D Distance*, продолжить измерения или закончить щелчком ПКМ или клавишей «ESC» [6].

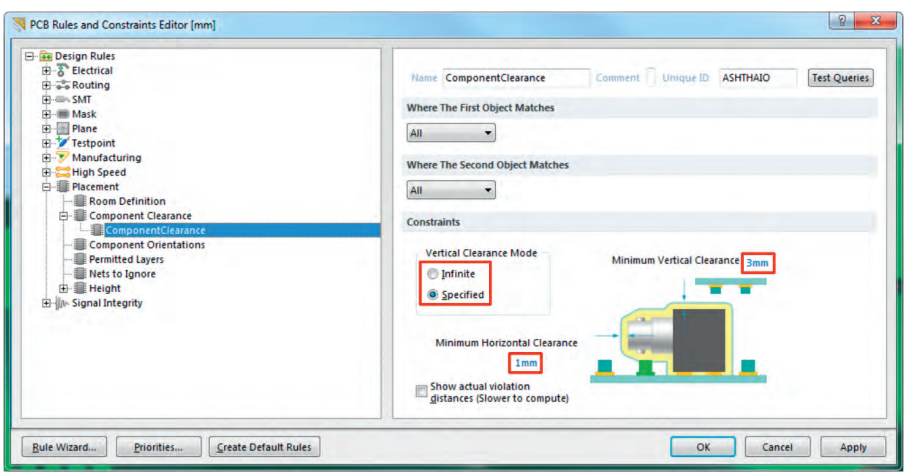


Рис. 12. Правило Component Clearance

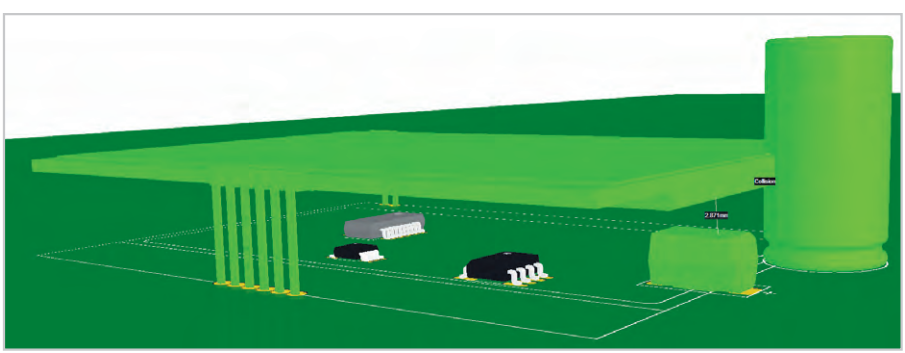


Рис. 13. Пример работы правила Component Clearance

Правило Component Clearance

Правило *Component Clearance* позволяет автоматизировать контроль расстояний между компонентами. Оно доступно в редакторе правил в разделе *Placement* (см. рис. 12). В области *Constraints* расположен переключатель режима измерения зазора между компонентами *Vertical Clearance Mode*: *Infinite* – измерение производится только по горизонтали; *Specified* – измерение производится раздельно по горизонтали и по вертикали. В строке ввода *Minimum Horizontal Clearance* задаётся минималь-

ное расстояние по горизонтали, а в строке ввода *Minimum Vertical Clearance* – по вертикали. Благодаря режиму *Specified* можно в полной мере контролировать расположение компонентов даже в том случае, когда необходимо расположить объекты друг над другом [7].

На рисунке 13 приведён пример работы этого правила в режиме *Specified*. Здесь изображены индикатор, ряд микросхем, танталовый и электролитический конденсаторы. Индикатор и конденсаторы выделены зелёным цветом. Причина в том, что электролитический конденсатор пересекается с индикатором, а танталовый хоть и не пересекается, но расстояние от него до индикатора меньше, чем задано правилом. Расстояния же от микросхем до индикатора находятся в пределах правил, поэтому они свободно расположились под индикатором и это не вызвало ошибок.

Заключение

Применение объёмных моделей электронных компонентов, корпусных или иных изделий в процессе проектирования электронных устройств переоценить достаточно сложно. Здесь и удобство, и наглядность, и возможность автоматизированного отслеживания ошибок, и многое другое. В конечном итоге всё это приводит к повышению качества продукта и значительному уменьшению сроков его проектирования и вывода на рынок.

Литература

1. https://en.wikipedia.org/wiki/ISO_10303
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/Parasolid
3. http://www.altium.com/documentation/17.1/display/ADES/PCB_Dlg-ChangeComponentBody((3D+Body))_AD
4. http://www.altium.com/documentation/17.1/display/ADES/PCB_Dlg-SystemModelOptions_Frame((PCB+Editor+-+Models))_AD
5. http://www.altium.com/documentation/17.1/display/ADES/PCB_Cmd-SnapSTEPModel((SnapSTEPModel))_AD
6. http://www.altium.com/documentation/17.1/display/ADES/PCB_Cmd-Measure3DObjects((Measure3DObjects))_AD
7. http://www.altium.com/documentation/17.1/display/ADES/PCB_Dlg-ComponentClearanceRule_Frame((Component+Clearance))_AD

Новые DC/DC-преобразователи:
небольшие размеры –
большие возможности

XP Power

- Высокая удельная мощность
- Высокий КПД
- Диапазон рабочих температур от –40 до +105°C

Серия JCD 4, 5 и 6 Вт

- Диапазоны входных напряжений 2:1
- КПД до 85%
- Гальваническая развязка вход-выход 1600 и 3500 В
- Защита от короткого замыкания длительного действия
- Габариты (Ш×Г×В): 20,32×31,75×10,4 мм

Серии JCG и JTF 8, 10, 12 и 15 Вт

- Диапазоны входных напряжений (2:1) (JCG) и (4:1) (JTF)
- КПД до 90%
- Гальваническая развязка вход-выход 1600 В
- Вход дистанционного включения/выключения
- Габариты (Ш×Г×В): 20,32×31,75×10,16 мм

Серия JHM10 10 Вт

- Диапазон входных напряжений 2:1
- КПД до 89%
- Гальваническая развязка вход-выход 5000 В (двойная/усиленная изоляция)
- Ток утечки на пациента 2 мкА
- Габариты корпуса DIP-24 (Ш×Г×В): 20,32×31,75×12,7 мм

Серия JTK 15, 20 Вт

- Диапазон входных напряжений 4:1
- КПД до 90%
- Гальваническая развязка вход-выход 1600 В
- Дистанционное включение/выключение
- Габариты (Ш×Г×В): 25,4×25,4×9,9 мм

Серия JCM 15, 20 Вт

- Диапазон входных напряжений 2:1
- КПД до 89%
- Гальваническая развязка вход-выход 1600 В
- Дистанционное включение/выключение
- Габариты (Ш×Г×В): 25,4×25,4×9,9 мм

Серия JCK 15, 20, 30, 40 и 60 Вт

- Диапазон входных напряжений 4:1 и 2:1
- КПД до 91%
- Гальваническая развязка вход-выход 1600 В
- Дистанционное включение/выключение, тепловая защита
- Габариты (Ш×Г×В): 25,4×50,8×10,16 мм (JCK15/20/30/40); 50,8×50,8×10,16 мм (JCK60)

PROSOFT® ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР (495) 234-0636 INFO@PROSOFT.RU WWW.PROSOFT.RU

Реклама

Доломант

ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ ОТВЕТСТВЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ
ДЛЯ СЛОЖНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

15 ЛЕТ ПЕРЕДОВЫМ СТАНДАРТАМ ПРОИЗВОДСТВА

Экспериментируя с новым, мы сохраняем лучшее,
развиваясь в соответствии с задачами партнеров и заказчиков.

Благодарим всех участников сложного, общего для всех нас дела –
внедрения ответственной отечественной электроники –
и приглашаем вас в следующее «пятнадцатилетие»!

1100 проектов

72 000 наименований

2 100 000 изделий

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

Реклама

interlight
MOSCOW
powered by light + building
7 – 10 ноября 2017
ЦВК «Экспоцентр», Москва
Павильоны 1, 7, 8 и Форум
Международная выставка
■ Техническое и декоративное освещение
■ Уличное, складское и офисное освещение
■ Электротехника
■ Автоматизация зданий и умный дом
■ Световой дизайн
Получите бесплатный билет
www.interlight-moscow.ru
messe frankfurt

Реклама

INTEL electron

КВАЛИФИЦИРОВАННЫЙ ПОСТАВЩИК ЭКБ
ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ИНОСТРАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

ДЛЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ ПРИМЕНЕНИЙ

Комплексные поставки электронных компонентов

- Отечественные электронные компоненты категории качества ОТК, ВП, ОС, ОСМ
- Иностранные электронные компоненты ведущих мировых производителей
- 100% входной контроль, проведение сертификационных испытаний
- Квалифицированная инженерно-техническая поддержка
- Надежный исполнитель Гособоронзаказов
- Выполнение гарантийных обязательств

АО «НИЦ «ИНТЕЛЭЛЕКТРОН»

www.intelelectron.ru

тел./факс: 8(495) 545-4256
e.ganshina@intelelectron.ru

111123, г. Москва,
ул. Плеханова, д. 4а

Реклама