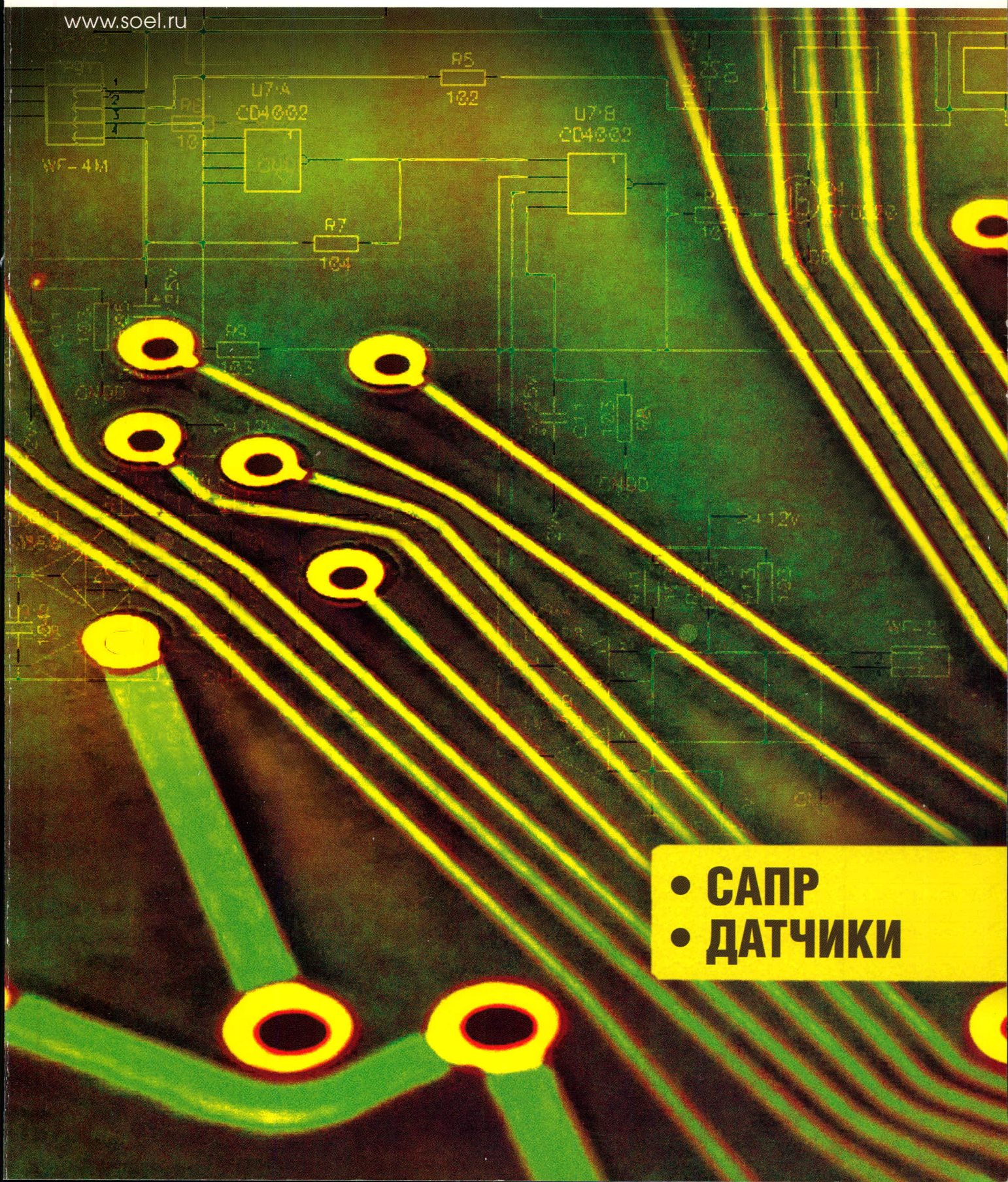
СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

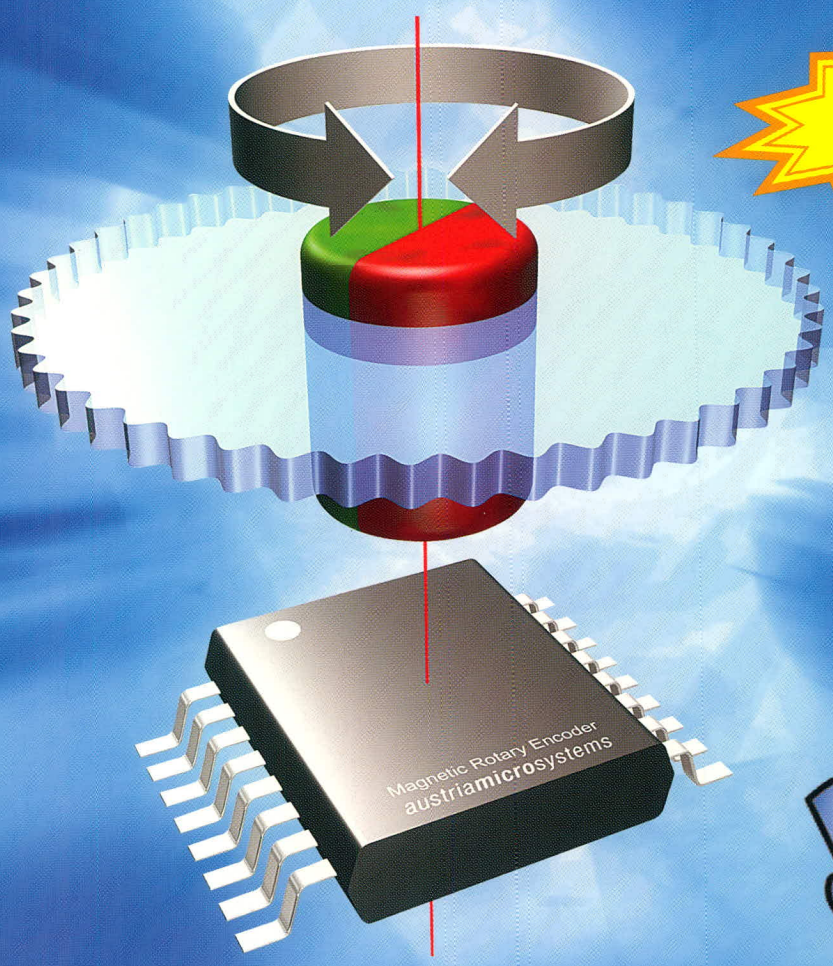
5
2008

www.soel.ru

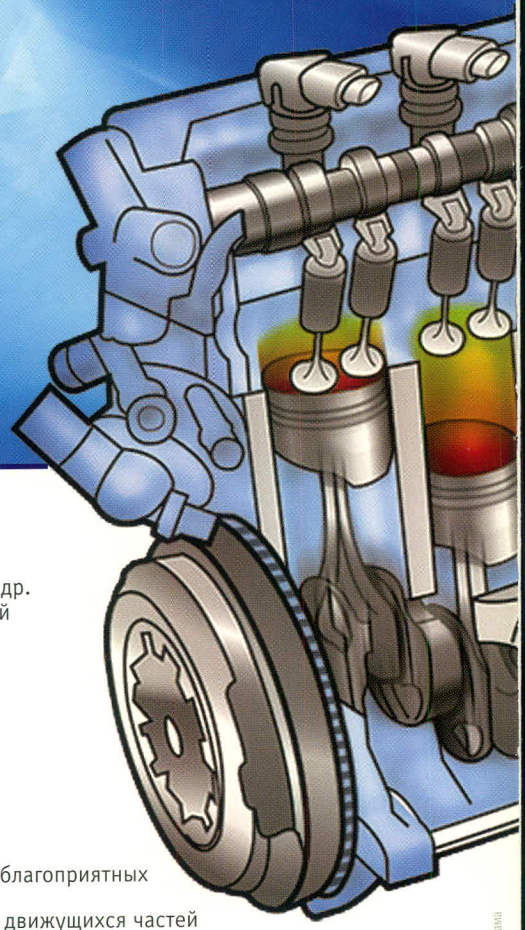


- САПР
- ДАТЧИКИ

ПРОГРАММИРУЕМЫЕ МАГНИТНЫЕ ДАТЧИКИ УГЛА ПОВОРОТА



150°C



austriamicrosystems

ХАРАКТЕРИСТИКИ

- разрешение 8, 10 и 12-бит
- точность до 0,0875° (4096 позиций)
- интерфейсы
  - синхронный последовательный интерфейс
  - широтно-импульсная модуляция
  - инкрементный
  - аналоговый
  - управляющие сигналы для бесколлекторного двигателя постоянного тока
- программирование «нулевой позиции»
- высокая скорость (до 30 000 об/мин)
- функция «кнопки»
- магнитная чувствительность 20...80 mT
- температурный диапазон работы от –40°C до +150°C
- маленький корпус SSOP 16 (5,3 мм × 6,2 мм)
- ультранизкий ток потребления 30 мкА

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

- поворотные выключатели
- контроль позиции AC/DC-моторов
- офисная техника: принтеры, сканеры и др.
- контроль положения клапанов, вентилей
- замена оптических энкодеров
- сенсор угла поворота руля
- датчик позиции педали «газа»
- робототехника
- автоматика

ПРЕИМУЩЕСТВА

- энкодер на одном кристалле
- не требуется калибровка
- идельно подходит для применения в неблагоприятных условиях окружающей среды
- высокая надёжность за счет отсутствия движущихся частей
- устойчивость к разъюстировке и изменению температуры окружающей среды

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ austriamicrosystems В РОССИИ

ProSoft®

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

Телефон: (495) 232-2522 • E-mail: info@prochip.ru • Web: www.prochip.ru

Реклама

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

№ 5, 2008
Издаётся с 2004 года

Главный редактор
Александр Майстренко

Зам. главного редактора
Татьяна Крюк

Редакционная коллегия
Андрей Данилов, Олег Федоров

Вёрстка
Александр Либков

Обложка
Дмитрий Юсим

Служба распространения
(circul@soel.ru)
Мария Кашайкина, Ольга Галыбина

Служба рекламы
advert@soel.ru

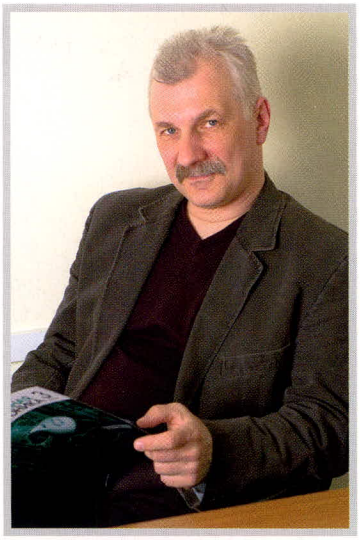
Издательство «СТА-ПРЕСС»
Директор Константин Седов
Почтовый адрес: 119313, Москва, а/я 26
Телефон: (495) 232-0087
Факс: (495) 232-1653
Сайт: www.soel.ru
E-mail: info@soel.ru

Журнал выходит 9 раз в год

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

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

Перепечатка материалов допускается только с письменного разрешения редакции.
Ответственность за содержание рекламы несут рекламодатели.
Ответственность за содержание статей несут авторы.
Материалы, переданные редакции, не рецензируются и не возвращаются.
© СТА-ПРЕСС, 2008



Уважаемые читатели!

Одна из тем этого журнала – системы автоматизированного проектирования, или САПР.

Мне вспоминаются времена, когда на оборонных предприятиях печатные платы разрабатывались с помощью карандаша и миллиметровой бумаги. Сейчас это представить себе невозможно, ведь теперь даже радиолюбители в домашних условиях разрабатывают рисунок печатной платы на компьютере, а затем распечатывают на лазерном принтере. Потом, правда, для перевода рисунка с бумаги на стеклотекстолит используется обычный утюг, но, согласитесь, начальный этап этого немудрёного технологического процесса без САПР, пусть даже несложной, невозможен.

Мы привыкли к тому, что практически все САПР являются зарубежными продуктами. В этом журнале представлена очень интересная отечественная разработка: трассировщик печатных плат ToporR. Пусть вас не смущает созвучие этого брэнда с примитивным инструментом для рубки древесины. Это высокоинтеллектуальный продукт, не имеющий зарубежных аналогов. ToporR является действительно бессеточным трассировщиком, в основу работы которого заложены оригинальные алгоритмы. По сравнению с другими трассировщиками он позволяет значительно уменьшить длину проводников и число переходных отверстий на печатной плате. Сейчас модно употреблять слово «инновация», но в контексте этого продукта оно совершенно уместно и оправданно. Я надеюсь, что учебный курс работы с ToporRom, публикация которого начинается с этого журнала, будет вам интересен и полезен. Впрочем, как и другие статьи этого номера.

С уважением,
Александр Майстренко

Market

News from the Russian Market 4

Components

Honeywell Air Humidity Sensors 8
Vladimir Vychuzhanin

Automotive Design of Digital Microelectromechanical Accelerometers 12
Andrey Lebedev

Purely Differential Operational Amplifiers 16
Georgiy Volovich

Circuit Design

Programmable Wideband Generator 20
Aleksandr Baranovskii, Oleg Dvornikov

Units and Modules

Torque Motor Drive for Precision Servosystems 26
Sergey Kapralov, Vladimir Matveev, Victor Maiorov, Denis Pavlov, Anatoliy Smurnov

Three Bodies on One Platform 30
Voldemar Ruf

Projects

Smart Gas Detector with X10 Interface 32
Vladimir Semenov

Magnetic Therapeutic Setup Based on AVR Microcontroller 38
Sergey Shishkin

Design and Simulation

TopoR Wiring System: Quick Start (Part 1) 42
Sergey Luzin, Oleg Polubasov

Practical Course of Simulating Magnetically Controlled Position and Velocity Transducers on the Base of FEM Software FLUX. Part 1: Introduction into the FLUX Environment 46
Svetlana Sysoeva

Practical Course of Design of Digital Devices Based on Xilinx FPGA (Part 14) 56
Valeriy Zotov

Insight into the Altium Designer 6 Program (Part 1) 64
Aleksey Sabunin

Nonsynthesizable Constructions of the VHDL 68
Pyotr Bibilo

Simulation of Jammers by Analog Communication Systems 72
Roman Antipenskii

Events

EkspoElektronika and ElektronTekhEkspo (ExpoElectronics and ElectronTechExpo): Demonstration of Advances in the Electronic Industry 78

Рынок

4 **Новости российского рынка**

Компоненты

8 **Измерение влажности воздуха датчиками Honeywell**
Владимир Вычужанин

12 **Цифровые МЭМС-акселерометры в automotive-исполнении**
Андрей Лебедев

16 **Полностью дифференциальные операционные усилители**
Георгий Волович

Схемные решения

20 **Программируемый широкополосный генератор**
Александр Барановский, Олег Дворников

Узлы и модули

26 **Моментный электропривод для прецизионных следящих систем**
Сергей Капралов, Владимир Матвеев, Виктор Майоров, Денис Павлов, Анатолий Смуров

30 **Три корпуса – одна платформа**
Вольдемар Руф

Проекты

32 **Интеллектуальный детектор газа с интерфейсом X10**
Владимир Семёнов

38 **Магнитотерапевтическая установка на базе микроконтроллера AVR**
Сергей Шишкин

Проектирование и моделирование

42 **Система трассировки TopoR: быстрый старт (часть 1)**
Сергей Лузин, Олег Полубасов

46 **Знакомство с программой Altium Designer 6 (часть 1)**
Алексей Сабунин

56 **Практический курс моделирования магнитоуправляемых датчиков положения и скорости на базе конечно-элементного программного пакета FLUX. Часть 1. Введение в рабочую среду FLUX**
Светлана Сысоева

64 **Практический курс сквозного проектирования цифровых устройств на основе ПЛИС фирмы Xilinx (часть 14)**
Валерий Зотов

68 **О несинтезируемых конструкциях языка VHDL**
Пётр Бибило

72 **Моделирование источников преднамеренных помех системам аналоговой связи**
Роман Антипенский

События

78 **«ЭкспоЭлектроника» и «ЭлектронТехЭкспо»: демонстрационная площадка высоких достижений электронной промышленности**

На правах рекламы

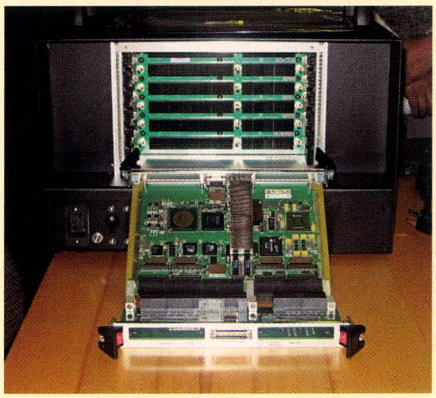
Новости российского рынка

Рынок

VPX-система Curtiss-Wright поставлена в ГосНИИ авиационных систем

Компания Curtiss-Wright Controls Embedded Computing – производитель встраиваемых компьютерных плат и систем для военных применений – осуществила первую поставку своих VPX-продуктов в Россию.

Комплект VPX QSK (Quick Start Kit) поставлен в ГосНИИ авиационных систем (Москва) в отделение перспективных разработок и комплексирования авионики. В комплект VPX QSK входят крейт VPX6-905 на шесть слотов VPX 6U, одноплатный компьютер VPX6-185 на базе микропроцессора Freescale PowerPC MPC8641 и VxWorks 6.x BSP для VPX6-185. Комплект будет использоваться для тестирования VPX-модулей российских фирм, ведущих разработки по заказу ГосНИИАС в рамках комплексной НИР по ИМА (интегрированной модульной авионике).



Компания Curtiss-Wright CEC образована после объединения ведущих производителей встраиваемых плат и систем для военных применений: Dy4 Systems, VISTA Controls, Synergy Microsystems, Systran, Peritek, Primagraphics и Pentland Systems.

Дистрибьютор Curtiss-Wright CEC в России – компания AVD Systems

www.avdsys.ru

Тел: (495) 148-9677

Компоненты

Миниатюрный линейный стабилизатор напряжения AS1369

Микросхема AS1369 производства компании Austriamicrosystems представляет собой линейный стабилизатор напряжения с малым падением напряжения в ультрамаленьком корпусе WL-CSP с размерами 1 × 1 мм. Стабилизатор обеспечивает выходной ток до 200 мА при фиксированном выходном напряжении в диапазоне 1,2.... 5,0 В с шагом 100 мВ и точностью ±0,7%. Падение напряжения на переходе вход-выход составляет 80 мВ при токе 200 мА, что позволяет эффективно использовать ёмкость аккумулятора или батарейки. Ток потребления в рабочем режиме составляет 25 мкА, а в режиме «сна» он уменьшается до 5 нА, что положительно скажется на продолжительности работы устройств от автономных источников тока. На кристалле реализованы цепи защиты от перегрева и короткого замыкания. Прибор работает в индустриальном диапазоне температур –40...+85°C.

www.prochip.ru

Тел. (495) 232-2522

Новые микроконтроллеры компании «Миландр»

Начиная с 2008 г. компанией ЗАО «ПКК Миландр» серийно выпускаются микроконтроллеры 1886ВЕ2У, 1886ВЕ3У, 1886ВЕ4У, 1886ВЕ5У; приёмопередатчики 5559ИН4У, 5559ИН10У, 5559ИН14У, 5559ИН15У; оперативные запоминающие устройства 1645РУ1У, 1645РУ2Т, 1645РУ3У, 1645РУ4У; постоянные запоминающие устройства Flash-типа 1636РР1У, 1636РР2У; синтезаторы частот 1508ПЛ7У, 1508ПЛ10Т, 1508ПП1Т, 1508ПП2Т; схемы управления питанием 1309ЕР1Т, 1310ПН1У, 863ЕП1У. Все выпускаемые изделия поставляются с «5» приёмкой. На данный момент компания ведёт 14 ОКР с серийным освоением и сроком окончания 2008–2009 гг. По завершению этих работ на российском рынке электронных компонентов с «5» приёмкой появятся современные интегральные микросхемы, такие как 16-разрядный сигнальный микропроцессор (аналог TMS320C546) и 32-разрядный микроконтроллер с ядром ARM 7, экспериментальные образцы которых можно будет получить в начале 2009 г.

www.milandr.ru

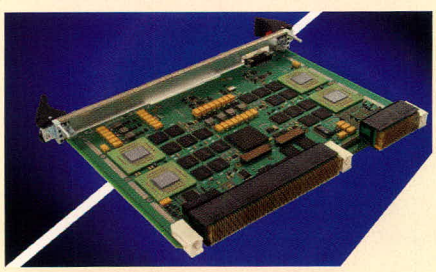
Тел.: (495) 739-0282

Узлы и модули

Curtiss-Wright CHAMP-AV6: тестирование пропускной способности коммутируемой структуры VPX

Компания Curtiss-Wright Controls Embedded Computing – производитель встраиваемых компьютерных плат и систем для военных применений – провела тестирования пропускной способности коммутируемой структуры VPX (VITA 46).

Тестирование было проведено с использованием двух DSP-процессоров CHAMP-AV6, соединённых между собой четырьмя VPX-портами Serial RapidIO (SRIO). Процессор CHAMP-AV6 представляет собой модуль формата 6U VPX на базе четырёх двухъядерных микропроцессоров Freescale PowerPC 8641D. Максимальная скорость обмена данными между двумя CHAMP-AV6 составила 8,68 Гб/с или 92% от теоретической wire speed интерфейса SRIO. Достигнутый результат в два раза превышает пиковую пропускную способность коммутируемой структуры VXS (VME Switched Serial, стандарт VITA 41).



Компания Curtiss-Wright CEC образована после объединения ведущих производителей встраиваемых плат и систем для военных применений: Dy4 Systems, VISTA Controls, Synergy Microsystems, Systran, Peritek, Primagraphics и Pentland Systems.

Дистрибьютор Curtiss-Wright CEC в России – компания AVD Systems.

www.avdsys.ru

Тел: (495) 148-9677

Радиационно-стойкие DC/DC-преобразователи с радиационной стойкостью 30 крад

Наибольшую опасность для функционирования размещаемой на космических

На правах рекламы

Новости российского рынка

объектах аппаратуры представляют космические излучения: галактическое, солнечное и радиационные пояса заряженных частиц Земли. При использовании электронного оборудования в космических применениях в большинстве случаев не требуются модули источников питания с высокой радиационной стойкостью, выдерживающие общую накопленную дозу до 100...300 крад (Si). В условиях низкоинтенсивного излучения космического пространства и экранирования обшивкой космического аппарата для большинства приложений вполне достаточно применения компонентов со значением предельной накопленной дозы 50 и даже 10 крад.

Учитывая это обстоятельство, компания CRANE/Interpoint (США) начала производство радиационно-стойких DC/DC-преобразователей со значением предельной накопленной дозы 30 крад (Si). В соответствии с техническими условиями MIL-PRF-38534F, в кодировке этих моделей применяется буква P. Дополнительно к значению общей накопленной дозы 30 крад (Si) изделия уровня P характеризуются стойкостью к воздействию одиночных заряженных частиц при пороговых значениях линейной передачи энергии (ЛПЭ) 40 МэВ см^2/мг и более.

В исполнении HP (Class H, стандартный уровень качества изделий для военных применений) доступны популярные DC/DC-преобразователи компании Interpoint серий SLH (выходная мощность 1,5 Вт), SMSA (выходная мощность до 5 Вт), SMHF (до 15 Вт), SMTR (до 30 Вт), SMFL (до 65 Вт) и SMFLHP (до 100 Вт), доступные прежде в исполнениях со значением предельной накопленной дозы 100 крад (Si).

Для упрощения разработки и проверки изделий доступны Standard Microcircuit Drawings (SMD). При производстве изделия уровня P применяются технологии и производственные мощности компании CRANE/Interpoint, предназначенные для производства продукции со значением общей накопленной дозы 100 крад (Si) и более.

DC/DC-преобразователи с уровнем P предназначены для коммерческих и военных спутников (исследовательских космических аппаратов и космических кораблей), пусковых платформ, а также космических кораблей с космонавтами на борту, пилотируемых космических станций и для других приложений с пониженными требованиями к значению общей накопленной дозы.

www.prosoft.ru
Тел. (495) 234-0636

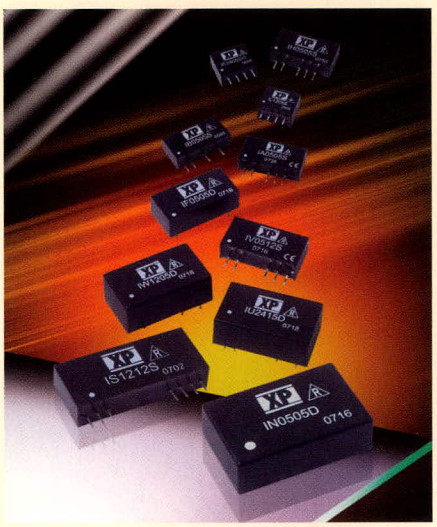
Серия I компактных 1...3-Вт DC/DC-преобразователей расширена более чем до 2000 моделей

Компания XP Power анонсировала новые дополнения к своей серии I маломощных DC/DC-преобразователей. В настоящее время серия, включающая 11 семейств, предлагает ряд вариантов для монтажа, принятых в промышленности, включая SIP, DIP и DIP24. Доступны четыре варианта исполнения с выходными мощностями 1; 1,5; 2 и 3 Вт.

Все модели обеспечивают прочность гальванической развязки вход-выход 1000 или 3000 В. Для серий IH и IN также доступны варианты с прочностью изоляции 4000, 5200 и 6000 В.

Входные напряжения: 3,3; 5; 12; 24 и 48 В (±10%); серии IW и IU характеризуются широким диапазоном входных напряжений (2 : 1), включая 4,5...9, 9...18, 18...36 и 36...72 В.

Одноканальные модели обеспечивают на выходе номинальные напряжения 3,3; 5;9; 12; 15 и 24 В. Двухканальные модели обеспечивают на выходе ±3,3; ±5; ±9; ±12; ±15 и ±24 В.



Модули обеспечивают полную мощность в диапазоне температур –40...+85°C. Со значением MTBF свыше 1 млн. ч модули серии I являются чрезвычайно надёжными изделиями.

www.prosoft.ru
Тел. (495) 234-0636

Электролюминесцентные дисплеи от Planar Systems для эксплуатации при пониженных температурах до –50°C

Электролюминесцентные (EL) дисплеи компании Planar Systems находят широкое

применение во многих ответственных областях применения: аппаратуре военного назначения, транспорте, промышленности, медицине, морской аппаратуре. Текущая номенклатура EL-дисплеев включает модели с диапазоном рабочих температур –40...+85°C (+65°C) без использования дополнительных систем обогрева, что не всегда является достаточным, особенно при установке дисплеев в оборудование бортовых систем транспортных средств и военную технику. Для успешного применения EL-дисплеев в условиях пониженных предельных температур специалисты компании Planar Systems готовы доработать существующие модели с диапазоном рабочих температур –40...+65°C (+85°C) таким образом, что они будут успешно функционировать при пониженной температуре среды до –50°C.

EL-дисплеи незаменимы в тех случаях, когда необходимо обеспечить длительное и надёжное функционирование в условиях ударных воздействий (до 100 g) и вибраций (виброускорение до 5 g). У них минимизирована чувствительность к электромагнитному излучению, а собственное электромагнитное излучение не превышает установленных международными стандартами норм. Быстрое безынерционное отображение (время отклика менее 1 мс) исключает смазывание изображений подвижных объектов и многоконтурность.

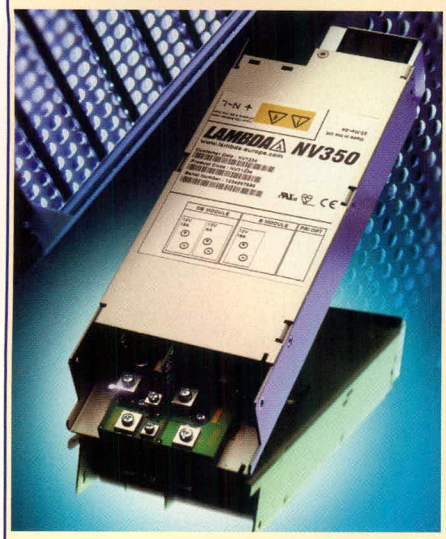
www.prosoft.ru
Тел. (495) 234-0636

Источники питания с цифровым управлением от Lambda

Компания Lambda ввела новый ряд источников питания с цифровым управлением в серию NV-Power конфигурируемых AC/DC-источников питания. Они позволяют увеличить выходную пиковую мощность до 1450 Вт (в течение 10 с). Новые модули предоставляют возможность компании Lambda удовлетворить возрастающий спрос на конфигурируемые источники питания высотой 1U с выходными мощностями выше 1000 Вт для

На правах рекламы

Новости российского рынка



радиовещательного, измерительного, медицинского, автоматического испытательного оборудования, автоматизации, маршрутизаторов и серверов, систем безопасности вычислительных сетей.

Новые модули с цифровым управлением включают в конструкции много инновационных достоинств, в том числе новый интегрированный трансформатор, который обеспечивает небольшие габариты и повышенную эффективность. Цифровое управление обеспечивает возможность изготовления модулей по таким техническим требованиям заказчиков, как изменённое ограничение тока нагрузки или параметры запуска. Кроме того, электрическая усиленная изоляция между первичной и вторичной цепью выдерживает 4000 В (действующее значение), что позволяет применять источники питания в медицинском электрооборудовании.

В источниках питания серии NV-Power используется 8-разрядный микроконтроллер для управления стандартными процедурами преобразования напряжения. Он заменяет комплект компараторов, операционных усилителей и ряда дискретных компонентов, используемых в менее интегрированных конструкциях. Это решение даёт 50-% сокращение числа компонентов и освобождает дополнительные 40% печатной платы для силовых цепей.

Серия NV-350 обеспечивает в нагрузке до 600 Вт длительной мощности (750 Вт пиковой мощности в течение 10 с) от шести конфигурируемых модулей. Патентованный многорезонансный метод переключения силовых транзисторов (Multi Resonant Topology, MRT) и другие конструкторские решения позволяют значительно улучшить показатели электромагнитной совместимости (класс В) и получить ток утечки на землю менее 300 мкА при входном напряжении 264 В и частоте питающей сети 63 Гц (в соответствии с требованиями стандартов IEC/EN/UL60601-1).

Серия источников питания NV-750 обеспечивает в нагрузке до 1150 Вт длительной мощности (1450 Вт пиковой мощности в течение 10 с) от восьми сконфигурированных модулей. Особенно необходимо отметить, что новый одноканальный модуль «С» с цифровым управлением имеет ширину трёх слотов и доступен с номинальными напряжениями 12, 15 и 24 В, обеспечивая 450 Вт длительной мощности и 600 Вт пиковой мощности в течение 10 с.

Имеющийся широкий ряд модулей даёт возможность получить множество комбинаций выходных напряжений и токов. Используя on-line конфигуратор NV-Power, разработчики могут создать свои собственные конфигурации (www.nv-power.com). Эта сервисная программа проверяет конфигурацию и предлагает оптимальное решение.

Доступны модели с выходными напряжениями от 3,2 до 64 В, а также выходы 5 В/2 А и 12 В/1 А для обеспечения дежурного режима. В серии NV-Power используется комплексная технология повышения эффективности (Multiple Efficiency Gain, MEG), обеспечивающая значение КПД до 90% в зависимости от конфигурации.

Все модели в серии NV-Power соответствуют требованиям стандартов электробезопасности IEC/EN/UL 60950-1 для информационного оборудования, а также стандартов IEC/EN/UL60601-1 для медицинских применений; IEC/EN61010-1 для лабораторного оборудования и оборудования управления производственными процессами. Источники питания серии NV-Power поддерживаются трёхлетней гарантией.

www.prosoft.ru

Тел. (495) 234-0636

Низкопрофильные 250-ваттные источники электропитания AC/DC с высоким значением удельной мощности обеспечивают пиковую мощность 600 Вт

Компания XP Power объявила о начале выпуска серии SDR250 компактных 250-ваттных источников питания AC/DC с одним и двумя выходными каналами. Модели в конструктивном исполнении с П-образным шасси имеют размеры 81,2 × 127 × 38,1 мм, характеризуются значением удельной мощности 10,4 Вт/дюйм^3 и обеспечивают в нагрузке 250 Вт при принудительном обдуве интенсивностью 16 CFM. Имеется также конструктивное исполнение с вентилируемой крышкой (П-образное шасси) и закрытая модель с охлаждающим вентилятором.

Источники питания серии SDR250 являются идеальным выбором для широкого ряда промышленных применений, систем передачи данных и беспроводных локальных сетей. Блоки питания могут обеспечивать в нагрузке пиковую мощность 600 Вт в течение короткого периода. Применение этих компактных источников питания вместо более мощных моделей позволяет сэкономить бюджет и уменьшить требуемый объём для монтажа.

Серия включает 11 одноканальных и 6 двухканальных моделей. Одноканальные модели выпускаются с номинальными напряжениями от +5 до +60 В. Двухканальные модели обеспечивают сочетание напряжений +3,3; +5; +12; +24 и +48 В. Выходное напряжение первого канала в обоих исполнениях регулируется потенциометром в диапазоне ±5 %.

Все модели соответствуют требованиям стандарта EN550022 Level B к кондуктивным помехам. Не требуется применение внешних фильтрующих компонентов. Модули также отвечают требованиям стандартов электробезопасности UL60950, EN60950 для оборудования информационной технологии, промышленного оборудования.

Источники питания формируют сигнал состояния выходного напряжения (Power Good) для сигнализации о неисправности в источнике питания и оснащены сигналом дистанционного включения/выключения.

Для подключения внешних цепей могут использоваться винтовые зажимы или соединители Molex, что обеспечивает дополнительную гибкость.

www.prosoft.ru

Тел. (495) 234-0636

Новые упрочнённые ЖК-дисплеи для жёстких условий эксплуатации

Компания i-sft (Германия), известный производитель жидкокристаллических

На правах рекламы

Новости российского рынка

дисплеев для промышленных применений и для жёстких условий эксплуатации, в 2008 г. значительно обновила продуктовую линейку. Благодаря новой промышленной технологии изготовления плоскопанельных дисплеев созданы модели, работающие в широком диапазоне температур, устойчивые к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды.

Основные области применения дисплеев: POI/POS (информационные и кассовые терминалы), транспорт (железнодорожный/автобусный), ВПК, авионика, морской флот и промышленное машинное оборудование.

Флагман компании – модель 160i.15X с нормированной яркостью 1600 кд/м^2 – получила новую конструкцию передних и задних поляризаторов и одноканальный интерфейс LVDS. Даже с установленным сенсорным экраном 160i.15X обеспечивает более чем достаточную чёткость изображения. Особо следует подчеркнуть такие достоинства конструкции, как отсутствие высоковольтных цепей, отсутствие вентиляторов, небольшие габариты и отличная чёткость изображения при ярком солнечном свете (относительный контраст более 450 : 1).

Поскольку спрос на модели с широким диапазоном температур постоянно растёт, компания представила модель 100i.10X-XT, предназначенную для жёстких условий эксплуатации (там, где диапазон температур простирается от –40 до +90°C). По стойкости к ВВФ модель отвечает требованиям военного стандарта MIL-STD-810F.

Характеризующаяся ярким изображением (1500 кд/м^2) и высоким контрастом новая 12,1-дюймовая модель 150i.12X с форматом изображения XGA предназначена для применений, где требуется считывание изображения в условиях яркой внешней засветки при небольшой потребляемой мощности. Дисплей и встроенный инвертор при максимальной яркости изображения потребляют менее 35 Вт.

Подобно всем дисплеям производства i-sft, предлагаемым компанией ПРОСОФТ, модель 150i.12X отличается небольшими габаритами и прочностью конструкции, широким диапазоном рабочих температур и длительным сроком службы (50 000 часов до уменьшения первоначальной яркости изображения вдвое).

www.prosoft.ru

Тел. (495) 234-0636

Приборы

Контроль частоты по ГЛОНАСС и GPS

ЗАО «ПриСТ» представляет рубидиевый стандарт частоты со встроенным комбинированным приёмником GPS/ГЛОНАСС – GPS-12RG производства Pendulum Instruments. Стандарт GPS-12RG осуществляет комбинированную привязку к двум основным временным и навигационным спутниковым системам: GPS и ГЛОНАСС, что улучшает точность прибора и зону уверенного приёма спутниковых сигналов.

Прибор является дальнейшим развитием ранее анонсированного популярного

стандарта частоты GPS-12R, который использовал сигналы спутников GPS для контроля собственной выходной частоты. Теперь новая модель GPS-12RG осуществляет синхронизацию сигнала встроенного рубидиевого высокостабильного источника опорной частоты как по GPS, так и по ГЛОНАСС.

Прибор обеспечивает долговременную нестабильность по частоте порядка 1×10^{-12} в день при привязке к спутниковым сигналам и выдерживает такую же нестабильность при потере сигнала со спутника в течение 8 ч. Стандарт может использоваться как образцовый в метрологических службах, исследовательских институтах, а также на предприятиях электронного машиностроения и в телекоммуникации.

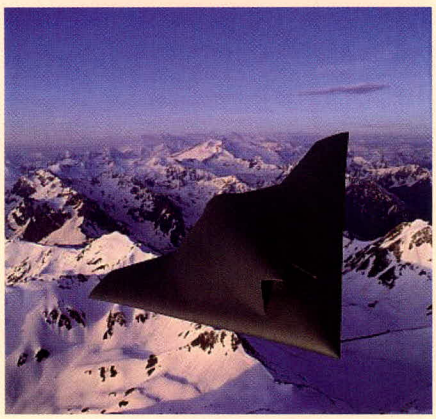
www.prist.ru

Тел. (495) 777-5591

Программное обеспечение

VxWorks 653 – операционная система европейского боевого беспилотника nEUROn

Операционная система для интегрированной модульной авионики VxWorks 653 выбрана в качестве ОСРВ центрального компьютера европейского боевого БПЛА nEUROn, который разрабатывается компанией Dassault Aviation (Франция) и её пятью европейскими партнёрами: Alenia (Италия), SAAB (Швеция), Hellenic Aerospace (Греция), EADS (Испания) и RUAG (Швейцария). Проект начался в 2006 г., а первый полёт запланирован на 2011 г. Основной целью проекта nEUROn является разработка демонстрационного прототипа боевого БЛА с применением концепции интегрированной модульной авионики (ИМА) и решений на базе COTS (Commercial Off-The-Shelf) аппаратных и программных компонент.



Программное обеспечение nEUROn будет разрабатываться в соответствии со стандартом изоляции ИМА-приложений ARINC 653 и может сертифицироваться по требованиям RTCA DO-178B/EUROCAE ED-12B. Прикладное ПО системы управления полётом nEUROn разрабатывается Dassault Aviation с применением системы SCADE (Safety Critical Application Development Environment) компании Esterel Technologies.

Дистрибьютор Wind River и Esterel Technologies в России – компания AVD Systems.

Тел: (495) 148-9677

www.avdsys.ru

Измерение влажности воздуха датчиками Honeywell

Владимир Вычужанин (г. Одесса, Украина)

В статье описываются ёмкостные датчики влажности воздуха компании Honeywell.

В настоящее время на рынке контрольно-измерительных устройств представлены разнообразные датчики влажности зарубежных и отечественных производителей. Это и быстродействующие детекторы, обеспечивающие высокую линейность преобразования относительной влажности в унифицированный выходной электрический сигнал, и недорогие преобразователи с большой погрешностью.

На практике для измерения относительной влажности применяются несколько технологий, использующих свойства различных структур изменять свои физические параметры (ёмкость, сопротивление, проводимость и температуру) в зависимости от степени насыщения водяным паром. Каждой из технологий свойственны определённые достоинства и недостатки. Однако, несмотря на существующее многообразие средств измерения влажности, выбор наиболее подходящего из них для конкретных условий эксплуатации должен быть обоснованным.

Наиболее известны полимерные и плёночные датчики относительной влажности конденсаторного (ёмкостного) или резистивного типа. Емкостные датчики устойчиво работают в широком диапазоне температур, имеют малое время отклика, высокую линейность характеристики преобразования влажность – ёмкость и стабильность передаточной характеристики во времени. Кроме того, емкостные датчики отличаются высокой надёжностью и низкой стоимостью при использовании микроэлектронной технологии для изготовления тонкоплёночных конденсаторов планарного типа, которая обеспечивает миниатюрность чувствительного элемента и позволяет реализовать специализированную схему обработки сигнала на том же кристалле.

Датчики конденсаторного типа, работая в широком диапазоне рабочих температур, часто не нуждаются в температурной компенсации. Благодаря высокой точности и температурной стабильности они получили наибольшее распространение как для измерения влажности окружающего воздуха, так и для применения в производственных процессах.

Резистивные датчики являются самыми дешёвыми, но менее точными, чем емкостные. Производители также предлагают датчики на основе оксида олова и оксида алюминия. Первые характеризуются плохой стабильностью и взаимозаменяемостью, вторые – узким диапазоном измерения.

Среди производителей датчиков относительной влажности хорошо зарекомендовала себя компания Honeywell, которая усилила свои позиции, расширив линейку выпускаемых емкостных датчиков серии HIH.

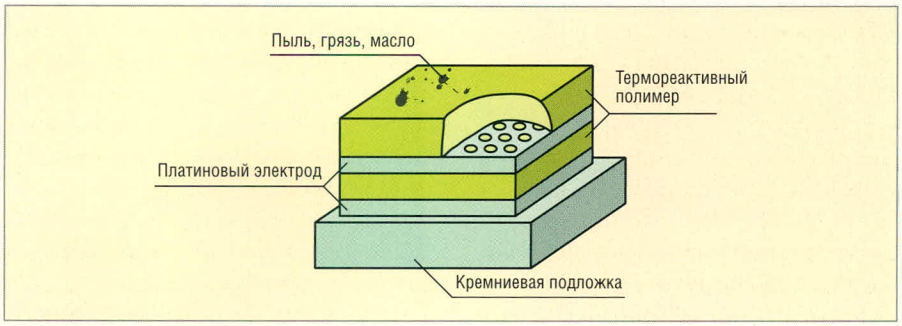


Рис. 1 Конструкция датчиков влажности компании Honeywell

Теперь разработчикам конечного оборудования доступны датчики относительной влажности в корпусированных версиях с дополнительным гидрофобным фильтром, а также датчики для монтажа на поверхность. Производимые компанией датчики применяются в метеорологическом оборудовании, сушильных камерах, холодильниках, системах управления климатом в производстве и быту. Предлагаемые компанией емкостные датчики влажности предназначены для измерения относительной влажности воздуха в диапазоне от 0 до 100%.

Компания Honeywell производит семейство емкостных датчиков влажности, в конструкции которых используется многослойная структура, образованная двумя плоскими платиновыми обкладками и диэлектрическим термореактивным полимером, заполняющим пространство между ними (см. рис. 1). На кремниевую подложку многослойной структуры чувствительного элемента напыляется платиновая плён-

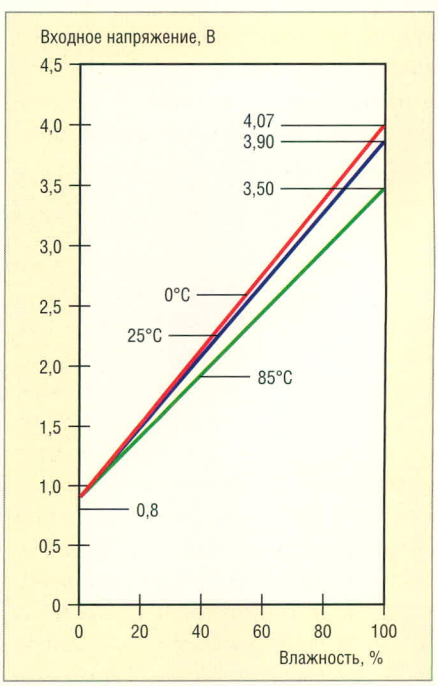


Рис. 2. Характеристики преобразования датчика влажности компании Honeywell при различных температурах

ка, образующая первый электрод конденсатора. Диэлектриком служит термореактивный полимер, поверх которого выполнена вторая обкладка конденсатора – платиновая плёнка с перфорацией, позволяющая влаге проникать к абсорбирующему слою и изменять его относительную диэлектрическую проницаемость и, соответственно, ёмкость конденсатора. Верхним слоем является плёнка термореактивного полимера, служащая для защиты от пыли и грязи.

В процессе работы датчика водяной пар, проникая через пористую обкладку конденсатора (см. рис. 1), уравновешивается с окружающим газом. Одновременно верхняя обкладка защищает электрические процессы, протекающие в полимерном слое, от внешних физических воздействий (света и электромагнитного излучения). Слой полимера, покрывающий пористый платиновый электрод сверху, служит защитой от пыли, грязи и масел. Такая фильтрационная система обеспечивает датчику длительную бесперебойную работу в условиях сильной загрязнённости окружающей среды и уменьшает время отклика. Конструкция чувствительного элемента делает возможной промывку датчиков. Следует отметить, что термореактивный полимер, по сравнению с термореактивной пластмассой, обеспечивает датчику более широкий диапазон рабочих температур и высокую химическую стойкость к таким агрессивным жидкостям и их парам, как изопропил, бензин, толуол и аммиак.

В целом датчики влажности компании Honeywell – это интегрированные приборы. Помимо чувствительного элемента, на подложке располагается электрическая схема, обеспечивающая преобразование, усиление и линеаризацию сигнала. Выходной сигнал датчика Honeywell является функцией напряжения питания, окружающей температуры и влажности. Чем выше напряжение питания, тем больше размах выходного сигнала и, соответственно, чувствительность датчика. Характеристики преобразования реального датчика Honeywell при различных температурах приведены на рисунке 2. Выходной сигнал датчиков имеет диапазон от 1,0 до 4,0 В, что удобно для непосредственного подключения к аналого-цифровому преобразователю микроконтроллера.

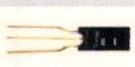
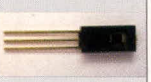
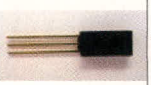
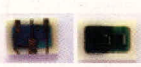
Некоторые модели приборов имеют встроенные температурные датчики, необходимые для получения высокой точности измерения в широком диапазоне температур, поскольку выходной сигнал любого (ёмкостного или резистивного) абсорбционного датчика влажности представляет собой функцию температуры и влажности. Поэтому некоторые модели датчиков Honeywell имеют встроенный платиновый терморезистор сопротивлением 1000 Ом, который расположен с обратной стороны подложки.

Недавно компания Honeywell предложила емкостные датчики относительной влажности новой серии HIH4000, выпущенной на замену серии HIH3610. Новые модели датчиков влажности серий HIH4000 (технические характеристики датчиков приведены в таблице 1) отличаются, главным образом, конструктивным исполнением корпуса. Датчики влажности HIH-4000 выпускаются в плоских корпусах SIP двух типоразмеров. Кристалл датчика обработан лазером; на нём расположен чувствительный емкостной элемент из термореактивного полимера с микросхемой усиления сигнала. Многослойная структура чувствительного элемента обеспечивает отличные характеристики приборов в тяжёлых условиях эксплуатации.

Остановимся кратко на отличиях датчиков серий HIH4000 и HIH3610. В датчиках серии HIH3610 при возникновении конденсата на выходе формируется сигнал высокого уровня, соответствующий максимальному уровню влажности. В датчиках новой серии HIH4000 при образовании влаги на поверхности чувствительного элемента устанавливается выходной сигнал низкого уровня, индицирующий отсутствие влажности. С помощью этого нововведения появилась возможность формировать сигнал ошибки, т.к. показания датчиков влажности в условиях конденсации влаги не являются точными.

Датчики влажности серии HIH4000 разработаны специально для промышленных применений. Они могут быть непосредственно подключены к микроконтроллеру или другому устройству для обработки линейного сигнала по напряжению. С типичным

Таблица 1. Датчики серии HIH4000

Наименование	Время отклика, с	Внешний вид
HIH-4602-A, HIH-4602-C	50	
HIH-4602-L	30	
HIH-4000-001/003	15	
HIH-4000-002/004	15	
HIH-4010-001/002/003/004	15	
HIH-4020-002/003/004	15	
HIH-4021-001/002/003/004	15	
HIH-4030-001/003	15	
HIH-4031-001/003	15	
HIH-4100-001	15	
HIH-4101-001	15	

Диапазон RH 0...100%, $T_{раб}$ = –40...85°C

током потребления 200 мкА датчики влажности рекомендуются для применения в устройствах с автономным питанием. Полная взаимозаменяемость датчиков позволяет сократить затраты на их калибровку.

Датчики серии HIH4021 отличаются от приборов серии HIH4020 дополнительным гидрофобным фильтром, который служит для защиты чувствительного элемента от брызг

Таблица 2. Датчики серии HIH4602

Характеристики	Технология производства Honeywell	Технологии производства других производителей					
Активный материал	Термореактивный полимер	Термореактивный пластик	Термореактивный пластик	Однородный термопластик	Однородная триокись алюминия	Хлорид литиевая пленка	Испарительный психрометр
Подложка	Керамическая или кремниевая	Керамическая, кремниевая или стеклянная	Полистирол или майлар	Нет	Нет	Керамическая	Нет
Изменяющийся параметр	Ёмкость	Ёмкость	Ёмкость	Сопротивление	Сопротивление	Проводимость	Температура
Измеряемый параметр	% RH	% RH	% RH	% RH	% RH	% RH	Температура влажной и сухой колбы
Диапазон измерения	0…100% RH	0…100% RH	0…100% RH	20…100% RH	2…90% RH	15…<100% RH	20…100% RH
Точность	±(1,0…5,0)%	±(3,0…5,0)%	±(3,0…5,0)%	±(3,0…10,0)%	±(1,0…5,0)%	±5,0%	3,0…4,0%
Взаимозаменяемость	±(2,0…10,0)% RH	±(3,0…20,0)% RH	±(2,0…20,0)% RH	±(5,0…25,0)% RH	Плохая	±(30…10,0)% RH	Отличная
Гистерезис	<1,0…3,0%	2,0…5,0%	2,0…5,0%	3,0…6,0%	<2%	Очень высокий	Высокий
Линейность	±1,0%	±1,0%	±2,0%	Плохая	Плохая	Очень плохая	Плохая
Время отклика, с	15…60	15…90	15…90	120…300	180…300	180…300	120…300
Диапазон рабочих температур	–40…185°C	–30…190°C	–25…100°C	10…40°C	–10…75°C	–	0…100°C
Температурный эффект	–0,0022%RH/°C	0,3/%RH/°C	<0,3/%RH/°C	>1,0/%RH/°C	>1,0/%RH/°C	>1,0/%RH/°C	<0,5/%RH/°C
Долговременная стабильность	±1,0%RH/5 лет	±1,0%RH/год	±1,0%RH/год	±3,0%RH/год	>1,0/%RH/°C	>1,0%RH/год	±0,1%RH/год
Стойкость к загрязнению	Отличная	Хорошая	Очень хорошая	Очень хорошая	Очень хорошая	±1,0/%RH/°C	Очень хорошая
Стойкость к конденсату	Отличная	Очень хорошая	Хорошая	Очень хорошая	Очень хорошая	Очень хорошая	Очень хорошая

и крупных частиц, оставаясь при этом проницаемым для молекул воды, содержащихся в контролируемой газовой среде. Датчики серии HIH4030/31 в пластмассовом корпусе предназначены для монтажа на поверхность; датчики серии HIH4031 снабжены гидрофобным фильтром. Датчик HIH4101-001 выполнен в виде модуля, представляющего собой печатную плату с расположенными на ней сенсором и разъёмом. Для повышения точности производитель рекомендует экранировать датчики с открытым кристаллом от прямого солнечного света, оказывающего влияние на чувствительные элементы.

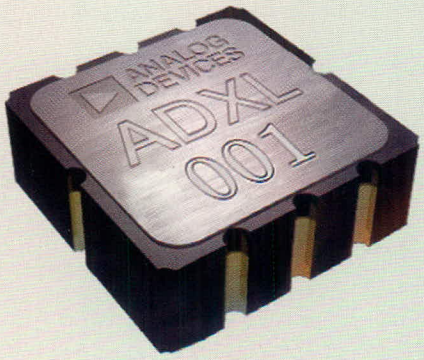
Компанией Honeywell также выпускаются датчики серии HIH-4602 (см. таблицу 2) в металлизированных корпусах, представляющие собой интегрированные устройства для измерения температуры и влажности. Полимерный ёмкостной измерительный элемент с лазерной обработкой снабжён схемой усиления сигнала. Датчик температуры соединён с датчиком влажности таким образом, что данные устройства могут быть использованы для измерения точки росы и других абсолютных параметров влажности. В таблице 2 приведены результаты сравнения новых датчиков компании Honeywell и датчиков других фирм.

Таким образом, в настоящее время наиболее технологичным прибором контроля влажности воздуха являются датчики емкостного типа. Выбор конкретного промышленного датчика облегчается большой номенклатурой подобных изделий.

Новости мира News of the World Новости мира

MEMS-датчик колебаний

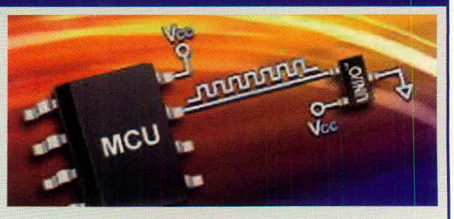
Фирма Analog Devices представляет ADXL001, датчик вибрационных и ударных нагрузок. MEMS-элемент предлагается с тремя динамическими диапазонами: 70, 250 и 500g. АЧХ во всех трёх диапазонах имеет резонанс на частоте 22 кГц и начинается от 0 Гц. Сенсоры имеют нелинейность 0,2% во всём диапазоне. ADXL001 в значительной степени нечувствителен к влиянию электромагнитных воздействий и высокочастотной интерференции и работает в расширенном температурном диапазоне –40...+125°C. ADXL001 питается напряжением 3,3...5 В и не требует калибровки. Образцы уже предлагаются. Серийное производство должно начаться в августе 2008 г.



www.analog.com/ADXL001

Последовательные EEPROM с однопроводной шиной

Компания Microchip представляет семейство последовательных EEPROM с однопроводным интерфейсом. Память работает по UNI/O-Memory-Device-протоколу Microchip. Типы 11XX010, 11XX020, 11XX040, 11XX080 и 11XX160 работают со скоростями передачи данных от 10 до 100 кГц и располагают ёмкостью 1, 2, 4, 8 и 16 Кб. Они имеют регистры состояния, программную защиту от записи для четверти, половины или всего массива, фильтры напряжения помех и защиту от электростатических разрядов. Они поддерживаются новым старт-комплектом MPLAB Starter Kit для последовательных элементов памяти, программатором MPLAB PM3 Universal Device Programmer и программным драйвером для PIC-MCU фирмы Microchip. Элементы памяти предлагаются в двух версиях. 11LCXX0 работает с напряжением питания 2,5...5,5 В, а 11AAXX0 1,8...5,5 В. Все элементы памяти предлагаются в трёхконтактном корпусе SOT-23, а также в восьмиконтактных корпусах PDIP, MSOP, SOIC и корпусе TDFN размером 2 × 3 мм.



www.3dnews.ru

SICK | STEGMANN

muRata
Innovator in Electronics

Infineon
technologies

EPCOS

Honeywell

SICK

VISHAY

BOURNS®
Reliable Electronic Solutions

MITSUBISHI ELECTRIC

Tyco Electronics
Our commitment. Your advantage.

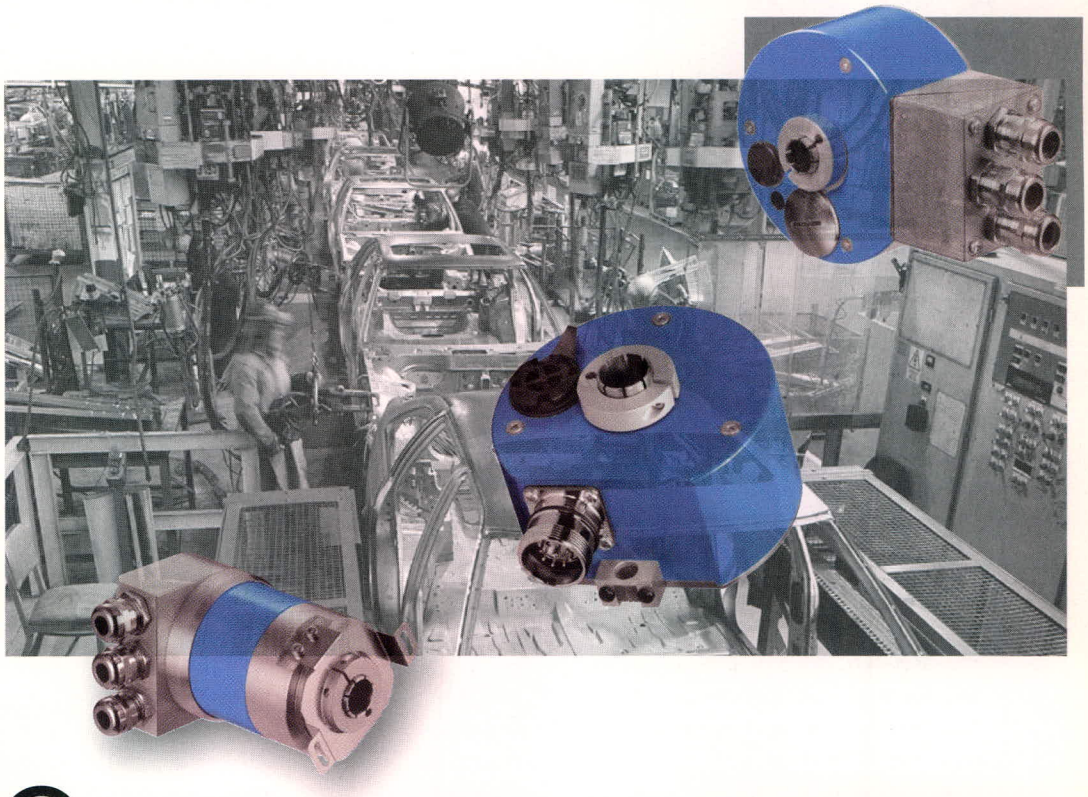
Panasonic
ideas for life

DATA VISION

IOR

Kingbright

CRYDOM



Оптические энкодеры

Предназначены для измерений угловых перемещений, скорости и положения вала электродвигателя с точностью до 25 мкм и тысячных долей градуса.

- инкрементальные энкодеры
- абсолютные энкодеры
- абсолютные многооборотные энкодеры
- энкодеры с тросовым приводом

www.platan.ru
ПЛАТАН

Реклама

Офисы в Москве: м. Молодежная: Москва, ул.Ивана Франко, 40, стр.2, (495) 97-000-99, почта: 121351, Москва, а/я 100, e-mail: platan@aha.ru, **м. Новослободская:** Москва, 1-й Щемиловский пер., 16, стр. 2, (495) 744-70-70, platan@platan.ru

Офис в Санкт-Петербурге: ул.Зверинская, 44, (812) 232-88-36, 232-23-73, baltika@platan.spb.ru

Представительства: Воронеж: (0732) 59-75-57, **Казань:** (8432) 92-18-06, **Киев:** (38044) 494-37-92, **Новосибирск:** (3832) 16-33-66, **Омск:** (3812) 24-69-03, **Ульяновск:** (8422) 30-01-50, **Уфа:** (3472) 32-10-79

Региональные дилеры: Белгород: (0722) 32-87-22, **Ижевск:** (3412) 43-72-51, **Омск:** (3812) 24-10-90, **Ростов-на-Дону:** (8632) 44-34-48, **Саратов:** (8452) 27-88-55, **Самара:** (8462) 35-26-09, **С.-Петербург:** (812) 327-96-92, **Саратов:** (8452) 27-88-55, **Тольятти:** (8482) 70-91-03, **Томск:** (3822) 55-65-30, 51-12-25, **Чебоксары:** (8352) 56-63-03, **Йошкар-Ола:** (8362) 45-17-45, **Минск:** (375-17) 287-28-60

Цифровые МЭМС акселерометры в automotive-исполнении

Андрей Лебедев (Выборг)

Статья знакомит читателя с новой серией МЭМС-акселерометров финской фирмы VTI Technologies. В публикации приведены общие характеристики, сведения о функциональных особенностях и областях применения датчиков.

Акселерометры представляют собой интегральные компоненты, без которых невозможно представить современный автомобиль. По уровням измеряемых диапазонов ускорения автомобильные акселерометры делятся на:

- акселерометры high-g-ускорения для фронтальных подушек безопасности – измеряют ускорения в десятки и сотни g;
- акселерометры low-g-ускорения для остальных автомобильных систем измерения ускорения (low-g акселерометры) и углов наклона (инклинометры) – измеряют ускорения порядка нескольких g.

Например, акселерометры low-g и инклинометры применяются для детектирования крена в системах курсовой устойчивости ESC/ESP, в АБС, системах мониторинга давления накачки шин, контроля вибрации двигателя и в охранных сигнализациях.

Сегодня на рынке присутствует достаточно много фирм, занимающихся разработкой и производством low-g-акселерометров и инклинометров для автомобильной промышленности. Эта область применения характеризуется большими объёмами потребляемых комплектующих, что позволяет производителям акселерометров окупать инвестиции в разработку новых технологий и гарантировать низкую цену компонентов [1–2]. Потребителю крайне важно правильно сориентироваться в множестве предложений на рынке и выбрать для себя наиболее оптимальный вариант.

Рис. 1. Датчики Automotive Digital Accelerometer Platform ориентированы на автомобильно-промышленные задачи

Нелишним будет напомнить, что акселерометр – это датчик для измерения ускорения, которое может быть линейным или угловым, статическим (гравитационным) или динамическим (вибрационным). Выходной сигнал акселерометра пропорционален измеряемому ускорению (в автомобиле обычно линейному динамическому), выход инклинометра пропорционален углу, обычно измеряемому в квазистатическом частотном диапазоне.

В подавляющем большинстве автомобильных систем сегодня используются двухосевые low-g-датчики, причём в новых разработках требуются датчики с цифровым выходным сигналом. Для автомобильной области применения также важна высокая надёжность устройств.

Новые акселерометры VTI Technologies разработаны именно для задач измерения линейных ускорений и углов наклона, где важна «законченность» датчика, его готовность к использованию, оцифрованный выходной сигнал, надёжность и малое энергопотребление.

VTI разрабатывает и производит кремниевые емкостные датчики ускорения около 20 лет. Особое внимание компания уделяет дизайну сенсорного элемента и разработкам ASIC для автомобильных применений, в том числе, в клиентском варианте, включая схемотехнику и корпусирование.

Не так давно фирма VTI Technologies заявила о разработке технологии 3D-MEMS (поверхностная и объёмная обработка кремния) как собственного комбинированного метода производителя и о применении этой технологии для создания чувствительных элементов интегральных акселерометров, инклинометров, а также датчиков давления.

В 2007 г. VTI Technologies представила на рынок новую линейку акселерометров SCA8X0/21X0/3100 (см. рис. 1), которые компания относит к новому поколению автомобильных акселерометров, разработанных специально для автомобильных систем. На сегодня в автомобильной промышленности требуются мультиосевые измерения, цифровая передача данных, высокая надёжность и оптимальное соотношение цены и рабочих характеристик, прежде всего, точности.

Эта разработка приобрела статус новой концепции, которая получила название автомобильной платформы VTI цифровых акселерометров – Automotive Digital Accelerometer Platform (ADP). Основной идеей концепции является «законченность» цифрового измерения ускорения или наклона в одном направлении, при любых комбинациях двух направлений либо во всех трёх направлениях. Платформа основана на новой серии МЭМС-акселерометров для автомобильной электроники.

Надёжность и качество low-g-акселерометров и инклинометров является общей стратегией работы компании как для уже существующих, так и для потенциальных областей применения.

Характеристики надёжности платформы ADP достаточно высоки, что позволяет применять датчики в жёстких условиях эксплуатации, в

том числе в автомобильной электронике. Рабочий температурный диапазон составляет –40...+125°C, максимальное ускорение перегрузок (ударное ускорение) – 20 000 g. Продукция соответствует стандартам автомобильной электроники (AEC, набор тестов Q100 для интегральных микросхем), стандарту TS16969 и сертифицирована ISO 14100.

Массовое производство и отгрузка датчиков запланированы на лето 2008 г. Инженерные образцы доступны сейчас.

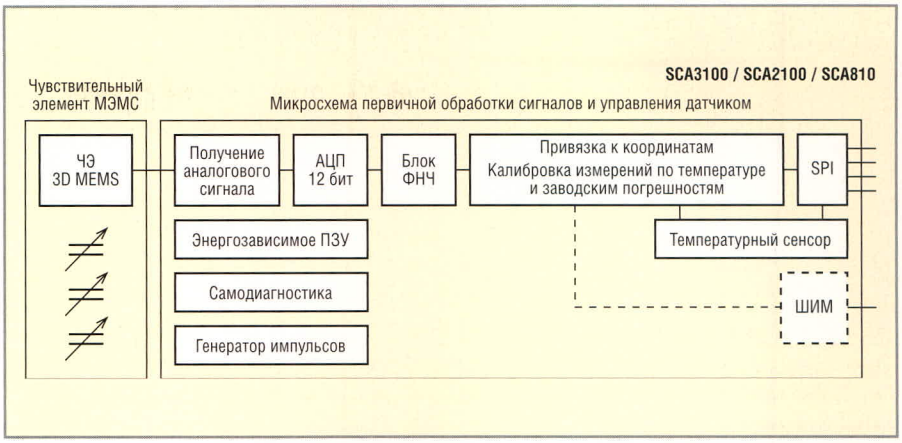


Рис. 2. Акселерометры VTI – компоненты высокой степени интеграции. Для измерений нужны источник питания и микроконтроллер

Схема и функциональность типичного автомобильного датчика ускорения

Корпус Dual Flat Lead типового датчика SCA3100/SCA21x0/SCA8x0 имеет размеры 7,6 × 8,6 × 3,3 мм, 12 контактов и предназначен для поверхностного монтажа. Корпус DFL соответствует директивам RoHS и ELV.

Внутри корпуса располагается чувствительный элемент (ЧЭ) для одной, двух или трёх осей измерения и микросхема управления и обработки сигнала ASIC с датчиком температуры. Считывание значений ускорения/температуры и управление датчиком осуществляется через набор регистров по интерфейсу SPI. Для одноосевых акселерометров предусмотрен дополнительный ШИМ-выход.

Общая платформа подразумевает взаимозаменяемость 3-, 2- и 1-осевых датчиков. То есть датчики имеют одинаковые габариты, напряжение питания, набор контактов и регистров. Точность чувствительных элементов в датчиках также одинакова.

На рис. 2 показана блок-схема акселерометра SCA3100/SCA21x0/SCA8x0. Сигнал с чувствительного элемента (ЧЭ) первоначально усиливается, фильтруется и преобразуется в аналоговый. Далее он оцифровывается 12-разрядным АЦП. Встроенные

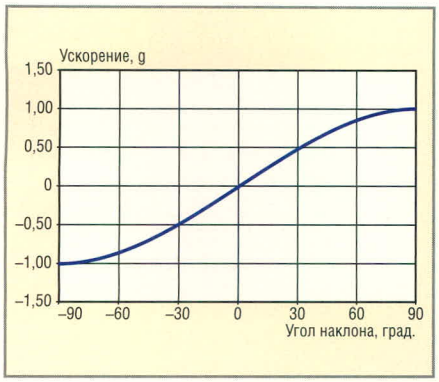


Рис. 3. При измерении одноосевым инклинометром углов более 30° точность значительно снижается

фильтры низких частот пропускают полезную составляющую сигнала (частота среза фильтра составляет 30...55 Гц). После того как получен цифровой сигнал и удалены собственные шумы, происходит привязка к координатным осям и калибровка.

Компенсация систематической погрешности и температурного дрейфа осуществляется автоматически в микросхеме акселерометра. Для этого используются заводские значения, «зашитые» в энергонезависимое ПЗУ, и измерения температурного сенсора, расположенного «на борту» микросхемы.

В результате максимальный дрейф нуля (смещение) в полном рабочем температурном диапазоне оценивается, например, для трёхосевого датчика SCA3100 в 70 mg (измерительный диапазон ±2 g для каждой оси), а с учётом отрицательного влияния температуры, срока службы и возможных ошибок калибровки – в 100 mg. Другие технические характеристики акселерометров (линейность, шумы) рассматриваются ниже. Забегая вперёд, можно сказать, что для многих автомобильных применений типовыехарактеристики датчиков вполне приемлемы.

Важно подчеркнуть, что характеристики датчика определяются возможностями технологии 3D-MEMS и ASIC. 3D-MEMS позволяет формировать трёхмерные, чувствительные к ускорению, защищённые (инкапсулированные) структуры. Вследствие применения демпфирования эти структуры характеризуются надёжностью работы в условиях вибраций, а также малыми размерами, малым энергопотреблением, простотой интеграции с ASIC.

Для инклинометров точность технологии 3D-MEMS VTI заявлена как лучше одной угловой минуты, что перекрывает показатели многих других МЭМС-технологий.

Кроме того, при включении датчик автоматически проверяет состояние ПЗУ, корректность измерений ЧЭ и работу микросхемы. Эти этапы диагностики можно инициировать и программно через регистр CTRL. Самодиагностика повышает надёжность датчика как компонента системы в жёстких условиях эксплуатации.

Акселерометры новой автомобильной платформы ADP отличаются малым энергопотреблением. Входное напряжение – 3,3 В, рабочий ток – до 5 мА, ток в спящем режиме – 120 мкА. В качестве источника возможно использование батареек, что востребовано, например, в навигационных или противоугонных системах.

Чувствительность акселерометров серии ADP – 900 счётных единиц Count на 1 g, где Count – десятичное значение в паре регистров соответствующей оси. Следовательно, теоретическое цифровое разрешение схемы – 1,1 mg, но окончательно порог чувствительности будет определяться шумовой составляющей. На выходе датчика в отсутствие ускорения – нуль. Линейное ненулевое ускорение рассчитывается отношением Count/900 [g].

В акселерометрах SCA3100/SCA21x0/SCA8x0 находятся 64 регистра. Из них три пары регистров содержат значения ускорения по осям X, Y, Z (если используются), одна пара – значение температуры. Регистры STATUS и INT_STATUS отображают статус самодиагностики, ошибки контрольной суммы, превышение диапазона измерения (±2 g), ошибки SPI. Режимы сна, выдача SPI-кадра и варианты самодиагностики задаются через регистр CTRL. Частота SPI-интерфейса составляет 8 МГц. Если частота хост-контроллера выше, результаты замеров будут повторяться, пока на датчик не поступит новое значение параметра.

Чувствительный элемент делает замеры 2000 раз в секунду (скорость передачи данных). Программно можно задать необходимое количество отсчётов, чтобы хост-контроллер использовал усреднённое значение измеряемой величины ускорения, например, 10, 50, 100 отсчётов.

Измерение угла наклона акселерометрами ADP

Полоса пропускания датчиков VTI не превышает 50 Гц, что может оказаться недопустимым в некоторых динамических измерениях, но отлично подходит для измерения наклона. Значение угла рассчитывается внешним контроллером с помощью тригонометрических функций.

В некоторых применениях требуется измерять отклонение какого-либо объекта обычно в двух взаимно перпендикулярных направлениях – т.е. отклонение от вертикального или горизонтального положения в гравитационном поле Земли. Часто это делается для компенсации измерений собственно ускорения или уровня.

Пусть угол наклона измеряется одноосевым датчиком относительно оси земного притяжения (Z). При вращении объекта сигнал на выходе акселерометра будет меняться по синусоиде. Нулевому углу наклона соответствует нулевое ускорение, ненулевому – значение $x = \sin\theta$ [g]. Угол θ, следовательно, равен $\arcsin x$ [град]. Наиболее значительный вклад в погрешность измерений будет вносить смещение нуля. В связи с синусоидальностью передаточной функции измерение угла одноосевым датчиком сопровождается и ростом погрешности с увеличением угла (см. рис. 3). Другие факторы, такие как температурные дрейфы, поперечная чувствительность, шумы, также будут оказывать влияние на точность измерений.

При стандартном планарном монтаже рекомендуется использовать как минимум двухосевой датчик (X–Z, Y–Z) или трёхосевой. В этом случае можно достичь линейной зависимости сигнала от угла наклона (см. рис. 4). Расчётный угол равен $\mathrm{arctg}(x/z)$ [град], где x и z – значения ускорения по осям X(Y) и Z [g]. При вращении объекта вокруг горизонтальной оси точки 0° и 180° соответствуют ускорению 1 g и –1 g.

Для измерения углов ориентации (крен, тангаж) объекта нет необходимости задавать точку отсчёта, так

как датчик выдаёт абсолютное отклонение от оси земного притяжения. Инклинометры – это, как правило, высокоточные устройства, но точность измерения угла наклона датчиками ADP не указана производителем, так как зависит от монтажа и метода формирования сигнала в конечном изделии. Точность – результат влияния многих факторов, о которых стоит упомянуть дополнительно.

Погрешности

В акселерометры новой automotive-платформы встроены серьёзные средства повышения точности измерений – коррекция по заводским значениям, температурная компенсация, самодиагностика. Однако технология датчиков VTI не позволяет использовать их в задачах, где требуется особая точность измерений, например в регистраторах сейсмической активности.

Средние точностные характеристики у SCA3100/SCA21x0/SCA8x0 следующие: нелинейность – до ±20 mg (в пределах диапазона ±1 g), максимальная ошибка масштабного коэффициента – ±4% от полного диапазона (±2 g).

Температурный дрейф смещения до ±70 mg компенсируется самим датчиком, но можно дополнительно откалибровать и использовать разницу значений ускорения в реальных условиях и при комнатной температуре. Максимально возможный сдвиг нуля при совокупности неблагоприятных факторов достигает ±100 mg. Собственный шум в SCA3100/ SCA21x0/SCA8x0 не превышает 5 mg.

Поперечная чувствительность акселерометров, привязываемая к основному сигналу, – не более 5%. Максимальное поперечное ускорение при измерении угла наклона, зависящее от неточности монтажа ЧЭ, может быть и меньше. Влияние наклонов в «посторонних» плоскостях можно учитывать, откалибровав датчик в «идеальных» условиях. Например, нужная ось берётся вдоль оси Z, измерения ускорения – в точках 1 и –1 g.

Области применения

Датчики VTI Technologies могут использоваться как в автомобильных применениях (системы активной безопасности автомобилей и помощи водителю), так и в ряде «узких» промышленных областей.

Рекомендуемые автомобильные применения включают:

- контроль курсовой устойчивости (ESC, ESP);
- детектирование крена (Rollover);
- помощь при старте на холмах – Hill Start Assistant (HSA);
- электронная парковка тормозов – Electronic Parking Brake (EPB);
- контроль электронно-управляемой подвески (ECS);
- навигационные системы;
- противоугонные системы (Antitheft System);
- сенсорные кластеры.

В промышленности потенциальные области применения – это приборы безопасности дорожно-строительной техники, подъёмно-транспортное оборудование (краны, укладчики, спецтехника), инклинометрия скважин и наклонное бурение. Возможно применение в гаражном оборудовании (стенды балансировки, развала-схождения, измерители люфта, проверка тормозной системы оборудования автомобилей).

Кроме того, применение акселерометров новой платформы возможно в любых областях, где необходимо цифровое многоосевое измерение ускорения и наклона, вибрации, ударов движения, и положения. При этом со стороны разработчика требуются минимальные усилия. Дополнительную информацию можно получить на сайте VTI Technologies.

О других датчиках VTI

Акселерометры автомобильной платформы VTI являются продолжением линейки трёхосевых МЭМС-акселерометров с цифровым выходным сигналом. Датчики серии SCA3000 доступны с рабочим диапазоном 2, 3, 6 или 18 g для каждой оси. Ощутимыми преимуществами являются высокая точность чувствительного элемента (для датчика ±2 g разрешение достигает 0,75 × $\times 10^{-3}$ g или 0,04 угловых градуса) и малый рабочий ток (480 мкА для датчика с температурным сенсором и 120 мкА для датчиков без термокомпенсации). Аналогично новому семейству, электроника SCA3000 компенсирует погрешности смещения, масштабного коэффициента и

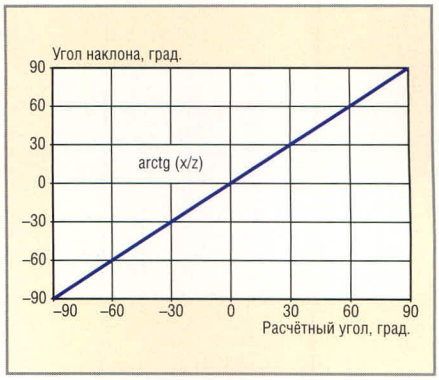


Рис. 4. Точное измерение углов наклона двухосевым инклинометром

линейности выходной характеристики. Дополнительные функциональные возможности – встроенные прерывания свободного падения и фиксации движения с возможностью конфигурирования порогов срабатывания, а также кольцевой FIFO-буфер на 64 отсчёта для каждой оси.

Наиболее точные «неавтомобильные» инклинометры VTI – двухосевые SCA100T и одноосевые SCA103T – имеют возможность аналогового и цифрового SPI-выхода. Для этих двух продуктов производитель указал в спецификациях максимальное угловое разрешение и другие дополнительные параметры, которые необходимо знать или рассчитать при измерении углов.

Старшие представители VTI – аналоговые двух- или одноосевые акселерометры. Возможен выбор по диапазону измерений и полосе пропускания.

Литература

1. *Сысоева С.* Датчики инерции за пределами автомобильных применений. Компоненты и технологии. 2007. № 7. С. 58–66.
2. *Сысоева С.* Автомобильные акселерометры. Часть 4. Развитие технологий и элементной базы емкостных акселерометров. Компоненты и технологии. 2006. № 3. С. 10–17.
3. www.vti.fi.
4. Спецификация серии SCA8x0_21x0_3100 Product Family Specification.pdf.
5. VTI Application Note AN14 Offset Calibration.pdf.
6. VTI Application Note AN21 Rotational Angle of Vertical Plane.pdf.
7. VTI Application Note AN32 Cross-axis Compensation.pdf.
8. VTI Technical Note TN6 Internal Temperature Sensing.pdf.

Полностью дифференциальные операционные усилители

Георгий Волович (г. Челябинск)

В статье рассмотрена схемотехника полностью дифференциальных операционных усилителей (ОУ), даны основные соотношения, устанавливающие связь между входными и выходными сигналами, представлены некоторые схемы включения и приведены сравнительные характеристики полностью дифференциальных ОУ.

Общие сведения

Полностью дифференциальными (ПД) называют ОУ, имеющие дифференциальные (парафазные) входы и дифференциальные выходы. Идея таких ОУ не нова: первый коммерческий ламповый ОУ типа K2-W, использовавший для усиления сигнала два двойных электровакуумных триода, имел дифференциальные входы и выходы. Однако в эпоху ламп при уровне входных и выходных сигналов ±100 В это никакого преимущества не давало, поэтому практически все последующие модели универсальных ОУ выпускались с несимметричным (однофазным) выходом. Число пассивных элементов, входящих во внешние цепи ПД ОУ примерно вдвое больше, чем требуется для аналогичной схемы на ОУ с одиночным выходом.

Спустя 30 лет разработчики пришли к выводу, что ПД ОУ – в некоторых приложениях – могут иметь преимущество перед ИОУ с однофазным выходом. (В цифровой технике полностью дифференциальные системы применяются уже давно.) В последние годы в связи со снижением питающих напряжений аналоговых и аналого-цифровых устройств и повышением их быстродействия существенно возросли требования к помехозащищённости линий передачи аналоговых сигналов. Появились скоростные АЦП с дифференциальными входами, для подключения которых к обычным ОУ использовались трансформаторы, обладающие рядом недостатков. Всё это стимулировало разработку новых моделей ПД ОУ.

Однако усилители с дифференциальными выходами могут иметь более широкое применение, чем замена согласующих трансформаторов. Дифференциальные электрические цепи лучше защищены от внешних электромагнитных помех, чем несимметричные. При прокладке этих линий в непосредственной близости друг от друга помеха, наводимая на обе линии, будет проявляться как синфазный сигнал, который эффективно подавляет ПД ОУ. Кроме того, снижается уровень помех по цепям питания.

Схемотехника ПД ОУ

Полностью дифференциальный операционный усилитель по схемотехнике напоминает стандартный операционный усилитель. На рисунке 1 показана упрощённая версия ПД ОУ [1]. Транзисторы VT_1 и VT_2 – дифференциальная входная пара. В стандартном ОУ выходной ток первого каскада ответвляется только от одной коллекторной цепи и используется для преобразования в выходное напряжение несимметричного каскада. В ПД ОУ (см. рис. 1) коллекторы входных транзисторов нагружены на эмиттеры транзисторов VT_3 и VT_4, потенциал базы которых фиксирован (каскодное включение). Транзисторы VT_5 и VT_6 образуют динамическую нагрузку входного каскада, имеющую очень высокое динамическое сопротивление, за счёт чего обеспечивается большой коэффициент усиления напряжения одним каскадом. Выходные напряжения каскада через буферные повторители соединяются с дифференциальными выходами усилителя OUT+ и OUT–.

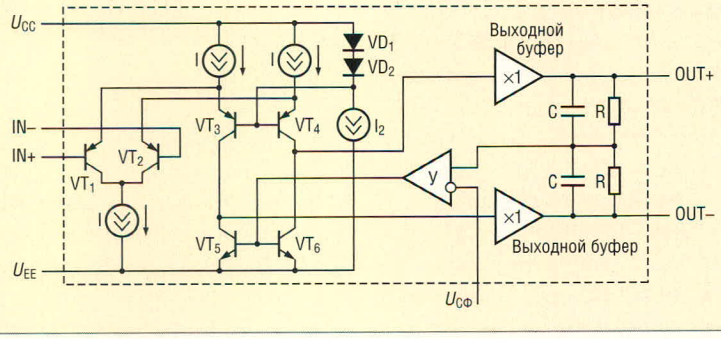


Рис. 1. Упрощённая схема ПД ОУ

В первом приближении можно считать, что синфазное напряжение входов IN+ и IN– (UIC) не вызывает изменений коллекторных токов транзисторов. Усилитель У устанавливает коллекторные токи транзисторов VT_5 и VT_6 так, чтобы минимизировать разность между синфазным выходным напряжением U_{OC} и напряжением на выводе $U_{СФ}$. Два комплементарных усилительных канала используют один и тот же входной дифференциальный усилительный каскад, их характеристики хорошо согласованы, и схема поддерживает их рабочие точки близко друг к другу. Поэтому искажения дифференциального сигнала, вносимые парафазными усилителями, как правило, симметричны. Это при определённых условиях обеспечивает снижение уровня чётных гармоник.

Другим достоинством ПД ОУ является увеличенный в два раза динамический диапазон выходного сигнала по сравнению со стандартным ОУ, с тем же размахом выходного напряжения. Действительно, если напряжение на выходе OUT+ составляет $U_m \sin\omega t$ относительно общей точки, то на выходе OUT– будет напряжение $-U_m \sin\omega t$. В таком случае дифференциальное выходное напряжение (см. рис. 2) $U_{OD} = U_{OUT+} - U_{OUT-} = 2U_m \sin\omega t$. Наконец,

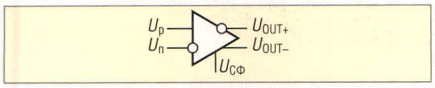


Рис. 2. Обозначения выводов ПД ОУ

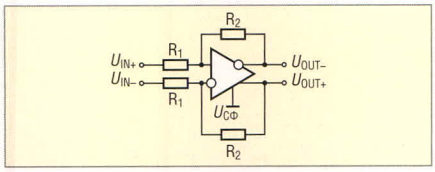


Рис. 3. Основная схема включения ПД ОУ

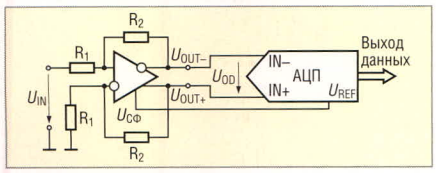


Рис. 4. Схема драйвера АЦП с дифференциальными входами

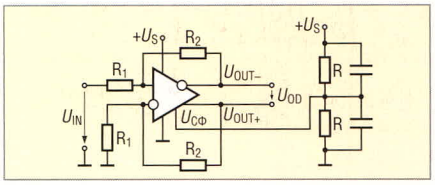


Рис. 5. Схема драйвера дифференциальной линии

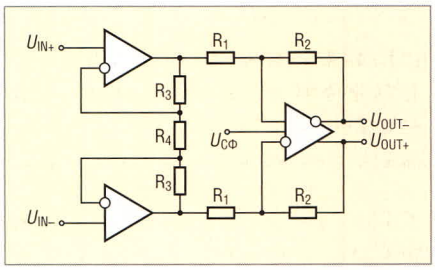


Рис. 6. Схема полностью дифференциального измерительного усилителя

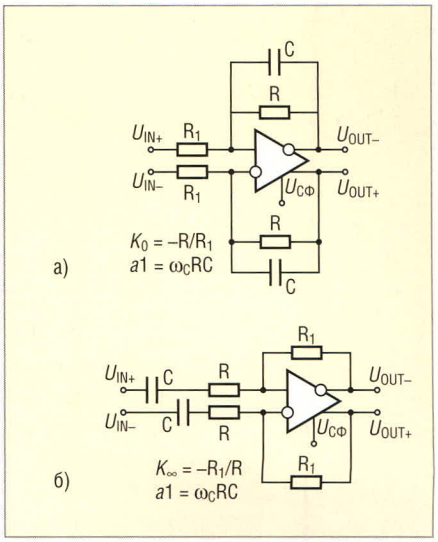


Рис. 7. Схемы ФНЧ (а) и ФВЧ (б) первого порядка на ПД ОУ

если необходимо инвертировать выходной сигнал ПД ОУ, то достаточно поменять местами выходы усилителя.

Другими уравнениями, описывающими ПД ОУ, являются:

$$U_{ID} = U_p - U_n;$$
$$U_{OD} = KU_{ID};$$
$$(U_{OUT+} + U_{OUT-})/2 = U_{CM}.$$

Для подавления синфазного входного сигнала в ПД ОУ отрицательная обратная связь от обоих выходов к обоим входам должна быть симметричной. Две части ПД ОУ образуют два идентичных инвертирующих усилителя, поэтому при построении схемы следует использовать топологию инвертирующего ОУ. Несимметрия цепей обратной связи снижает КОСС усилителя. Например, разбаланс коэффициентов передачи цепей обратной связи в 0,1% приводит к снижению КОСС до 60 дБ. В таблице 1 приведены значения коэффициентов усиления дифференциальных и синфазных сигналов идеального ПД ОУ при симметричных цепях обратной связи.

Применение ПД ОУ

Основная схема включения полностью дифференциального усилителя при двухполярном питании представлена на рисунке 3. Для этой схемы справедливо соотношение:

$$U_{OD} = -U_{ID}\frac{R_2}{R_1}.$$

Входное сопротивление $R_{IN} = 2R_1$.

Одно из основных применений ПД ОУ – управление дифференциальными входами аналого-цифровых преобразователей (АЦП). Скоростные АЦП часто содержат на кристалле источник опорного напряжения U_{REF}. Как правило, такие АЦП имеют однополярное питание. В этом случае синфазное входное напряжение U_{CM} ОУ должно быть равно U_{REF}. Схема включения АЦП с входным драйвером на ПД ОУ, который, в свою очередь, принимает сигнал от несимметричного источника, приведена на рисунке 4. Напряжение между дифференциальными входами АЦП составляет:

$$U_{OD} = -U_{IN}\frac{R_2}{R_1}.$$

Входное сопротивление равно $2R_1$.

По аналогичной схеме выполнен драйвер дифференциальной линии связи (см. рис. 5). Синфазное выходное напряжение при однополярном питании обычно получают с делителя. При этом надо иметь в виду, что входное сопротивление вывода $U_{СФ}$ сравнительно велико, но не бесконечно. Например, для ИОУ типа AD8132 оно равно 50 кОм, для AD8138 – 200 кОм.

Схема полностью дифференциального измерительного усилителя приведена на рисунке 6. Использование двух ИОУ с несимметричным выходом обеспечивает высокое входное сопротивление. Коэффициент усиления этой схемы описывается выражением:

$$K = \frac{R_2}{R_1}\left(1 + \frac{2R_3}{R_4}\right).$$

Фильтры на ОУ ПД

Фильтры выполняются в основном аналогично фильтрам на обычных ОУ. Используются схемы первого и второго порядка с инвертирующим включением ОУ. В частности, на рисунке 7 приведены схемы ФНЧ (а) и ФВЧ (б) первого порядка, а на рисунке 8 представлены схемы ФНЧ (а) и ФВЧ (б) второго порядка.

В принципе схема биквадратного фильтра [2] позволяет реализовать на ПД ОУ все основные типы фильтров: НЧ, ВЧ, избирательные и режекторные. Однако ФВЧ и режекторные фильтры требуют дополнительного ОУ, поэтому применение биквадратной схемы для них не оптимально. ФНЧ и избирательные фильтры, в отличие от обычной схемы [3], можно реализовать всего на двух ИОУ (см. рис. 9). Для этой схемы справедливы следующие уравнения:

$$U_{1D} = \left(U_{OD}\frac{1}{R_4} - U_{ID}\frac{1}{R_1}\right)\frac{R_2}{1 + sC_1R_2};$$

$$U_{OD} = -U_{1D}\frac{1}{sC_2R_3}. \qquad (1)$$

Найдём из этих уравнений отношение U_{1D}/U_{ID}. Полагая $s = \omega_p S$, получим:

$$W_{ПФ}(S) = \frac{U_{1D}}{U_{ID}} = -\frac{R_4}{R_1} \times$$
$$\times \frac{R_3C_2\omega_p S}{1 + \omega_p SC_2R_3R_4/R_2 + \omega_p^2 S^2 C_1C_2R_3R_4}. \qquad (2)$$

Таблица 1. Коэффициенты усиления дифференциальных и синфазных сигналов

Вход	UOD	UOC
U_{IND}	R_2/R_1	0
U_{INC}	0	0
$U_{СФ}$	0	1

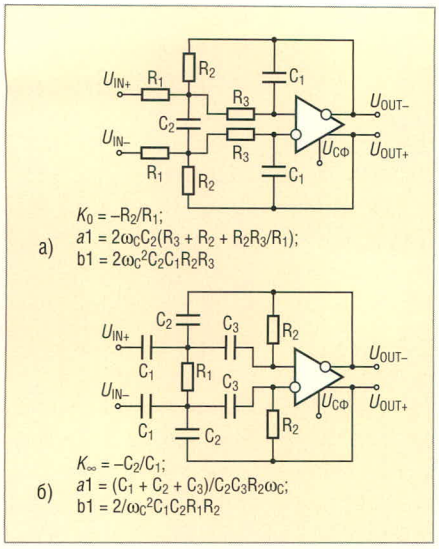


Рис. 8. Схемы ФНЧ (а) и ФВЧ (б) второго порядка на ПД ОУ

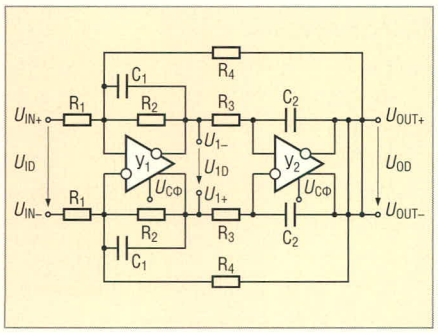


Рис. 9. Биквадратный фильтр на ПД ОУ

Выражение (2) представляет собой передаточную функцию полосового (избирательного) фильтра. Приравнивая коэффициенты выражения (2) к коэффициентам передаточной функции полосового фильтра [3], получим формулы для расчета параметров фильтра:

$$\omega_p = 1/\sqrt{C_1C_2R_3R_4}\ ;$$

$$Q = R_2/\sqrt{C_1/C_2R_3R_4}\ ;$$

$$K_p = -R_2/R_1.$$

Подставив U_{1D}, найденное из соотношения (1), в (2), получим передаточную функцию, связывающую входное и выходное напряжения биквадратного фильтра:

$$W_{НЧ}(S) = \frac{U_{OD}}{U_{ID}} = \frac{R_4}{R_1} \times \frac{1}{\times 1 + \omega_c SC_2R_3R_4/R_2 + \omega_c^2 S^2 C_1C_2R_3R_4}, \quad (3)$$

т.е. биквадратный фильтр можно использовать в качестве ФНЧ.

Сопоставляя (3) и передаточную функцию ФНЧ второго порядка [3], найдём параметры фильтра:

$$K_0 = R_4/R_1;$$
$$a_1 = \omega_c C_2R_3R_4/R_2;$$
$$b_1 = \omega_c^2 C_1C_2R_3R_4.$$

Одним из преимуществ биквадратного фильтра перед схемой, приведённой на рис. 8а, является независимая регулировка усиления резистором R1.

Несимметричные режимы ПД ОУ

Как правило, полностью дифференциальные усилители работают в симметричном режиме, при котором цепи обратной связи «верхней» и «нижней» половин усилителя идентичны. Тем не менее, определённый интерес представляет и несимметричное включение таких усилителей. Рассмотрим общий случай включения ПД ОУ (см. рис. 10а).

Если ОУ является идеальным, разность потенциалов между его входами равна нулю. Следовательно, для приращений переменных, справедливо уравнение:

$$\frac{\Delta U_{OUT-}R_{11} + \Delta U_{IN+}R_{12}}{R_{11} + R_{12}} = \frac{\Delta U_{OUT+}R_{21} + \Delta U_{IN-}R_{22}}{R_{21} + R_{22}}. \quad (4)$$

Обозначим коэффициенты передачи звеньев обратной связи как:

$$\beta_1 = \frac{R_{11}}{R_{11} + R_{12}} \text{ и } \beta_2 = \frac{R_{21}}{R_{21} + R_{22}}.$$

Тогда уравнение (4) можно переписать в следующем виде:

$$\Delta U_{OUT-}\beta_1 + \Delta U_{IN+}(1 - \beta_1) = \Delta_{UOUT+}\beta_2 + \Delta U_{IN-}(1 - \beta_2). \quad (5)$$

Рассмотрим практически важный случай, когда переменный сигнал подаётся на один из входов, например, IN+, а на второй вход подаётся постоянный потенциал. Тогда приращение напряжения U_{IN+} равно ΔU_{IN}, а напряжения U_{IN-} – нулю. Поскольку

Таблица 2. Основные характеристики полностью дифференциальных усилителей

Наименование ОУ	Напряжение питания, В	Коэффициент усиления K_V, В/мВ (Z_T, МОм)	КОСС, дБ	Напряжение смещения V_{OFF}, мВ	Входной ток, мкА	Вторая гармоника, дБ (на частоте, МГц)	Произведение усиления на полосу пропускания, МГц	Скорость нарастания, В/мкс	Ток потребления, мА	Максимальный выходной ток, мА	Напряжение шума e_n, нВ/Гц^{0,5}	Примечание
AD8132	2,7…±5,5	–	70	1	3	–92 (10)	(350)	1200	10,7	70	8	–
AD8138	3…±5,5	–	77	1	3,5	–92 (10)	(320)	1150	20	95	5	–
AD8351	3…5,5	–	43	6	15	–95 (10)	(2200)	13000	28	–	2,7	Усиление устанавливается одним резистором
ADA4937-1	3,3…5	–	80	1	20	–106 (10)	(1900)	6000	39,5	–	2,2	–
ADA4938-1	5…±5	–	77	1	3,5	–112 (10)	(1500)	4700	40	95	2,2	–
THS4120	3,3	2	96	3	1,2 пА	–80 (1)	(100)	50	11	100	5,4	Режим Power-down
THS4130	5…±15	7	95	0,2	2	–86 (1)	(150)	52	14	85	1,3	Режим Power-down
THS4509	3…5	2,5	90	1	8	–104 (10)	3000	6600	38	96	1,9	$K \geq 2$
THS4520	3,3…5	400	84	0,25	6,5	–100 (1)	1200	570	14,2	105	2	Режим Power-down
LMH6552	5…12	(0,2)	80	-	60	–93 (10)	(1500)	3800	22,5	80	1,1	Режим Power-down
LMH6555	3,3	–	68	15	–	–62 (500)	(1200)	1300	120	–	3,8	Фиксированный $K = 5$
LTC6400-20	2,85…3,5	–	65	2	–	–97 (10)	(1800)	4500	90	20	2,1	Фиксированный $K = 10$
LT1994	2,4…12,6	100	85	2	18	–100 (1)	70	65	15	85	3	Встроенный делитель для $V_{СФ}$

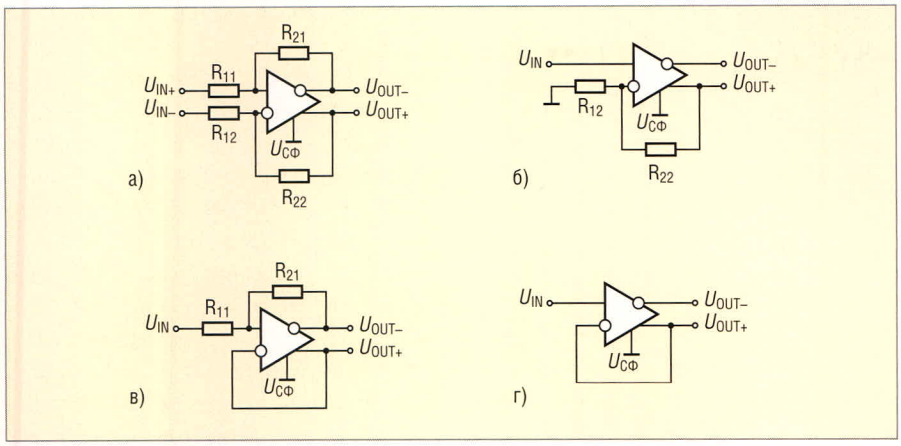


Рис. 10. Несимметричное включение ПД ОУ

$$\frac{U_{OUT+}+U_{OUT-}}{2}=U_{CM},$$

приращения выходных напряжений равны по величине и противоположны по знаку:

$$\Delta U_{OUT+}=-\Delta U_{OUT-}=\frac{\Delta U_{OUT}}{2}.$$

Запишем уравнение (5) для приращений переменных:

$$-\frac{\Delta U_{OUT}}{2}\beta_1+\Delta U_{IN}(1-\beta_1)=\frac{\Delta U_{OUT}}{2}\beta_2,$$

из которого следует формула для расчёта коэффициента передачи усилителя:

$$K=\frac{\Delta U_{OUT}}{\Delta U_{IN}}=\frac{2(1-\beta_1)}{\beta_1+\beta_2}. \qquad (6)$$

Применим эту формулу для схемы, показанной на рис. 10б. Если $\beta_1=0$, из выражения (6) следует, что

$$K=\frac{2}{\beta_2}.$$

В данном случае мы имеем драйвер дифференциальной линии связи с высоким входным сопротивлением.

В схеме, приведённой на рис. 10в, $\beta_2=1$. В этом случае:

$$K=\frac{2(1-\beta_1)}{\beta_1+1}.$$

Из последней формулы, в частности, следует, что при $\beta_2=1$ и $\beta_1=1$ (например, если $R_{21}=0$) коэффициент передачи усилителя $K=0$. Если же $\beta_2=1$ и $\beta_1=0$ (см. рис. 10г), мы получаем безрезисторную схему с высоким входным сопротивлением и $K=2$.

Схемотехника применений ПД ОУ пока недостаточно развита и предоставляет много возможностей для творчества.

В таблице 2 приведены основные характеристики некоторых современных моделей ПД ОУ.

Литература

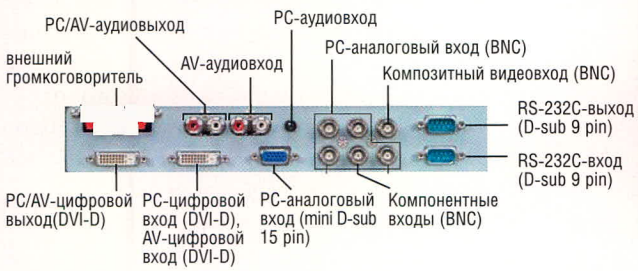
1. *Karki J.* Fully differential amplifiers. Texas Instruments Incorporated. Analog Applications J. August 2000. PP. 38-41.
2. *Carter B.* A Differential Op-Amp Circuit Collection. Application report SLOA064. Texas Instruments. July 2001.
3. *Волович Г.И.* Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. Додэка-XXI, 2005.

КРУГЛОСУТОЧНАЯ ДЕМОНСТРАЦИЯ ВАШИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

SHARP

НА МОНИТОРАХ 46-108 ДЮЙМОВ

- **Разрешение экрана Full HD 1920×1080** фирменная технология ASV Black TFT
- **Разработано для коммерческой эксплуатации** впервые безвентиляторное охлаждение, работа 24/7
- **Простота обслуживания** удаленная диагностика через порт RS-232C
- **Полный комплект коммерческих приложений** изменение размера изображения: видеостены, PIP, PbyP



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ SHARP В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ

реклама

ProSoft®

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

Программируемый широкополосный генератор

Александр Барановский, Олег Дворников (г. Минск, Беларусь)

Рассмотрены схемотехнические особенности и результаты моделирования управляемого током полупроводникового генератора, формирующего треугольный и прямоугольный сигналы с частотой от 1 Гц до 40 МГц.

Неотъемлемой частью радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) являются генераторы колебаний. Они применяются в любом измерительном приборе, системах управления оборудованием и различных устройствах, работа которых связана с периодическими состояниями или периодическими колебаниями. Реализация современной РЭА на основе систем на кристалле стимулировала работы по созданию полупроводниковых генераторов колебаний в виде IP-компонентов, которые должны занимать небольшую площадь кристалла и быть максимально универсальными, т.е. обеспечивать генерацию сигналов различной формы и частоты с помощью минимального числа внешних времязадающих элементов и/или электронного программирования. Решение данной задачи путём использования метода прямого цифрового синтеза (DDS) затруднительно из-за необходимости применения генератора тактовой частоты [1, 2].

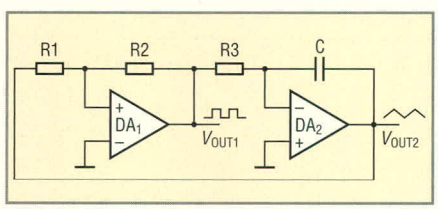


Рис. 1. Генератор треугольного и прямоугольного сигналов

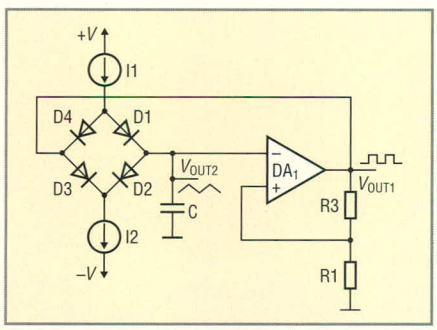


Рис. 2. Высокочастотный генератор треугольного и прямоугольного сигналов

Схемотехническая структура генераторов колебаний обычно представляет собой последовательное соединение интегратора (R, C, DA_2 на рисунке 1) и триггера Шмитта (R_1, R_2, DA_1), выполненных на операционных усилителях (ОУ) [3]. Выходное напряжение триггера V_{OUT1} преобразуется резистором R в ток, который, протекая по конденсатору C, приводит к появлению на выходе операционного усилителя DA_2 линейно изменяющегося напряжения V_{OUT2}. Когда напряжение V_{OUT2} достигает порога срабатывания триггера Шмитта, его выходной уровень скачком изменяет состояние. В результате ток, протекающий через резистор R, и напряжение на выходе интегратора изменяются в противоположном направлении до второго порога срабатывания триггера. Регулировка частоты треугольных колебаний осуществляется изменением постоянной времени интегратора, а амплитуды – гистерезисом триггера Шмитта. В то же время на выходе усилителя DA_1 генерируется сигнал прямоугольной формы с размахом, определяемым максимальным выходным напряжением ОУ.

К операционным усилителям, применяемым в генераторе (см. рис. 1), предъявляется ряд специальных требований. Для обеспечения симметричной формы треугольного сигнала входной ток усилителя DA_2 должен быть значительно меньше тока заряда/разряда конденсатора C. Кроме того, на форму треугольных колебаний влияет быстродействие DA_2, в результате для высокочастотных сигналов вершины треугольников закругляются вследствие ограничения скорости нарастания выходного напряжения ОУ. Схемотехника ОУ общего назначения, ориентированная на обеспечение высокого коэффициента усиления, не позволяет в полной мере использовать возможности технологического маршрута изготовления ИС для максимизации скорости нарастания.

По указанным причинам для формирования треугольных колебаний высокой частоты часто используется схема перезаряда конденсатора с помощью коммутируемых диодным мостом генераторов тока (рисунок 2) [3].

Моделирование такого генератора для транзисторных структур современных ИС позволило установить, что невысокое выходное сопротивление генераторов тока, обусловленное низким напряжением Эрли биполярных транзисторов [4], и паразитные ёмкости биполярных диодов (D_1–D_4 на рис. 2) вызывают искажение формы треугольного сигнала высокой частоты.

Для формирования треугольных и прямоугольных колебаний на базовом матричном кристалле «АБМК_1_3» [5, 6] разработаны два варианта программируемых генераторов, отличающихся током потребления и диапазоном рабочих частот. Схемы генераторов (рисунки 3 и 4) базируются на ранее апробированных компонентах схемно-топологической библиотеки «АБМК_1_3»: программируемом ОУ типа Amplifier_5 и триггере Шмитта типа Shaper [6 – 8].

Применяемые в генераторах компоненты Amplifier_5 и Shaper обладают следующими особенностями:

- в программируемом ОУ [9] предусмотрены выводы Cor_1, Cor_2 для подключения внутреннего или внешнего конденсатора, номинал которого влияет на скорость нарастания выходного напряжения и вид амплитудно-частотной характеристики, обеспечивая работу ОУ без самовозбуждения. Если выводы Cor_1, Cor_2 соединены между собой, то ОУ характеризуется максимальным быстродействием;
- путём изменения сопротивления резистора Rbias, подключенного между выводами $Bias_1$ и $Bias_2$, осуществляется программирование основных параметров ОУ: входного тока, тока потребления, полосы пропускания и скорости нарастания выходного напряжения;

- выводы Bal_1 и Bal_2 предназначены для подстройки напряжения смещения ОУ с помощью внешних резисторов (на рисунке 3 к этим выводам подключены резисторы R_1 = = R_2 = 1 ГОм, и балансировка ОУ не выполняется);
- изменение сопротивления внешнего резистора RTH, подключенного между выводами ThCntr и OUT–, в диапазоне от 100 Ом до 10 кОм позволяет изменять гистерезис компонента Shaper [9] в пределах от 307,2 до 39,1 мВ;
- наиболее важные для генераторов параметры ОУ иллюстрируют результаты схемотехнического моделирования, приведённые в таблице и на рисунках 5 и 6 (передаточная $V(OUT) = f(V(IN)$ и переходная $V(OUT) = f(Time)$ характеристики при напряжении питания, равном ±5 В, R_{BIAS}= 0, R_{bias} = 10 кОм и сопротивлении внешней нагрузки R_{load} = = 2 кОм. Переходная характеристика получена для инвертирующей схемы включения ОУ с $K_П = -1$).

Схемотехническое моделирование было выполнено с помощью системы проектирования OrCAD для элементов «АБМК_1_3». В связи с этим наименования переменных, узлов, осей и математические соотношения на рисунках соответствуют принятым в графическом постпроцессоре, входящем в OrCAD [10], а наименования элементов на электрических схемах – библиотеке «АБМК_1_3», причём требуемое сопротивление обеспечено с помощью последовательно-параллельного соединения доступных на БМК резисторов.

Разработанные генераторы имеют одинаковую схемотехническую структуру и состоят из:

- источника вытекающего тока (Q_2, Q_3), переключателя тока (Q_4, Q_7, Q_8), в которых транзисторы Q_3, Q_4, включенные по схеме с общей базой, предназначены для увеличения выходного малосигнального сопротивления [11], а цепи Q_5, Q_6, I_3, $Vbias_1$, $Vbias_2$ устанавливают требуемый режим работы транзисторов Q_3, Q_4;
- триггера Шмитта на компоненте Amplifier_5 с установкой гистерезиса резистивным делителем R_3, R_4 (см. рис. 3) или компонента Shaper с установкой гистерезиса резистором Rth (см. рис. 4);
- резистивного делителя (R_8, R_9 на рис. 3, R_3, R_4 на рис. 4), который

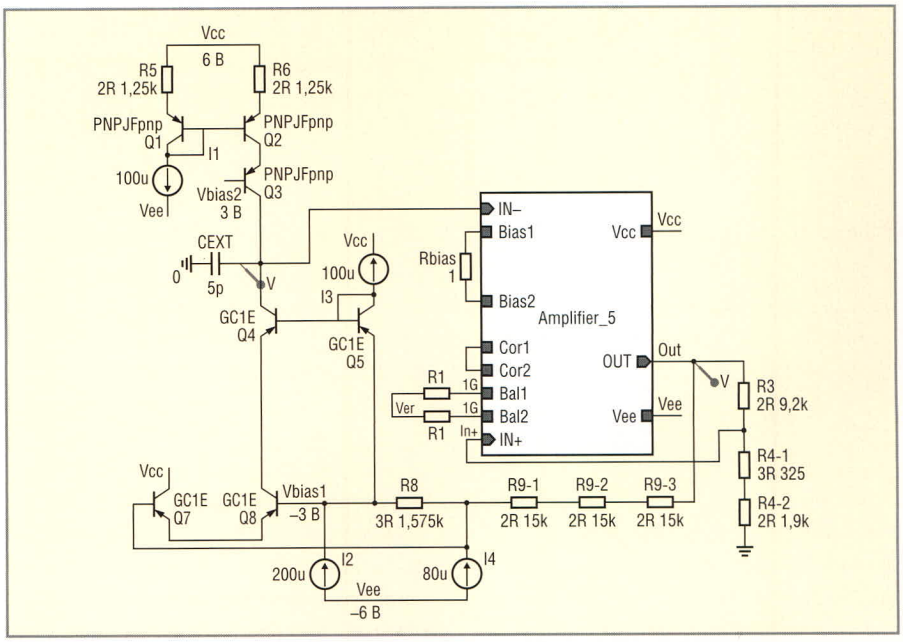


Рис. 3. Генератор сигналов на основе программируемого ОУ типа Amplifier_5 из библиотеки «АБМК_1_3»

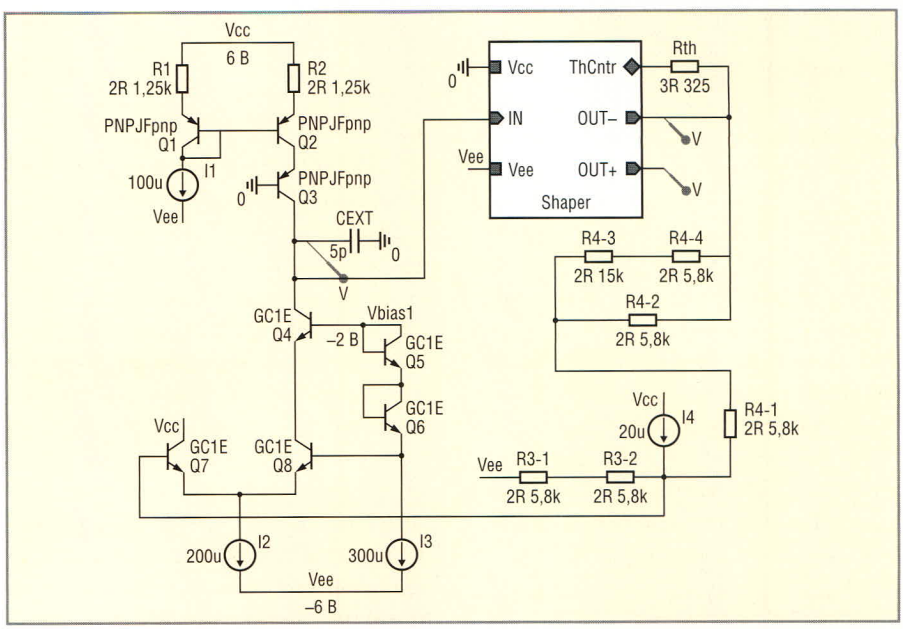


Рис. 4. Генератор сигналов на основе триггера Шмитта типа Shaper из библиотеки «АБМК_1_3»

обеспечивает на базе транзистора Q_7 размах импульсного напряжения V_{B7}, достаточный для его уверенного переключения. Подключение дополнительного источника тока I_4 сдвигает уровень напряжения таким образом, чтобы импульсы на базе Q_7 были симметричными относительно напряжения на базе Q_8 (V_{B8}). Так, для схемы генератора, показанной на рис. 3, напряжение VB7 изменяется от –2,86 до –3,15 В при V_{B8} = –3 В, а для генератора по схеме рис. 4 напряжение V_{B7} изменяется от –3,18 до –3,73 В при V_{B8} = –3,47 В;

- задающих частоту колебаний источников тока I_1 и $I_2 = 2I_1$. Для тран-

Характеристики программируемого ОУ типа Amplifier_5 при V_{CC} =+5 В, V_{EE} = –5 В, R_{load} = 2 кОм

Наименование параметра	Величина при	
	R_{bias} = 0	R_{bias} = 10 кОм
Коэффициент усиления дифференциального напряжения, дБ	72,4	65,5
Напряжение смещения нуля, мВ	–1,01	–9,6
Входной ток, мкА	1,88	0,23
Ток потребления, мА	2,1	0,43
Частота единичного усиления, МГц	137,4	28,1
Скорость нарастания/спада выходного напряжения, В/мкс	63/95	13,6/19,7

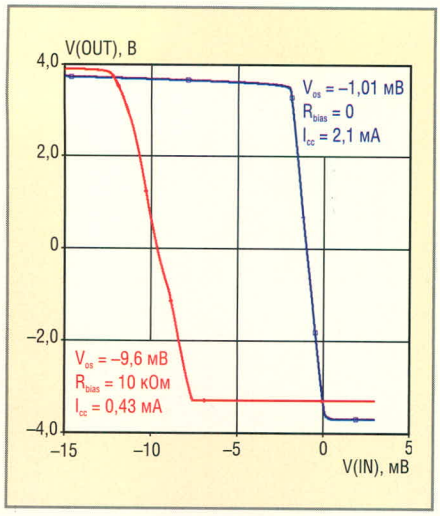


Рис. 5. Передаточная характеристика программируемого ОУ типа Amplifier_5 при R_{load} = 2 кОм

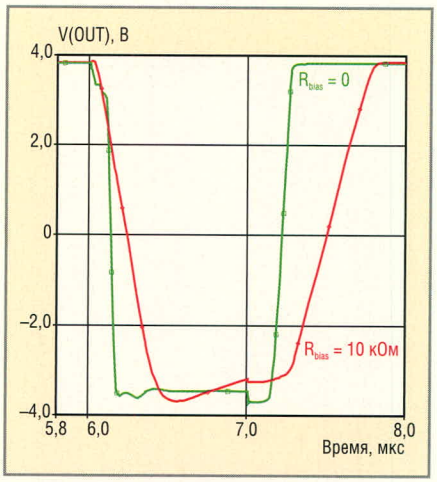


Рис. 6. Переходная характеристика программируемого ОУ типа Amplifier_5 при R_{load} = 2 кОм и инвертирующем включении с коэффициентом передачи K = –1

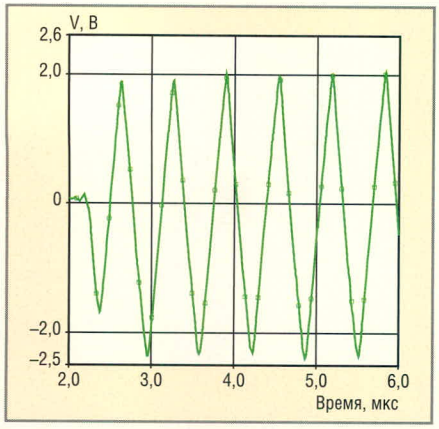


Рис. 7. Результаты моделирования генератора по схеме рис. 3 при I_2 = 200 мкА, I_1= 100 мкА, C_{EXT} = 5 пФ

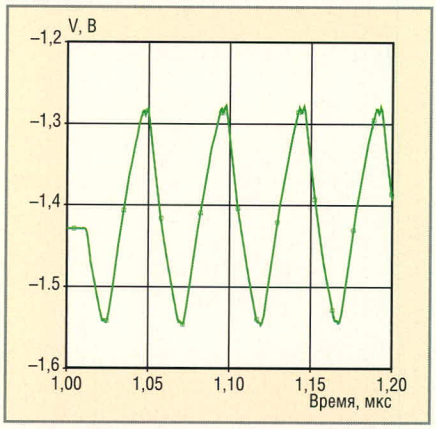


Рис. 8. Результаты моделирования генератора по схеме рис. 4 при I_2 = 200 мкА, I_1= 100 мкА, C_{EXT} = 5 пФ

зисторов «АБМК_1_3» и указанных на схемах режимов работы ток генератора I_1 рекомендуется выбирать в диапазоне от 5 мкА до 1 мА.

Источники тока I_1 и I_2 могут быть реализованы на внешних элементах, например, в виде последовательно соединённых высокоомных резисторов и источников постоянного напряжения, но для выполнения условия $I_2 = 2I_1$ целесообразно их формирование в интегральном исполнении, как показано ниже. Конденсатор C_{EXT} – внешний; его ёмкость совместно с номиналами токов I_1 и I_2 определяет частоту генерируемых колебаний. Треугольный сигнал V_{CEXT} формируется на сигнальной обкладке конденсатора C_{EXT}, а прямоугольный сигнал – на выходе триггера Шмитта (на рисунках 3 и 4 в этих узлах расположены маркеры напряжения *V*).

Рассмотрим функционирование схемы генератора, показанной на рисунке 3. Постоянный ток источника I_1 инвертируется токовым зеркалом на транзисторах Q_1, Q_2 и поступает в эмиттер транзистора Q_3. Резисторы R_5 и R_6 обеспечивают значение коэффициента передачи токового зеркала, близкое к единице в рабочем диапазоне температур, уменьшают влияние на коэффициент передачи разброса параметров интегральных элементов и увеличивают выходное сопротивление транзистора Q_2.

Дополнительное увеличение выходного сопротивления источника тока позволяет реализовать транзистор Q_3, включенный по схеме с общей базой, который можно рассматривать как источник тока с высокоомным сопротивлением (выходное сопротивление Q_2) в эмиттерной цепи [3]. Напряжение $Vbias_2$ выбрано так, чтобы гарантировать работу транзистора Q_2 в активном режиме при максимальном значении тока I_1 (максимальном падении напряжения на резисторе R_6), а транзистора Q_3 – при максимальной амплитуде напряжения на конденсаторе C_{EXT}.

Если напряжение на базе транзистора Q_7 больше, чем на базе Q_8, т.е. $V_{B7} > V_{B8}$, ток источника I_2 переключается в эмиттер Q_7, коллекторный ток транзисторов Q_4, Q_8 отсутствует и конденсатор C_{EXT} заряжается коллекторным током транзистора Q_3 ($I_{C3} \approx I_1$). Высокое выходное сопротивление транзистора Q_3 стабилизирует ток заряда конденсатора C_{EXT} при линейно нарастающем напряжении V_{CEXT}. По достижении V_{CEXT} порога триггера Шмитта выходное напряжение триггера скачкообразно изменяется и через резистивный делитель R_8, R_9 поступает на базу транзистора Q_8. При условии $V_{B7} < V_{B8}$ ток источника I_2 переключается в эмиттеры транзисторов Q_8, Q_4. Через конденсатор C_{EXT} протекает разность коллекторных токов транзисторов Q_3, Q_4, и, поскольку выполняется условие $I_2 = 2I_1$, разряд конденсатора осуществляется током, равным $I_{C4} - I_{C3} \approx I_2 - I_1 \approx I_1$. Как и ранее, транзистор Q_4, включенный по схеме с общей базой, обеспечивает высокое выходное сопротивление источника тока, разряд конденсатора C_{EXT} постоянным током и линейное уменьшение напряжения V_{CEXT} в процессе достижения второго порога триггера Шмитта. Напряжение $Vbias_1$ выбрано так, чтобы транзистор Q_4 находился в активном режиме при минимальном напряжении V_{CEXT}, а транзистор в диодном включении Q_5 и источник тока I_3 предотвращают насыщение транзистора Q_8, для которого $V_{CB8} \approx 0$.

Схемотехнические отличия генераторов, показанных на рисунках 3 и 4, обусловлены необходимостью согласования уровней напряжения V_{CEXT} и V_{B8} с допустимым входным и выходным напряжением компонентов Amplifier_5 (ОУ с биполярным входным и выходным напряжением) и Shaper (входные и выходные ЭСЛ-уровни). Целесообразность использования для реализации триггера Шмитта разных компонентов из библиотеки «АБМК_1_3» объясняется тем, что ОУ Amplifier_5 имеет относительно малые ток потребления (от 0,43 до 2,1 мА) и быстродействие, в то время как ток потребления (около 20 мА) и быстродействие компонента Shaper существенно больше. Так, при I_2 = 200 мкА, I_1 = 100 мкА и C_{EXT} = 5 пФ генератор по схеме рис. 3 формирует треугольный сигнал с частотой 1,6 МГц (рисунок 7), а генератор по схеме рис. 4 – с частотой 20,8 МГц (рисунок 8).

SID
SOCIETY FOR INFORMATION DISPLAY
RUSSIA CHAPTER

При поддержке Российского отделения
Международного дисплейного общества

РОССИЙСКАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА СРЕДСТВ И СИСТЕМ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

DISPLAY

1-3 октября
2008
МОСКВА

Москва, ЦВК "Экспоцентр"
1–3 октября 2008 года

Совместно с выставкой ChipEXPO

- TFT, ЭЛТ, ЖК дисплеи и индикаторы
- Информационные табло, мониторы, дисплеи
- Плазменные дисплеи
- Цифровые и матричные дисплеи
- Лазерные технологии визуализации
- Светодиодные средства отображения
- Проекционное оборудование и системы
- Средства и технологии отображения специального назначения
- Компоненты средств отображения
- Электронные модули управления
- Передовые научные разработки
- Технологии производства и обслуживания
- Услуги по созданию комплексных информационных систем

Семинары и конференции по средствам отображения для промышленности, энергетики, транспорта, деловой и городской инфраструктуры, бортовых и встраиваемых применений, торговли, рекламного и развлекательного бизнеса.

Реклама

http://display.chipexpo.ru

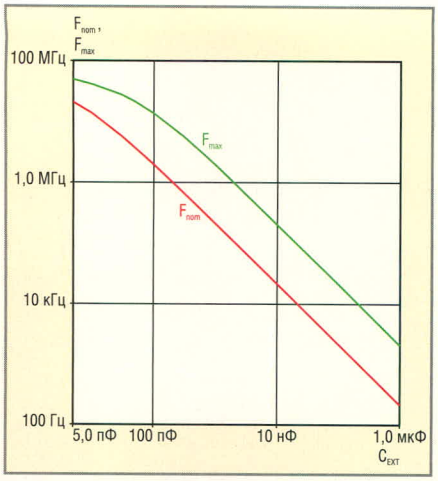


Рис. 9. Зависимость частоты колебаний генератора по схеме рис. 4 от ёмкости внешнего конденсатора при I_1 = 0,1 мА и 1 мА

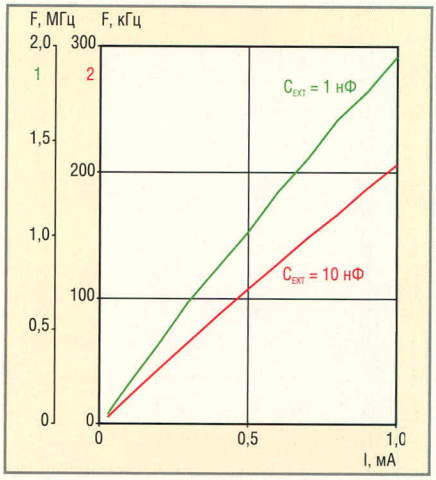


Рис. 10. Зависимость частоты колебаний генератора по схеме рис. 4 от тока источника I_1 при $I_2 = 2I_1$ и C_{EXT} = 1 нФ; 10 нФ

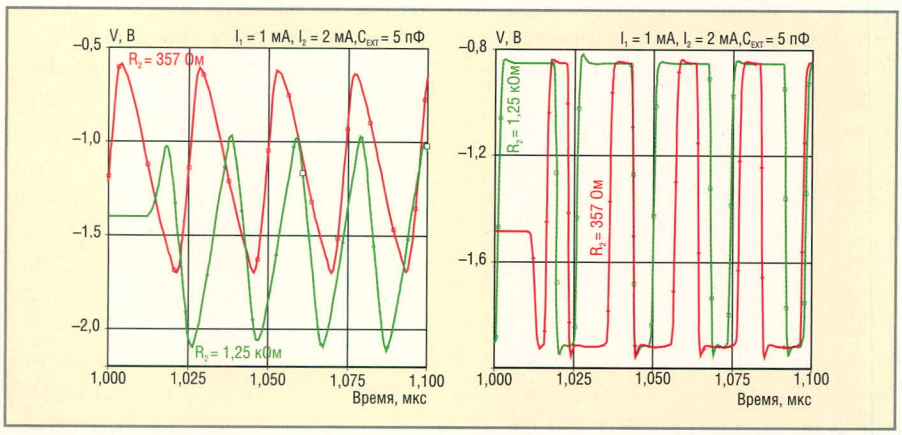


Рис. 11. Треугольные и прямоугольные колебания генератора по схеме рис. 4 при различных сопротивлениях резистора R_2 (R_1 = 1,25 кОм)

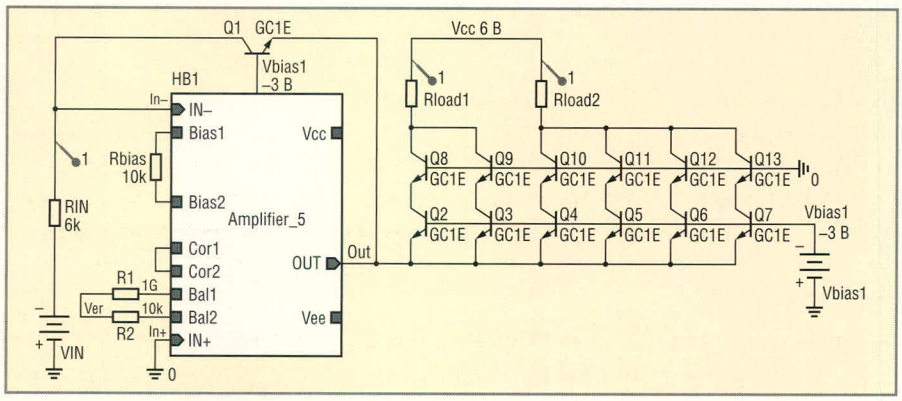


Рис. 12. Управляемый источник тока

Анализ результатов моделирования позволяет сделать вывод, что для генерации колебаний с частотой до 500 кГц целесообразно использовать генератор по схеме рис. 3, а для диапазона частот 1...40 МГц – генератор по схеме рис. 4, который обеспечивает линейную зависимость частоты от ёмкости внешнего конденсатора (рисунок 9) и тока (рисунок 10) в широком диапазоне их изменения.

Если изменить коэффициент передачи токового зеркала, например, с помощью внешних резисторов, соединенных параллельно резисторам R_1, R_2 на рисунке 4, ток заряда конденсатора C_{EXT} будет отличаться от тока разряда. Этот эффект можно использовать для управления формой треугольного и прямоугольного сигналов, как показано на рисунке 11, до максимальной частоты, равной 47,6 МГц.

В качестве источников втекающего тока I_1 и I_2 с соотношением значений $I_2 = 2I_1$ допустимо применять токовые зеркала [12], в которых входной ток устанавливается с помощью резистора и источника напряжения. Однако для значительного улучшения характеристик генераторов разработана схема управляемого источника тока, показанная на рисунке 12.

Управляемый источник тока включает ОУ Amplifier_5, охваченный отрицательной обратной связью (ООС) с помощью n–p–n-транзистора Q_I с общей базой. Вход ОУ через резистор R_{IN} соединён с источником входного (управляющего) напряжения V_{IN}, а выход – с эмиттерами транзисторов Q_2 – Q_7, включенных по схеме с общей базой. Транзисторы в каскодном включении Q_8 – Q_{13} предназначены для увеличения выходного сопротивления источника тока. Действие ООС приводит к тому, что на выходе ОУ устанавливается напряжение V_{OUT}, смещающее эмиттерный переход транзистора Q_I в прямом направлении так, что выполняется условие:

$$I_{IN} = I_{BIAS} + I_{C1}, \qquad (1)$$

где I_{IN} – ток, протекающий через резистор R_{IN}; I_{BIAS} – входной ток инвертирующего (IN–) входа ОУ; I_{CI} – коллекторный ток транзистора Q_I.

Для ОУ с замкнутой цепью ООС разность потенциалов между входами IN– и IN+ близка к нулю. Кроме того, обычно выполняется условие $I_{BIAS} << I_{IN}$, поэтому, исходя из (1) и модели Гуммеля-Пуна для биполярного транзистора [6], получим соотношения:

$$I_{C1} \approx I_{IN} = \frac{V_{IN} - V_-}{R_{IN}} \approx \frac{V_{IN}}{R_{IN}}, \qquad (2)$$

$$V_{OUT} = V_{BIAS1} - V_{BE1} = V_{BIAS1} - NF\varphi_T \ln\frac{I_{C1}}{IS}, \qquad (3)$$

где V_- – напряжение на инвертирующем входе ОУ; V_{BIAS1} – напряжение источника; V_{BEI} – напряжение на прямо смещенном эмиттерном переходе транзистора Q_I; NF – фактор, описывающий отклонение вольтамперной характеристики p–n-перехода от экспоненты; IS – ток в модели Гуммеля-Пуна, характеризующий перенос не основных носителей заряда через базу транзистора; φ_T – температурный потенциал, $\varphi_T = kT/q$; k – постоянная Больцмана; T – абсолютная температура; q – заряд электрона.

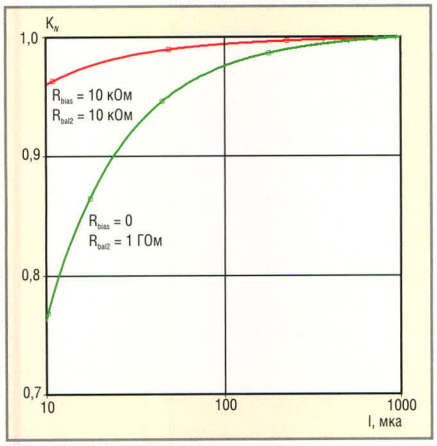


Рис. 13. Зависимость нормированного коэффициента передачи K_N от тока, протекающего через резистор R_{IN}

Исходя из схемы рис. 12 и соотношения (3), можно утверждать, что:

$$V_{BE2} = V_{BE3} = V_{BE4} = V_{BE5} = V_{BE6} = V_{BE7} = V_{BIAS1} - V_{OUT} = V_{BE1}. \quad (4)$$

Если транзисторы $Q_1 - Q_7$ имеют идентичную температуру и параметры *IS*, *NF*, можно записать (пренебрегая током базы):

$$I_{C1} = I_{C2} = I_{C3} = I_{C4} = I_{C5} = I_{C6} = I_{C7} \approx \frac{V_{IN}}{R_{IN}}, \quad (5)$$

$$I_{LOAD1} = I_{C8} + I_{C9} \approx 2I_{IN} \approx \frac{2V_{IN}}{R_{IN}}, \quad (6)$$

$$I_{LOAD2} = I_{C10} + I_{C11} + I_{C12} + I_{C13} \approx 4I_{IN} \approx \frac{4V_{IN}}{R_{IN}}, \quad (7)$$

где I_{LOAD1}, I_{LOAD2} – ток, протекающий через нагрузку R_{LOAD1}, R_{LOAD2}.

Идентичность электрических параметров и температур транзисторов, расположенных рядом на одной полупроводниковой подложке, довольно высока [6], поэтому наибольшее влияние на точность выполнения соотношений (6) и (7) оказывают значения коэффициента передачи тока биполярного транзистора, входной ток и напряжение смещения ОУ. С целью увеличения линейности преобразования входного напряжения V_{IN} в ток I_{LOAD1}, I_{LOAD2} или, другими словами, стабилизации коэффициента передачи тока ($K_{I1} = I_{LOAD1}/I_{IN}$, $K_{I2} = I_{LOAD2}/I_{IN}$), в управляемом источнике тока используется программируемый ОУ с балансировкой напряжения смещения ($Rbal_2$ = = 10 кОм на рисунке 12) и минимально возможным входным током (I_{BIAS} = = 0,23 мкА при R_{bias} = 10 кОм). Как следует из результатов моделирования, показанных на рисунке 13, нормированная величина коэффициента передачи тока $K_N = K_{I1}/\max(K_{I1})$ в диапазоне токов от 50 мкА до 1 мА отличается от максимальной менее чем на 1%. В указанном диапазоне токов без балансировки напряжения смещения ($Rbal_2$ = 1 ГОм) и при максимальном входном токе ОУ (Rbias = 0) величина K_N отличается от максимальной на 4,8%. При номинальном токе I_{IN} = 100 мкА коэффициенты передачи K_{I1} = 1,93 и K_{I2} = 3,86.

В заключение отметим, что совместное использование управляемого источника тока и схем, показанных на рисунках 3 и 4, позволяет реализовать на БМК управляемый током генератор, формирующий треугольные и прямоугольные сигналы с частотой от 1 Гц до 40 МГц.

Литература

1. *Мерфи Е.* Все о синтезаторах DDS. Компоненты и технологии. 2005. № 1. С. 28–32.
2. http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/01_07/stat_50.htm.
3. *Титце У.* Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. Мир, 1982.
4. *Дворников О.В.* Схемотехника биполярно-полевых аналоговых микросхем. Часть 1. Особенности электрических параметров элементов современных ИС. Chip News. 2004. № 9. С. 18–25.
5. *Дворников О.В.* Аналоговый биполярно-полевой базовый матричный кристалл с расширенными функциональными возможностями. Chip News. 1999. № 2. С. 21–24.
6. *Абрамов И.И.* Проектирование аналоговых микросхем для прецизионных измерительных систем. Минск, 2006.
7. *Дворников О.В.* Программируемый счетверенный операционный усилитель для универсального фильтра. Актуальные проблемы твердотельной электроники и микроэлектроники: тезисы докладов 8-й М.н.т.к. Таганрог, 2002. С. 68–69.
8. *Дворников О.В.* Микросхема АФ011В для высокоточных временных измерений. Chip News. 2003. № 7. С. 8–21.
9. Приложение к статье «Программируемый широкополосный генератор». http://www.soel.ru.
10. *Разевиг В.Д.* Система проектирования OrCAD 9.2. Солон-Р, 2003.
11. *Дворников О.В.* Схемотехника биполярно-полевых аналоговых микросхем. Часть 2. Высокоточные повторители тока. Chip News. 2004. № 10. С. 40–45.
12. *Дворников О.В.* Схемотехника биполярно-полевых аналоговых микросхем. Часть. 3. Источники тока, управляемые током с нерегулируемым коэффициентом передачи. Chip News. 2005. № 1. С. 12–15.

Новости мира News of the World Новости мира

Sony разработала гибридный топливный элемент

Корпорация Sony на международной конференции Small Fuel Cells 2008, которая проходила с 30 апреля по 2 мая в Атланте (США), продемонстрировала гибридный топливный элемент небольших размеров.

Источник питания настолько мал, что может поместиться на ладони, его размеры 50 × 30 мм. Sony впервые представила подобный гибридный топливный элемент. В устройстве совмещены: компактный ионно-литиевый аккумулятор, управляющая микросхема и топливный элемент DMFC-типа. В элементах DMFC-типа (Direct Metanol Fuel Cell) роль топлива играет водный раствор метанола, разделенный мембраной-катализатором с кислородом. Одна сторона этой мембраны играет роль катода, а другая – анода. Вступая в реакцию с анодным слоем, метанол ионизируется, его электроны при этом создают ток, а положительно заряженные ионы, взаимодействуя с кислородом, образуют воду.

В продемонстрированном на конференции Small Fuel Cells 2008 источнике питания Sony применена активная топливная система, в которой подача метанола регулируется миниатюрным насосом. Sony отмечает, что выходная мощность может достигать 3 Вт, чего достаточно для питания портативных устройств в режиме максимальных нагрузок. При этом резервуара с десятью миллилитрами метанола, как утверждается, будет достаточно для просмотра на экране мобильного телефона телевизионных передач в течение 14 ч.

Sony планирует наладить массовый выпуск гибридных топливных элементов, однако сроки их появления в продаже пока не уточняются. Источники питания нового типа могут найти применение в карманных медиаплеерах, сотовых телефонах, мобильных интернет-устройствах и прочих гаджетах.

www.tfot.info

Моментный электропривод для прецизионных следящих систем

Сергей Капралов, Владимир Матвеев, Виктор Майоров, Денис Павлов, Анатолий Смуров (г. Великий Новород)

Статья содержит краткий анализ существующих и перспективных научно-технических направлений, связанных с применением электропривода. Основное внимание уделено безредукторному моментному приводу, позволяющему реализовать в следящей системе качественно новые конструктивные и функциональные характеристики.

Введение

Развитие высокоинтеллектуальных устройств программного движения, наведения, слежения и сканирования предъявляет жёсткие требования к точности механических систем позиционирования. Современные технологии требуют от электропривода повышения качества движения (как в статике, так и в динамике), быстродействия, надёжности и эффективности наряду с уменьшением стоимости и вносимых приводом искажений в сетевое напряжение. Это обусловливает применение как «новых» двигателей (вентильных, вентильно-индукторных, бесколлекторных), так и более сложных методов управления электроприводом, реализуемых на новой элементной базе (силовой и управляющей).

История развития

Традиционное построение электропривода в виде электродвигателя постоянного или переменного тока и понижающего редуктора в настоящее время почти исчерпало возможности повышения точности, быстродействия и надёжности. Для этих приборов сложился сравнительно устойчивый конструктивный облик исполнительных электродвигателей малой мощности, применяемых в системах автоматического управления. В большинстве случаев двигатели имеют корпусную конструкцию, контактные узлы (для коллекторного варианта), частоту вращения несколько тысяч оборотов в минуту и отвод тепла во вращающемся якоре. Всё это приводит к существенным ограничениям по эксплуатационным условиям и режимам, а также уменьшает время наработки двигателей на отказ.

Заметное улучшение качественных показателей систем наведения может быть достигнуто благодаря использованию безредукторного привода на базе бесконтактных моментных электродвигателей. Характерной особенностью данного типа электропривода является оптимальное значение статической добротности, т.е. наибольшая величина момента в единице массы и низкие диэлектрические потери в обмотке якоря. Отсутствие редуктора и связанных с ним люфтов, зазоров и моментов трения обеспечивает уникальные свойства электропривода: плавность хода, высокие точностные и динамические показатели, естественную стабилизацию ротора моментного двигателя с объектом управления при работе на подвижном основании, большую жёсткость механической системы и высокую частоту собственных колебаний.

С другой стороны, моментные двигатели часто имеют большую массу и мощность потерь, чем традиционный привод с редуктором. Для них требуется более качественная электроника – как информационная, так и силовая. В отличие от бесконтактных двигателей постоянного тока с дискретной коммутацией, моментные двигатели используют схемы питания с непрерывным изменением фазных напряжений как функции угла поворота ротора и с формированием сигнала, пропорционального требуемому моменту.

Одним из основоположников моментного электропривода является В.Н. Бродовский, значительно продвинувший теорию частотно-токового управления синхронными и асинхронными двигателями. В Казанском авиационном институте под руководством проф. Л.И. Столова успешно развивалось направление «Моментные двигатели с постоянными магнитами». Ведущую роль в разработках моментных электроприводов, которые производились совместно со специалистами завода «Машиноаппарат» (г. Москва), играют работы А.Г. Микерова (НПО «Ленинец», Санкт-Петербург).

Больших успехов в области моментного электропривода достигла фирма Aeroflex (www.aeroflex.com), основанная в 1937 г. Подразделение Motion Control Systems этой корпорации занимается разработкой компонентов и систем управления движением аэрокосмического и военного применения. Малое значение коэффициента вязкого трения, большая величина момента, прекрасные массогабаритные показатели, широкий диапазон рабочих температур – всё это, в первую очередь, достигается за счёт улучшенной конструкции, применения материалов высокой степени чистоты (<1% TML и <0,1% CVCM) и высокоэнергетических магнитов неодим–железо–бор.

Области применения

Моментные электроприводы предназначены для вращения объектов управления в прецизионных электромеханических системах стабилизации, программного движения и слежения.

Для моментного электропривода характерна идеология построения системы управления в пространстве переменных состояний, т.е. управляющее устройство по текущему углу поворота и частоте вращения вырабатывает требуемое значение электромагнитного момента. Такой подход к синтезу автоматизированного электропривода существенно отли-

чается от принципа подчинённого регулирования с тремя контурами управления (по углу, скорости вращения и току).

По виду регулируемой физической величины моментный электропривод может быть предназначен для углового перемещения объекта управления, для вращения объекта с требуемой частотой (постоянной либо изменяемой по некоторому закону), а также для приложения к объекту управления требуемого момента.

В качестве перспективных областей применения бесконтактных моментных приводов можно выделить следующие:

- быстродействующие программные или следящие системы угловой стабилизации высокой точности с динамической ошибкой 1...3 угловых мин и менее (как правило, в безредукторном исполнении);
- системы автоматического управления различного назначения в редукторном и безредукторном исполнении с повышенными показателями надёжности и срока службы (с наработкой на отказ 20...50 тыс. ч и более), в том числе работающие в особо тяжёлых условиях эксплуатации;
- исполнительные системы роботов и манипуляторов;
- товары бытового назначения (стиральные машины, кухонные комбайны и т.п.).

В настоящее время наметилась тенденция применения бесконтактных моментных электродвигателей для безредукторного регулируемого электропривода в медицинском приборостроении (аппараты «искусственная почка» и принудительного кровообращения, где предъявляются повышенные требования к уровню шума, пульсаций вращающего момента и т.п.).

Ввиду конструктивных особенностей («плоское» встраиваемое исполнение) представляется перспективным использование электродвигателей в приводах мотор-колёс электрифицированных транспортных средств, а также в качестве генераторов (например, в ветросиловых установках) для создания регулируемой нагрузки в велотренажёрах и т.д.

Особенности конструкции

Моментный электродвигатель имеет модульную структуру, т.е. содержит

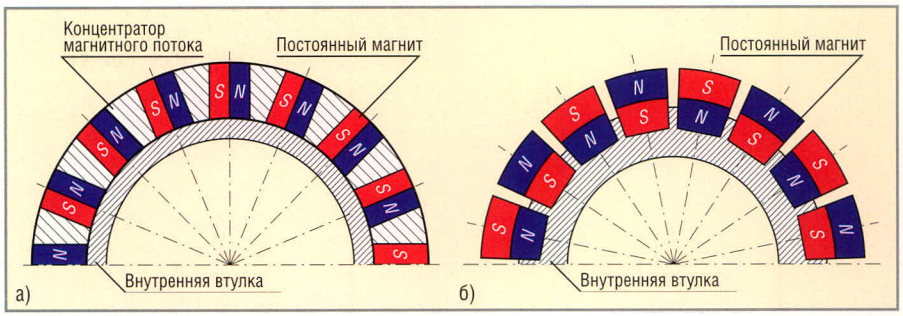


Рис. 1. Ротор моментного электродвигателя

(а) С тангенциальным намагничиванием магнитов; (б) с радиальным намагничиванием магнитов

две отдельные сборочные единицы – ротор и статор, собираемые потребителем по специальным требованиям. Это позволяет не только расширить функциональные возможности привода, но и обеспечить компактность конструкции при непосредственном соединении двигателя с исполнительным устройством. Центральное отверстие в роторе, являющееся посадочной поверхностью, обеспечивает возможность прокладки волноводов, волоконно-оптических и электрических кабелей, а также построения открытых и зеркальных оптических схем. Кроме того, встраиваемое конструктивное исполнение предоставляет возможность интенсивного отвода тепла, выделяющегося в статоре.

Отсутствие редуктора уменьшает металло- и трудоёмкость изготовления привода, его износ, шум при работе и упрощает обслуживание. Однако основное преимущество безредукторных приводов заключается в возможности повышения точности за счёт отсутствия люфтов, существенного уменьшения «мёртвого хода», повышения резонансной частоты, а также снижения моментов сухого трения и других нежелательных факторов. Отсутствие редуктора позволяет обеспечить длительное сканирование с высокой частотой, скачкообразные шаговые движения и другие специальные режимы работы, требующие от привода высоких ускорений и частых реверсов.

Моментные электродвигатели имеют многополюсный ротор с тангенциальным (см. рис. 1а) либо радиальным (рис. 1б) намагничиванием магнитов. С целью обеспечения максимальной статической добротности используются высокоэнергетические постоянные магниты из материала самарий–кобальт или неодим–железо–бор, при этом отношение осевой длины ротора к его длине составляет 0,2...0,4. Применение высокоэнергетических магнитов решает задачу обеспечения устойчивости двигателя к пусковым токам, перегрузкам по току и моменту, а также позволяет намагничивать магниты до их установки в ротор и не предусматривать специальных мер их защиты от размагничивания.

В случае ротора с тангенциальным намагничиванием магнитов внутренняя втулка выполняется из немагнитной нержавеющей стали, а полюсы, выполняющие роль концентраторов магнитного потока, – из шихтованных листов материала типа 50Н толщиной около 0,5 мм. Для ротора с радиальным намагничиванием магнитов внутренняя втулка изготавливается из магнитомягкого материала и служит замыкателем магнитного потока.

Статор моментного электродвигателя также может иметь два конструктивных исполнения с двухслойной петлевой обмоткой: гладкий (беспазовый) и пазовый. Для гладкого статора характерно отсутствие реактивного остаточного момента сопротивления и пульсаций вращающего момента, а также малые электромагнитные постоянные времени обмоток. Пазовый статор позволяет обеспечить более высокую магнитную индукцию в воздушном зазоре, повышенную статическую добротность и меньшую электромеханическую постоянную времени, чем в двигателях с гладким статором.

Выводы

Бесконтактные моментные электродвигатели уступают традиционному приводу с редуктором в первую очередь по массе и габаритам. Отсутствие или малое скоростное демпфирование в моментных двигателях требует применения датчика частоты

вращения или дифференцирующего устройства. Электронные схемы питания синхронных и асинхронных машин моментного привода более сложные, чем, например, у бесконтактных двигателей постоянного тока с дискретной коммутацией.

Однако указанные недостатки компенсируются качественно новыми свойствами в прецизионных системах на базе бесконтактного моментного электродвигателя. Достижения современной электроники позволяют обеспечить стабильный по углу поворота ротора электромагнитный момент при минимальных потерях в обмотке якоря, нечувствительный к малым отклонениям вектора магнитодвижущей силы от оптимального направления. Возможна компенсация несинусоидальности распределения магнитной индукции ротора-индуктора вдоль зазора, а также использование реактивной составляющей электромагнитного момента.

Для успешного применения моментного электродвигателя необходима идентификация параметров входных воздействий и самого привода. При линейном и колебательном движении цели слежения параметры воздействий оцениваются по сигналам в значительно отстоящие моменты времени, а параметры моментного электропривода допустимо оценивать градиентным методом. В связи с этим актуальной задачей является проведение работ по моделированию технических решений и установлению областей их практической применимости, а также разработке инженерных методик расчёта устройств и систем на базе моментного электродвигателя. На основании результатов моделирования могут быть внесены коррективы в теоретические положения и общую методологию синтеза моментного электропривода.

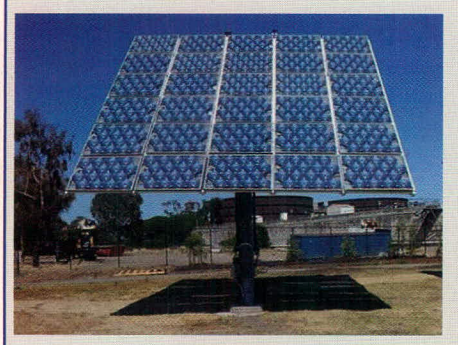
Литература

1. Моментный электропривод. Под ред. *А.Ю.Афанасьева*. Изд. Казанского ГТУ, 1997.
2. Бесконтактные моментные электродвигатели ДБМ. Справочник. Москва, ПП «Чертановская типография» Мосгорпечать, 1992.
3. *Беленький Ю.М., Зеленков Г.С., Микеров А.Г.* Опыт разработки и применения бесконтактных моментных приводов. ЛДНТП, 1987.
4. *Волков Н.И., Миловзоров В.П.* Электромашинные устройства автоматики. Высшая школа, 1986.
5. *Адволоткин Н.П., Гращенков В.Т.* и др. Управляемые бесконтактные двигатели постоянного тока. Энергоатомиздат, Ленинградское отд., 1984.

Новости мира News of the World Новости мира

Технологии охлаждения чипов – в солнечной энергетике

Среди многочисленных направлений научно-исследовательской деятельности компания IBM не обошла вниманием и проблемы солнечной энергетики. В ходе анализа возможностей дальнейшего совершенствования фотовольтаических систем специалисты обратили внимание на один из аспектов, до сих пор являвшийся наиболее слабо прогрессировавшим компонентом подобных электрогенераторов – на охлаждение преобразующих элементов.



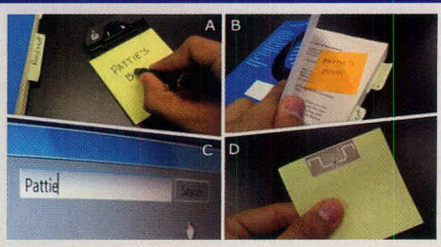
Кроме повышения эффективности преобразования в самих фотовольтаических элементах, улучшить эффективность генераторов можно путём увеличения количества попадающего на них света, что достигается с помощью применения оптических концентрирующих систем (concentrator photovoltaic, CPV). Однако в этом случае резко увеличиваются требования к системе отвода тепла от преобразующих элементов, поскольку его избыток как минимум снижает эффективность их работы, а как максимум – может привести к их полному выходу из строя и разрушению. Для организации эффективного охлаждения CPV компания IBM предложила использовать технологии с применением в качестве теплоносителей жидких металлов, что первоначально было разработано для отвода тепла в наиболее высокопроизводительных чипах.

Согласно приведённым сведениям, технология IBM позволит отводить 3/4 от общего количества тепла, обеспечивая сохранение работоспособности системы при работе со световым излучением, эквивалентным энергии «более чем тысячи солнц». Сама компания не намерена выпускать компоненты систем охлаждения для CPV, но будет продавать лицензии заинтересовавшимся производителям. Это не единственная разработка IBM в области солнечной энергетики, – известны также разработки компании в области технологии производства кремниевых фотовольтаических элементов на стеклянных подложках, а также применения элементов из области нанотехнологий для получения более эффективных преобразователей.

IBM

Компьютерная бумага для записей

Специалисты Массачусетского технического института создали «умные наклейки». Это специальные листочки для записей, которые хитрым образом передают информацию, нанесённую на них, в компьютер или другие электронные устройства. Несмотря на кажущуюся простоту, американский проект чрезвычайно сложен. В нём используются последние наработки в сфере искусственного интеллекта, радиочастотной идентификации, опознавания рукописного ввода.



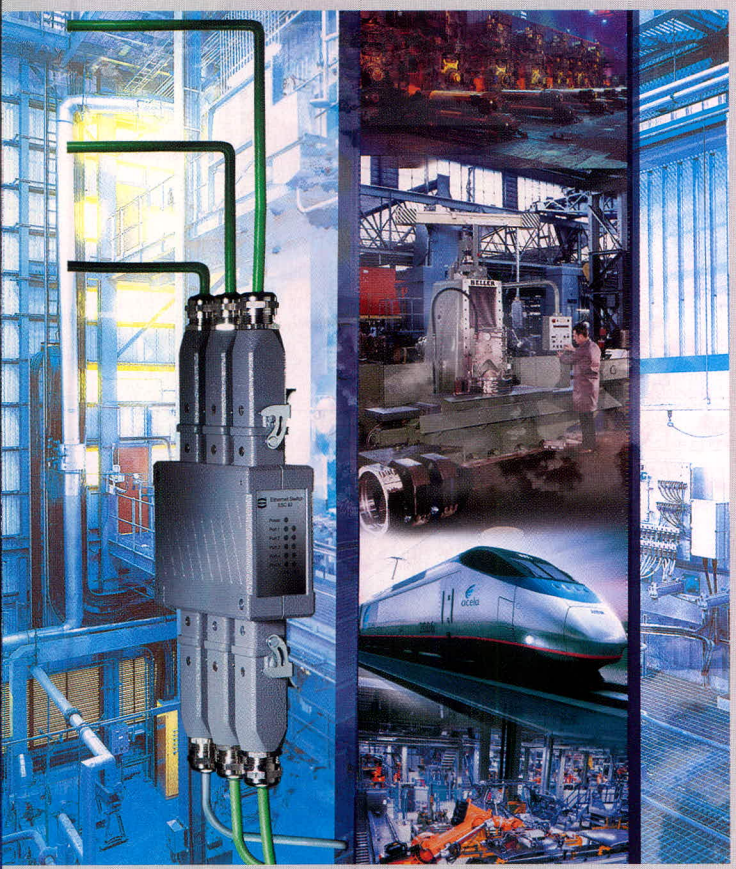
Бумажка Quickie крепится на чувствительной поверхности, с помощью которой PC считывает и сохраняет записанную информацию. Это стало возможным благодаря использованию коммерчески доступной технологии цифрового пера. Доступ к данным обеспечивается с помощью специального программного обеспечения. Сначала записанное хранится в качестве изображения, а позже обрабатывается приложением и превращается в текст.

Используя Quickie, пользователь сможет не только перебирать свои заметки в электронном виде, но и осуществлять поиск по ключевым словам. Система умеет структурировать и сортировать контент, выделяя нужные напоминания о встречах и пр. С помощью этих наклеек можно даже вносить изменения в органайзер и синхронизировать с мобильными телефонами, ноутбуками.

www.tfot.info

РЕШЕНИЯ ОТ КОМПАНИИ HARTING ДЛЯ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ETHERNET

HARTING Pushing Performance



- **HARTING** предлагает полную инфраструктуру промышленной Ethernet-сети: коммутаторы, соединители, кабели, кабельные сборки
- Все Ethernet-коммутаторы произведены в Германии со 100% выходным контролем
- Все изделия выполнены в металлических корпусах и полностью соответствуют общепромышленным стандартам, а также ряду отраслевых
- Высокая надежность: MTBF от 600 000 до 1 000 000 часов для различных серий коммутаторов

РАЗЛИЧНЫЕ КОРПУСНЫЕ ИСПОЛНЕНИЯ:

- коммутаторы в литом корпусе со степенью защиты IP65/67 и температурой эксплуатации –40...+70°C
- стандартные шкафные решения с креплением на (DIN-рейку) и температурой эксплуатации от –10°C (опционально от –40°C)
- коммутаторы в корпусах, предназначенных для монтажа в 19" конструктив вертикально (высота 3U, ширина 1U, глубина 160 мм)

УНИКАЛЬНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ОТДЕЛЬНЫХ СЕРИЙ:

- eCon 2000 – бюджетная серия компактных коммутаторов в металлическом корпусе. Температура эксплуатации –10...+70°C. Яркий представитель серии eCon 2050-AA имеет 5 гигабитных портов
- sCon – конфигурируемые через USB-порт коммутаторы, обладающие многими функциями управляемых коммутаторов (например, резервированием типа «кольцо» или «параллельная линия»), при этом их цена остается на уровне неуправляемых коммутаторов
- mCon 1000 – серия управляемых коммутаторов, соответствующая стандарту IEC 61850 – возможно применение в энергетике, в том числе на подстанциях

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР HARTING В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ

PROSOFT® АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

реклама

Три корпуса – одна платформа

Печатается с разрешения фирмы Schroff (http://www.schroff.ru)

Вольдемар Руф (Германия)

Компания Schroff разработала линейку корпусов, которая успешно используется для субблоков и шкафов. Появилась платформа из трёх типов корпусов, комплектуемых одинаковыми компонентами. Используя их, можно создавать любые системы для КИПиА – от экономичных до дорогостоящих.

Требования к корпусам для электронного оборудования постоянно изменяются. Например, в области КИПиА нужны очень гибкие возможности комплектации корпусов с широким ассортиментом принадлежностей и компонентов. Кроме того, большое значение имеет дизайн. Часто обязательным условием является оптимальная ЭМС-защита с высоким экранирующим свойством.

Исходя из этого, компания Schroff разработала свою корпусную платформу, которая успешно используется для субблоков и шкафов. Платформа состоит из трёх типов корпусов, комплектуемых одинаковыми компонентами. Используя их, можно создавать любые системы для КИПиА – от экономичных до дорогостоящих (см. рис. 1).

CompacPRO: переносной экономичный корпус

Корпус CompacPRO можно использовать для простых систем без особых требований к ЭМС в качестве настольного или переносного корпуса с ручкой и оснащать как 19-дюймовыми, так и нестандартными компонентами и модулями. Существует много вариантов комплектации корпуса. Возможны индивидуальные модификации с другой глубиной, нестандартными отверстиями или маркировкой. В корпусе можно использовать любые компоненты и принадлежности для серии субблоков EuropacPRO (см. рис. 2.) Шаг монтажа принадлежностей по глубине равен 15 мм. Резьбовые каналы с внутренней стороны боковых панелей позволяют закреплять дополнительные компоненты в любом месте вглубине корпуса. Принадлежности легко крепятся снаружи. Собрать корпус очень легко. Передняя и задняя части корпуса идентичны, т.к. всё чаще возникает необходимость установки печатных плат с передними панелями и с обратной стороны корпусов. Для оптимального охлаждения в нижней панели имеются вентиляционные отверстия.

PropacPRO: универсальный портативный корпус

Эффективное экранирование корпуса PropacPRO обеспечивает качественную механическую и ЭМС-защиту чувствительного электронного оборудования. Как и CompacPRO, этот корпус можно использовать в качестве настольного или переносного корпуса с ручкой и оснащать как 19-дюймовыми, так и нестандартными компонентами и модулями. К PropacPRO подходят любые компоненты и принадлежности известной серии субблоков EuropacPRO от компании Schroff. Так как у всех корпусов одна базовая платформа, внутренняя конструкция аналогична конструкции корпуса CompacPRO.

Возможны различные варианты дизайна PropacPRO. Индивидуальные элементы облицовки с резьбовым креплением и современные цветовые исполнения придают корпусам достойный вид.

RatiopacPRO: универсальный высокотехнологичный корпус

Этот корпус подходит для самых сложных систем КИПиА. RatiopacPRO представляет собой ЭМС-защищённый, прочный металлический корпус и соответствует требованиям современного 19-дюймового стандарта, а также американского стандарта IEEE1101.10/.11. Таким образом, на корпус можно монтировать рычажные защёлки для увеличения усилия установки и извлечения компонентов в системах CompactPCI и VME64x (например, защелки IEEE). Модули можно вставлять как спереди (например, эле-

Рис. 1. Три типа корпусов с разным дизайном на основе одной универсальной платформы

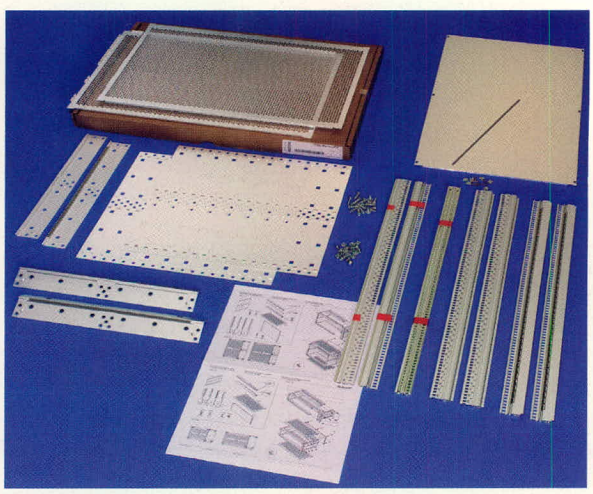


Рис. 2. Все компоненты и принадлежности EuropacPRO можно использовать в серии корпусов CompacPRO

менты индикации), так и сзади (например, блоки питания), не снимая защитных панелей. Настольный 19-дюймовый корпус или башенный корпус типа Tower собирается на основе одного базового корпуса. На выбор предлагаются две модели: RatiopacPRO (компактное исполнение с вариантами высоты 2, 3, 4, 5 и 6 U) и RatiopacPRO-air (вариант, больший по высоте на 1 U). Расстояние ½ U над и под установленными модулями используется для подачи холодного воздуха и отвода тепла. Эффективная система вентиляции позволяет устанавливать корпуса с увеличенной на 1 U высотой друг на друга в шкафу или на столе, не требуя дополнительного пространства и в то же время не допуская перегрева.

По заказу клиента возможно изготовление корпусов RatiopacPRO специальных размеров. Глубина корпусов также варьируется за счёт соответствующим образом подобранных боковых панелей. Несмотря на изменение габаритов, здесь используются такие же принадлежности и компоненты, как в корпусах CompacPRO и PropacPRO.

Кроме того, на основе корпуса RatiopacPRO разработана серия малых корпусов, в которые можно устанавливать европлаты, 19-дюймовые модули или нестандартное оборудование, например, печатные платы со штекерными разъёмами. Описываемая платформа отличается гибкими возможностями комплектации. Для всех трех типов корпусов наряду со стандартными вариантами возможны модификации с индивидуальной комплектацией по заказу клиента.

Услуги ServicePLUS: монтаж корпусов

На протяжении многих лет компания Schroff предлагает широкий спектр услуг по сопровождению своего продукта. Через Интернет возможен индивидуальный подбор корпусов и субблоков с помощью интерактивных конфигураторов. Постоянная проверка на совместимость предотвращает ошибки при выборе компонентов.

При этом отдельные детали можно модифицировать, например, добавлять пазы и отверстия. Для этого конструктивные чертежи продуктов в формате DXF, DWG или 3D загружаются из Интернета и изменяются соответствующим образом. На основе этой индивидуальной конфигурации компания Schroff отправляет предложение по электронной почте. Обработка заказов начинается не позднее, чем через день после их поступления. Эта услуга даёт пользователю возможность сэкономить время на монтаж и приступить к решению собственных задач сразу же после получения продукта.

Индивидуальное изготовление передних панелей

Передние панели определяют «лицо» корпуса или субблока. На передней панели размещаются пазы для разъёмов, светодиодные индикаторы, ручки и маркировка (специальные надписи или логотип компании). Экспресс-услуга компании Schroff позволяет конструировать и изготавливать передние панели по индивидуальному заказу. При этом поставка с завода возможна уже через два дня (отгрузка в Германии). Эта услуга предлагается и для трёх описанных типов корпусов.

Для расчёта стоимости индивидуального изготовления передних панелей можно воспользоваться веб-сайтом компании Schroff – http://www.schroff.ru.

В разделе «Передние панели» необходимо выбрать требуемую панель. После регистрации на веб-сайте заказчик получает доступ к загрузке чертежей выбранной панели в форматах DWG, DXF и PDF. После введения высоты, ширины, количества круглых отверстий, информации о требуемом ЭМС-экранировании, о типе поверхности, о покраске, трафаретной печати (количестве цветов) можно указать необходимые принадлежности (втулки, винты с проточкой, материал экранирования). При этом заказчик решает, должны ли принадлежности быть уже установленными или идти в комплекте. Затем заказчик отправляет обработанный чертеж по электронной почте одному из партнёров компании Schroff, которые представлены на веб-сайте в рубрике «Контакты», и получает от него предложение на сконфигурированную переднюю панель.

Услуга интеграции ServicePLUS: системы Plug + Play на заказ

Под услугой интеграции ServicePLUS компания Schroff подразумевает объединение электромеханических и электронных компонентов, например, компонентов для обеспечения ЭМС, кабельной проводки, выключателей, кроссплат, блоков питания, контрольных устройств и систем охлаждения в одном корпусе. Пользователь получает своего рода продукт Plug + Play для 19-дюймового оборудования. Клиентам очень удобно иметь дело только с одним поставщиком и одним заказом, включающим всё корпусное оборудование.

Интеллектуальный детектор газа с интерфейсом X10

Владимир Семёнов (г. Великий Новгород)

В статье описано применение интерфейса X10 для передачи сигнала тревоги детектора газа метана к исполнительному и сигнальному устройству по проводам электрической сети.

Введение

В начале текущего года произошла целая серия катастроф в результате взрывов бытового газа – за первые две недели года 16 погибших и 19 раненых. По данным ОАО «Росгазификация», ежегодно в жилом секторе происходит порядка 230 происшествий, связанных с использованием топливного газа. При этом в среднем в год погибает 130 человек [1]. И хотя эти цифры несравнимы с потерями страны, например, в автомобильных катастрофах, но и за ними стоят изломанные человеческие судьбы. Кроме того, взрывы бытового газа сопровождаются большим материальным ущербом – разрушение подъездов и даже целых домов не является редкостью.

Для предупреждения о возникновении взрывоопасной ситуации используют газовые детекторы – приборы, измеряющие концентрацию газа и сигнализирующие о превышении некоторого порога. Как правило, этот порог на порядок меньше взрывоопасной концентрации целевого газа детектора (балонного или природного). Так, при взрывопасной концентрации природного газа метана 5% порог срабатывания детектора выбирают на уровне 0,5%. Это даёт возможность найти источник утечки и предотвратить взрыв.

Наиболее часто в недорогих детекторах используется датчик концентрации газа на основе нагреваемого резистора из диоксида олова SnO_2.

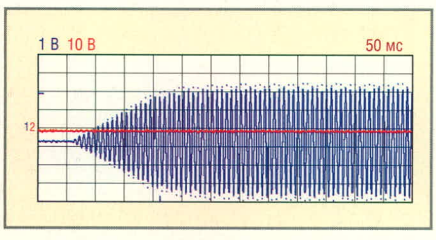


Рис. 1. Осциллограмма вспышки

Однако точность такого датчика в значительной степени зависит от температуры и влажности окружающей среды.

Автором предложен интеллектуальный детектор газа [2], в котором для компенсации неидеальностей датчика используются вычислительные средства микроконтроллера. Порог, с которым в детекторе сравниваются показания датчика концентрации газа, является адаптивным. Он вычисляется процессором микроконтроллера на основании показателей вторичных датчиков температуры и влажности, что и позволяет скорректировать неидеальность первичного датчика газа.

Недостатком этого, как, впрочем, и большинства промышленно выпускаемых газовых детекторов является то, что датчик газа и сигнализатор об опасности объединены в одном приборе, в то время как с точки зрения применения их следовало бы разделить. Так, в коттедже с газовым отоплением датчик газа целесообразно разместить в месте расположения газового котла (обычно это подвал), а звуковую и световую сигнализацию об опасности – в жилых помещениях.

Однако в этом случае встаёт вопрос о способе соединения датчика и сигнализатора. Разумеется, можно соединить их отдельной проводной парой, но это невозможно сделать без ухудшения эстетики интерьера, если только эта пара не была предусмотрена при строительстве коттеджа.

Эффективным решением этой проблемы является применение интерфейса X10, использующего для передачи сигналов провода обычной электрической сети.

Интерфейс X10 был разработан небольшой шотландской фирмой Pico Electronics в конце 70-х годов прошлого века [3]. Это была 10-я разработка этой фирмы за время её существования, откуда и пошло название интерфейса *eXperiment #10*. Первые публичные описания интерфейса в инженерной прессе относятся к лету 1979 г. С тех пор интерфейс стал стандартом де-факто для дистанционной передачи информации по проводам электросети. В последнее время новый импульс для развития устройств с таким интерфейсом дала концепция умного дома [4].

Логический уровень интерфейса X10

Интерфейс X10 имеет два уровня – логический и физический. Логический уровень определяет протокол передачи информации, и он сравнительно прост.

Поскольку передача сигналов осуществляется по одной проводной паре – проводам сети, интерфейс X10 является в принципе последовательным интерфейсом. Синхронизация передачи естественным образом осуществляется с использованием напряжения сети. Передача информации передатчиками привязана к моментам перехода напряжения сети через ноль.

Для передачи информации используются так называемые вспышки импульсов (Carrier Burst) частотой 120 кГц при длительности вспышки 1 мс (см. рис. 1). Следует отметить, что здесь и далее на осциллограммах сигнал пропущен через дифференцирующую цепочку с постоянной времени 4,4 мкс. Наличие вспышки в момент перехода напряжения сети через ноль интерпретируется как логическая единица, отсутствие – как логический ноль. Начало вспышки не должно запаздывать относительно момента перехода более чем на 200 мкс. Вспышка передаётся три раза за период в моменты, соответствующие переходу через ноль в трёхфазной сети (см. рис. 2).

Информация передаётся фреймами [5]. Полное время передачи фрейма

составляет 11 периодов сети или 0,22 с при частоте 50 Гц (см. рис. 3 [6]). Сначала передаётся стартовый код (Start Code), что занимает два периода сети. Затем передаётся так называемый код дома (House Code), что занимает ещё 4 периода. Завершает посылку код ключа (Key Code), что занимает 5 периодов. С целью улучшения помехозащищённости фрейм передаётся дважды. Код ключа может содержать информацию о части адреса или команду. В первом случае код ключа представляет собой код номера устройства (Number Code с 1 по 16), а во втором – код функции (Function Code, включить, выключить и т.п.).

Информационные биты передаются внутри периода дополняющим кодом (true compliment form on alternate half cycles of the power line [6]). Это значит, что логическая единица, передаваемая вспышкой при переходе напряжения сети от отрицательных значений к положительным, дополняется отсутствием вспышки при следующем переходе от положительных значений к отрицательным. Аналогично при передаче логического нуля отсутствие вспышки при переходе напряжения сети от отрицательных значений к положительным дополняется вспышкой при следующем переходе от положительных значений к отрицательным.

Полная посылка включает в себя два фрейма адреса и два фрейма команды с разделительным интервалом (Gap) в три периода между ними (об исключении из этого правила будет сказано ниже). Таким образом, время, затрачиваемое на передачу одной команды или квитанции, составляет 47 периодов частоты сети или 0,94 с. Быстрым интерфейс X10 явно не назовёшь.

Код дома и код номера устройства обычно устанавливаются переключателями на передней панели устройства с интерфейсом X10 (см. рис. 4). Код дома позволяет исключить конфликты при использовании устройств с интерфейсом X10 в соседних квартирах или домах, когда посылки от своих передатчиков достигают приёмников соседей. Установка разных кодов дома позволяет разделить информационные сети соседей. Соответствие номера дома и его кода [6] дано в таблице 1.

В таблице 2 дано описание кода ключа [6]. Первые 16 значений представляют собой код номера устройства. Передача этого кода в первой паре фреймов позволяет устройствам «понимать», какому из них предназначена команда, во второй же посылке этому устройству указывается, что нужно сделать. Как уже было сказано, адресные и командные фреймы разделены защитным интервалом в три периода сети. Исключение здесь сделано для команд плавной регулировки света DIM и BRIGHT, для которых этот интервал отсутствует и которые передаются столь долго, сколько требуется для установки необходимого уровня освещённости.

«Запрос передатчиков» (Hail Request) передаётся контроллером для определения того, находятся ли ещё какие-либо передатчики в зоне действия данного контроллера. При получении данного запроса «чужой» передатчик должен ответить сообщением «Ответ передатчиков» (Hail Acknowledge). При этом в устанавливаемой сети должен быть использован другой код дома.

При использовании команды предустановки яркости бит D8 (см. табл. 2) представляет старший бит, а биты H1, H2, H4, H8 во фрейме команды представляют младшие биты значения яркости светильника, которое должно быть установлено.

Код (команда) расширенных данных (Extended Data) позволяет передать информацию об аналоговой величине, преобразованной в двоичный код посредством аналого-цифрового преобразователя. За этим кодом передаются дополнительные байты, причём байт, следующий непосредственно за кодом, содержит информацию о числе дополнительных передаваемых байтов. Разделительные интервалы между кодом расширенных данных и дополнительными байтами отсутствуют; наличие таких интервалов может привести к неверной работе других модулей в сети.

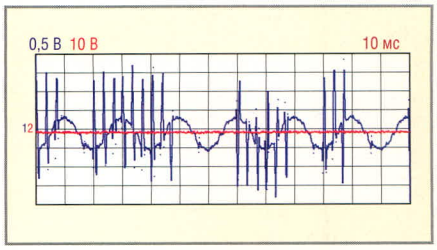


Рис. 2. Осциллограмма начальной части посылки

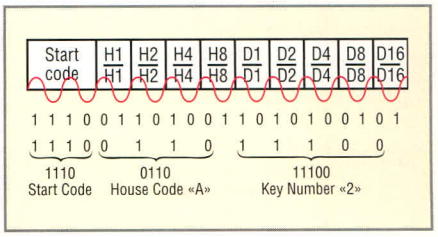


Рис. 3. Структура фрейма

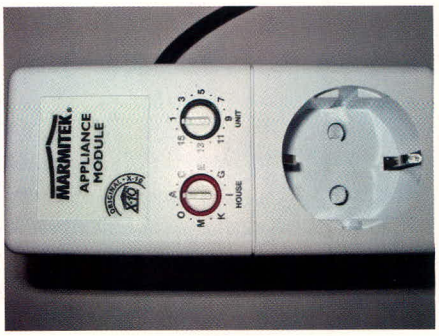


Рис. 4. Внешний вид модуля с интерфейсом X10

Таблица 1. Адресные коды

	Код дома					Код устройства				
	H1	H2	H4	H8		D1	D2	D4	D8	D16
A	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0
B	1	1	1	0	2	1	1	1	0	0
C	0	0	1	0	3	0	0	1	0	0
D	1	0	1	0	4	1	0	1	0	0
E	0	0	0	1	5	0	0	0	1	0
F	1	0	0	1	6	1	0	0	1	0
G	0	1	0	1	7	0	1	0	1	0
H	1	1	0	1	8	1	1	0	1	0
I	0	1	1	1	9	0	1	1	1	0
J	1	1	1	1	10	1	1	1	1	0
K	0	0	1	1	11	0	0	1	1	0
L	1	0	1	1	12	1	0	1	1	0
M	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0
N	1	0	0	0	14	1	0	0	0	0
O	0	1	0	0	15	0	1	0	0	0
P	1	1	0	0	16	1	1	0	0	0

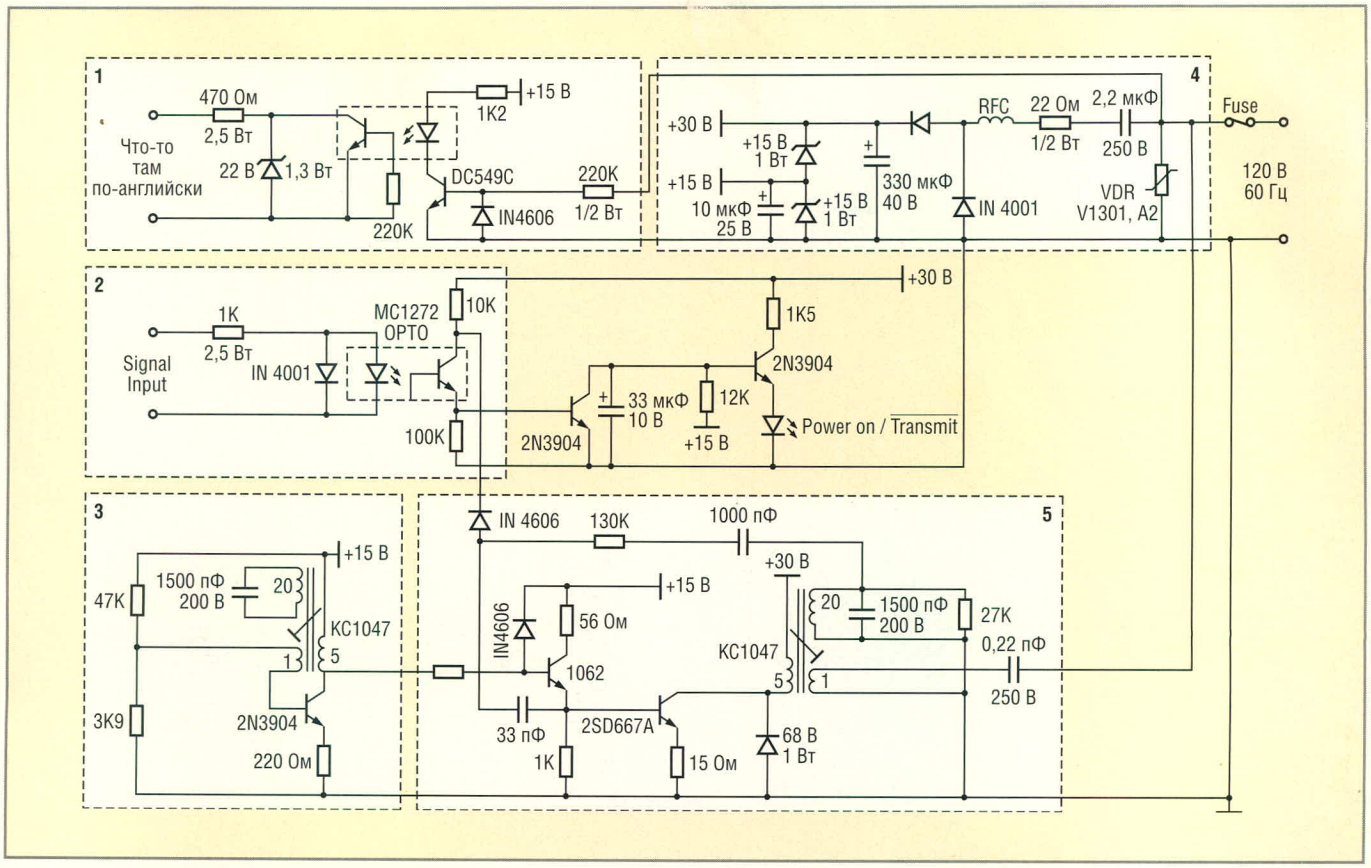


Рис. 5. Принципиальная схема модуля PL513

Аналогично расширенный код (Extended Code) позволяет вводить в систему дополнительные команды. Байт, следующий непосредственно за фреймом с командой расширенного кода, содержит информацию о числе дополнительных байтов, а разделительные интервалы между дополнительными байтами отсутствуют.

Физический уровень интерфейса X10

Физический уровень интерфейса X10 достаточно сложен. Это связано с необходимостью передачи сигнальных посылок по проводам сети, которые изначально для этого не предназначались. Погонная ёмкость проводов домашней электрической сети может быть оценена с использованием таблиц из [7], это порядка 50 пФ/м. Включённые в сеть электроприборы часто представляют комплексную (со значительной реактивной составляющей) и низкоомную нагрузку для передатчиков системы X10.

В качестве примера приведём принципиальную схему физического интерфейса модуля PL513 [8], предлагаемого фирмой X10 в качестве готового однонаправленного интерфейсного модуля для создания законченных устройств с интерфейсом X10 (см. рис. 5). Он включает в себя:

- источник питания с гасящим конденсатором 4, обеспечивающий модуль напряжениями 15 и 30 В;
- детектор пересечения нуля (Zero Crossing Detector) 1;
- синусоидальный генератор 3 частотой 120 кГц;
- ключевой каскад 2, который коммутирует выходной усилитель 5, передающий посылки в линию.

Связь модуля с контроллером осуществляется через оптоизоляторы.

Модуль имеет следующие характеристики физического интерфейса:

- средняя выходная мощность в электрическую сеть: 60 мВт на нагрузке 5 Ом;
- пиковое напряжение посылки в электрической сети: 5 В;

Таблица 2. Функциональные коды

Функция	Код функции				
	D1	D2	D4	D8	D16
Выключить все устройства (All Units Off)	0	0	0	0	1
Включить все светильники (All Lights On)	0	0	0	1	1
Включить устройство (On)	0	0	1	0	1
Выключить устройство (Off)	0	0	1	1	1
Уменьшить яркость светильника	0	1	0	0	1
Увеличить яркость светильника	0	1	0	1	1
Выключить все светильники (All Lights Off)	0	1	1	0	1
Расширенный код	0	1	1	1	1
Запрос передатчиков (Hail Request)	1	0	0	0	1
Ответ передатчиков (Hail Acknowledge)	1	0	0	1	1
Предустановка яркости (Pre-Set Dim)	1	0	1	X	1
Расширенные данные	1	1	0	0	1
Состояние – включено (Status = On)	1	1	0	1	1
Состояние – выключено (Status = Off)	1	1	1	0	1
Запрос состояния (Status Request)	1	1	1	1	1

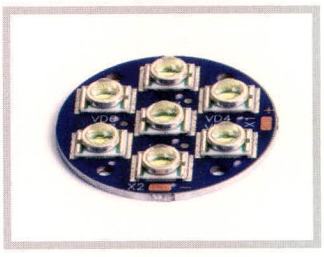
ИКСЛАЙТ
XLight
Революция уже началась!

СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ XLight™

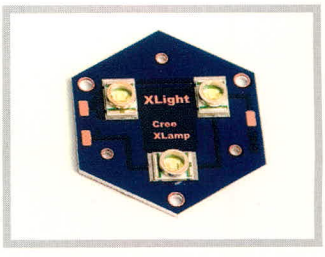
Светодиодные кластеры

Серия XLD-AL-001

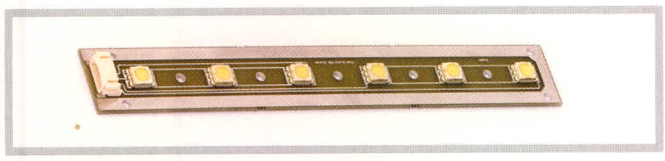
Серия XLD-AL-003

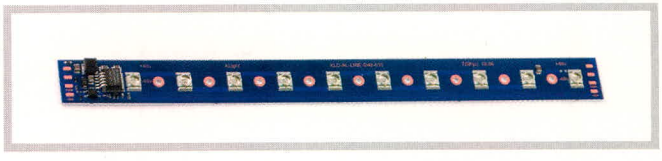


Серия XLD-AC-007



Серия XLD-AC-009





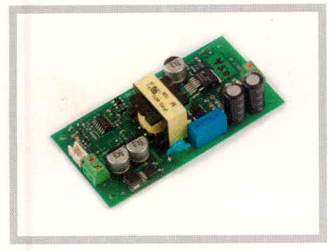
Серия XL-LINE

Общие эксплуатационные характеристики:

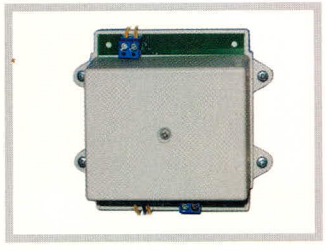
- Рабочий температурный диапазон эксплуатации: -40…+85 °C
- Допустимый температурный диапазон эксплуатации: -60…+85 °C
- Номинальный прямой ток: 350 мА
- Различные цвета свечения

Полупроводниковые источники света

- Кластеры одного или нескольких мощных светодиодов Cree® XLamp™
- Светодиоды смонтированы на печатных платах на основе алюминия или стеклотекстолита
- Предусматривают установку стандартной вторичной оптики



XLD -PS-001



XLD-PS-003

Драйверы для полупроводниковых источников света

- Источники стабилизированного тока
- Обеспечивают номинальные режимы работы мощных светодиодов в широком диапазоне изменений входных напряжений и температуры окружающей среды
- Могут иметь дополнительные функции: электронное отключение, регулировка яркости, тепловая защита и др.

ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ПОСТАВЩИК ПРОДУКЦИИ XLIGHT В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ

PROSOFT®

Телефон: (495) 232-16-52 • E-mail: info@xlight.ru • Web: www.xlight.ru

Реклама

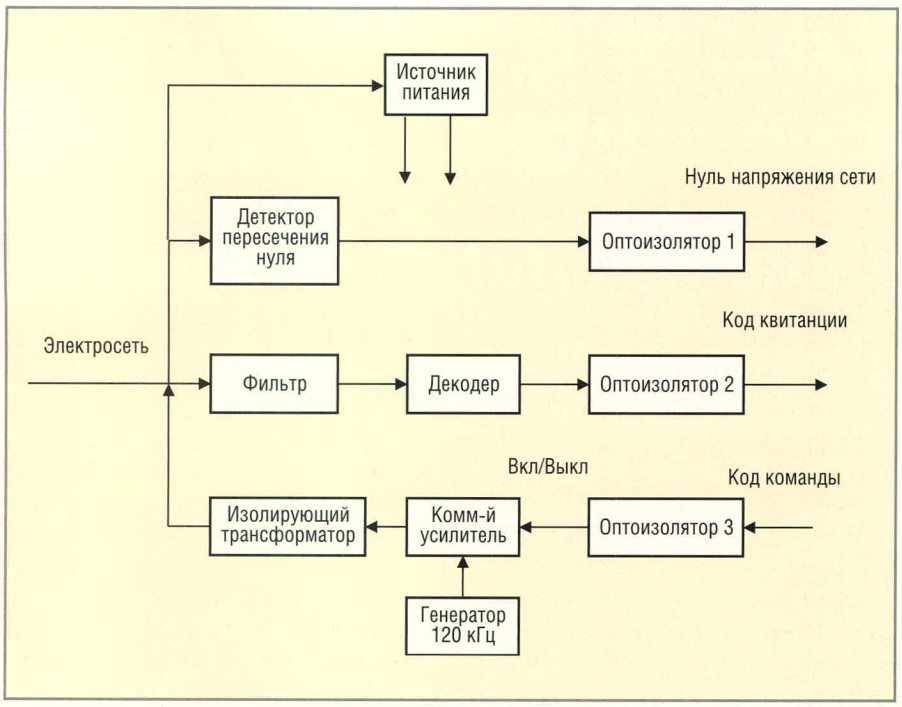


Рис. 6. Структурная схема модуля TW523

- частота посылки: 120 ± 2 кГц;
- максимальная задержка детектора пересечения нуля (т.е. между моментом пересечения нуля напряжением сети и фронтом импульса на выходе): не более 100 мкс;
- максимальная задержка включения генератора (т.е. между фронтом сигнала разрешения работы генератора и началом вспышки по уровню 90%): не более 50 мкс;
- максимально допустимая задержка обработки сигнала в контроллере не должна превышать 50 мкс;
- продолжительность вспышки: 1 мс (+100 мкс, –50 мкс);
- прочность изоляции: 2500 В (действующее значение) в течение одной минуты.

Максимально допустимая задержка обработки сигнала в контроллере определяется как разность между допустимым временем задержки начала вспышки относительно момента пересечения нуля (200 мкс) и задержек в детекторе нуля (100 мкс) и на запуск генератора (50 мкс).

Двунаправленный интерфейсный модуль TW523, выпускаемый той же фирмой, ещё более сложен. Структурная схема модуля приведена на рис. 6. Модуль содержит канал детектирования напряжения нуля и канал посылки команды, идентичные по схеме модулю PL513. Канал приёма кода квитанции включает в себя фильтр, декодер посылки на основе специально разработанной микросхемы и оптоизолятор. Характеристики физического интерфейса те же, что и у PL513.

Экспериментальный макет

Для отработки интерфейса X10 в интеллектуальном детекторе газа автор использовал управляемый выключатель (Appliance Module) Marmitek AM12 (см. рис. 4) в качестве приёмника сигналов. При этом включённое состояние AM12 индицировало тревогу, выключенное – её отсутствие.

Кодовая посылка, формируемая детектором газа при возникновении тревоги, имеет вид:

```
[1110][(01)(10)(10)(01)][(01)(10)
(10)(01)(01)]
[1110][(01)(10)(10)(01)][(01)(10)
(10)(01)(01)]
[(000000)]
[1110][(01)(10)(10)(01)][(01)(01)
(10)(01)(10)]
[1110][(01)(10)(10)(01)][(01)(01)
(10)(01)(10)]
```

Для того чтобы отменить тревогу, детектор передает посылку:

```
[1110][(01)(10)(10)(01)][(01)(10)
(10)(01)(01)]
[1110][(01)(10)(10)(01)][(01)(10)
(10)(01)(01)]
[(000000)]
[1110][(01)(10)(10)(01)][(01)(01)
(10)(10)(10)]
[1110][(01)(10)(10)(01)][(01)(01)
(10)(10)(10)]
```

В записи выше использована следующая нотация: цифра 1 или 0 означает включение или не включение генератора вспышки при поступлении сигнала от детектора нуля. Скобки ис-

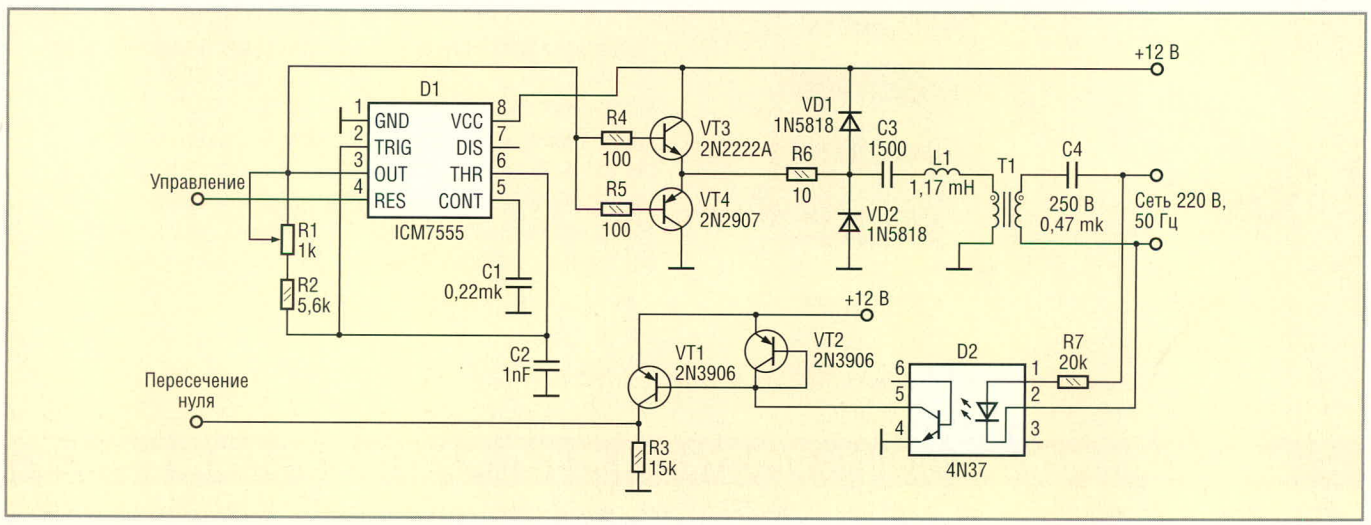


Рис. 7. Принципиальная схема физического интерфейса макета

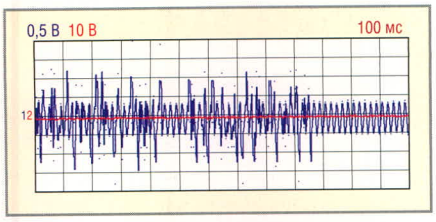


Рис. 8. Осциллограмма кодовой посылки

пользуются для улучшения читаемости нотации. Квадратные скобки выделяют структурные составляющие посылки – стартовый код, адрес дома и т.д. Круглые скобки показывают биты информационного кода. Такая запись удобна в качестве исходной информации для программирования микроконтроллера.

Схема физического интерфейса макета показана на рис. 7. Структурно он соответствует интерфейсу модуля PL513 и включает в себя детектор нуля, генератор импульсов 120 кГц, усилитель импульсов. Однако при построении схемы использован трансформаторный источник напряжения 12 В, уже имеющийся в составе интеллектуального детектор газа, что несколько её упростило.

Микроконтроллер uPD78F9222, входящий в состав интеллектуального детектора газа, управляет работой генератора, формируя огибающую (envelope) частоты 120 кГц. Выход детектора нуля присоединён к входу прерывания микроконтроллера, и в соответствии с кодом, прописанным выше, микроконтроллер включает генератор на 1 мс в соответствующие моменты времени.

Первоначально предполагалось использовать для определения нуля сетевого напряжения напряжение вторичной обмотки трансформатора источника питания интеллектуального детектора. Однако задержка нуля напряжения вторичной обмотки относительно первичного напряжения оказалась значительно больше требуемых 100 мкс. Поэтому от этой идеи пришлось отказаться и выполнить детектор нуля на базе транзисторного оптрона 4N37 (D2). Для формирования несущей 120 кГц использован таймер IMC7555 (D1) в автоколебательном режиме. Для включения и выключения генератора используется вход сброса таймера RES. Импульсное напряжение с выхода таймера подаётся через избирательную цепь L1, C3 на первичную обмотку трансформатора T с коэффициентом трансформации 2. Обмотки трансформатора намотаны на кольце METGLAS 2714R 32 × 22 × 10.

Осциллограмма посылки макета приведена на рис. 8.

Литература

1. *Заритовский А., Строителева Е.* Почему в жилых домах взрывается газ. Известия, 17.01.2008.
2. *Семёнов В.* Интеллектуальный детектор газа. Современная электроника. 2007. № 9.
3. www.hometoys.com/htinews/feb99/articles/kingery/kingery13.htm.
4. www.smartrussia.ru.
5. www.x10.ru.
6. www.smarthomeusa.com/info/x10theory/#theory.
7. *Волин М.Л.* Паразитные процессы в радиоэлектронной аппаратуре. М.: Советское радио. 1972.
8. X10, Inc. Technical Note. The X10 POWERHOUSE Power Line Interface Model PL-513 and Two Way Power Line Interface Model TW-523.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ РАДИАЦИОННОСТОЙКИЕ
SiC и GaN СВЧ-транзисторы

CREE®

✔ **Диапазон частот:** до 4 ГГц
✔ **Напряжение питания:** 28...48 В
✔ **Мощность:** 10...60 Вт
✔ **КПД:** > 45%
✔ **Температура перехода:** > 255°C
✔ **Наработка на отказ (MTTF) SIC СВЧ-приборов:**
2,2 млн. часов при +225°C
60 млн. часов при +175°C

Реклама

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ CREE В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ

ProSoft®
АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА
Телефон: (495) 232-2522 • E-mail: info@prochip.ru • Web: www.prochip.ru

Магнитотерапевтическая установка на базе микроконтроллера AVR

Сергей Шишкин (Нижегородская обл.)

Магнитотерапевтические аппараты и установки широко применяются в лечебной практике медицинских учреждений. В статье описан один из возможных вариантов реализации такой установки на современной элементной базе.

Современная магнитотерапия – безболезненный и безопасный способ лечения. В настоящее время накоплены определённые знания о воздействии слабых магнитных полей на биологические структуры и организм человека, а также значительный лечебной опыт эксплуатации магнитотерапевтических установок в медицинских учреждениях.

Магнитотерапевтическая установка (далее установка) предназначена для лечения различных заболеваний путём воздействия на пациента охватывающими и перемещающимися в пространстве магнитными полями. Установка состоит из блока управления и индуктора. Индуктор представляет собой три кольца-соленоида диаметром 800 мм. Кольца могут компоноваться либо в призму (для создания вращающегося электромагнитного поля), либо в цилиндр (для создания линейно перемещающегося в пространстве поля).

Электронная часть установки (блок управления) должна обеспечить возможность создания импульсов затухающего трёхфазного переменного магнитного поля с возможностью изменения следующих параметров: индукции, длительности воздействия и конфигурации. Необходимо также обеспечить соблюдение требований электробезопасности по стандартам медицинской техники.

Структурная схема установки приведена на рисунке 1, схема интерфейса блока управления – на рисунке 2. Основные технические характеристики установки приведены в таблице.

С целью улучшения массогабаритных и энергетических характеристик установки и расширения диапазона амплитудно-частотных характеристик магнитного поля в установке применен трёхфазный генератор, выполненный в виде трёх одинаковых зарядно-разрядных контуров. Каждый контур включает в себя накопительный конденсатор, разрядный ключ (оптоэлектронный тиристор) и соленоид индуктора. Заряд конденсатора контура осуществляется от блока питания через развязывающий диод. Разряд конденсаторов осуществляется импульсами от блока управления, с длительностью, достаточной для обеспечения разряда конденсаторов. В таком генераторе, благодаря применению накопительных конденсаторов, напряжение заряда может изменяться в широких пределах. Вследствие этого амплитудное значение напряжённости магнитного поля в индукторе также может изменяться в широких пределах.

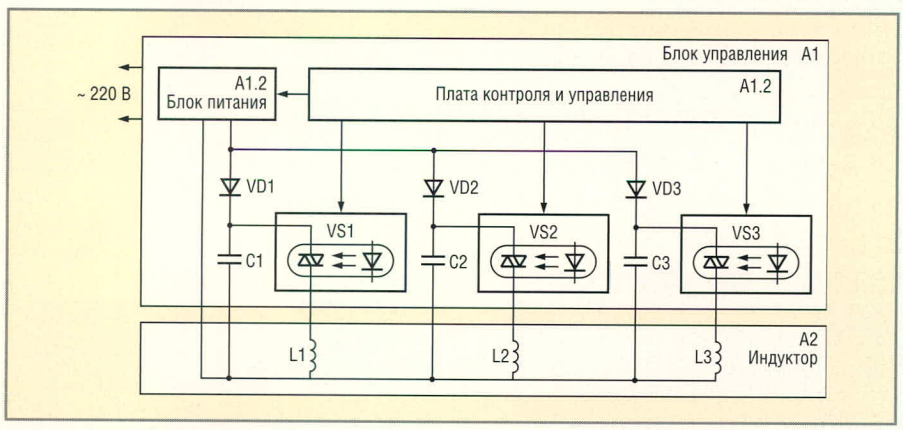


Рис. 1. Структурная схема установки

Конструктивно установка состоит из блока управления A1 (см. рис. 1) и индуктора (A2). Индуктор представляет собой комбинацию из трёх соленоидов (L1, L2 и L3) и крепёжных приспособлений, которые дают возможность компоновать соленоиды в цилиндр или призму и получать, соответственно, бегущее или вращающееся магнитные поля. Блок управления включает в себя плату контроля и управления A1.2 (далее ПКУ) и силовую часть: блок питания A1.1; конденсаторы C1 – C3; диоды VD1 – VD3; оптотиристоры VS1 – VS3.

В состав ПКУ входят следующие функциональные узлы: датчик перехода сетевого напряжения через ноль, источник питания, элементы интерфейса и микроконтроллер типа ATtiny2313, на базе которого и построена данная плата. Для функционирования ПКУ в данном микроконтроллере задействованы почти все аппаратные ресурсы.

Принцип действия установки заключается в следующем. ПКУ совместно с блоком питания A1.2 осуществляет регулируемый заряд трёх накопительных конденсаторов C1 – C3. Затем ПКУ выдаёт три задержанных относительно друг друга импульса, управляющих оптотиристорами VS1 – VS3. Через данные оптотиристоры осуществляется разряд накопительных конденсаторов на три соленоида L1 – L3 индуктора A2. Разряд в каждом контуре носит характер свободно затухающих синусоидальных токов в LC-контуре, фазы которых смещены на 120 градусов.

В интерфейс блока управления установки (см. рис. 2) входит клавиатура (кнопки S1 – S4), индикаторы HL1 – HL6 и блок индикации (дисплей) из двух 2-разрядных цифровых семисегментных индикаторов HG1 и HG2. Интерфейс блока управления достаточно компактен, хорошо читаем, удобен и имеет современный дизайн.

Кнопки клавиатуры имеют следующее назначение:

S1 (▲) – увеличивает значения магнитной индукции и длительности сеанса (в минутах); удержание кнопки в нажатом состоянии более трёх секунд в режиме установки длительности сеанса приводит к непрерывному увеличению времени на три единицы каждые 0,2 с;

S2 (▼) – уменьшает значения магнитной индукции и длительности сеанса (в минутах); удержание кнопки в нажатом состоянии более трёх секунд в режиме установки длительности сеанса приводит к непрерывному уменьшению времени на три единицы каждые 0,2 с;

S3 (P) – выбирает задаваемый параметр: индукцию или длительность сеанса. В режиме изменения индукции включен индикатор HL1, индикатор HL2 выключен; в режиме изменения длительности сеанса включен индикатор HL2, индикатор HL1 выключен;

S4 (C) – запускает или останавливает процедуры.

Разряды индикации интерфейса имеют следующее назначение (слева направо по рисунку 2):

- 1 разряд (индикатор HG1.1) отображает единицы значения индукции в мТл;
- 2 разряд (индикатор HG1.2) отображает десятые доли значения индукции в мТл;
- 3 разряд (индикатор HG2.1) отображает десятки минут;
- 4 разряд (индикатор HG2.2) отображает единицы минут.

После подачи питания на индикаторах интерфейса отображаются нулевые значения индукции и длительности сеанса; индикатор HL1 включен, HL2 выключен. Кнопками S1 и S2 (▲,▼) устанавливаются необходимые значения индукции и длительности сеанса. Для запуска необходимо нажать на кнопку S4 (C). Установка переходит в рабочий режим. Осуществляется заряд и разряд накопительных конденсаторов, идёт обратный отсчёт заданного времени, отображаемого на индикаторе HG2.

Схема заряда конденсаторов C1 – C3 включает в себя блок питания A1.1, диоды развязки VD1 – VD3 и оптотиристоры VS1 – VS3. Регулировка напряжения осуществляется путём изменения длительности заряда конденсаторов. От уровня напряжения зависит величина индукции магнитного поля в индукторе A2 при разряде накопительных конденсаторов через соленоиды L1 – L3 индуктора A2.

Ёмкость конденсаторов C1 – C3, диаметр колец, сопротивление и индуктивность соленоидов L1 – L3 рассчитаны таким образом, что при изменении напряжения на накопительных конденсаторах от 70 до 500 В индукция в центре соленоида меняется от 0,5 до 4 мТл. Световые полосы HL4 – HL6 служат для визуального контроля процессов заряда и разряда накопительных конденсаторов. Для уменьшения уровня помех каждый рабочий цикл начинается в момент перехода сетевого напряжения через нуль.

Алгоритм работы установки в рабочем цикле следующий. Как уже упоминалось, после подачи питания необходимо с клавиатуры интерфейса блока управления задать параметры работы – индукцию и время процедуры. Данные параметры постоянно отображаются на дисплее (индикаторы HG1, HG2). Установка переходит в рабочий цикл сразу после нажатия на кнопку «Старт/стоп» (S4), при этом включается световая полоса HL3. Микроконтроллер начинает опрашивать датчик сетевого напряжения, и в момент прохождения сетевого напряжения через ноль включается блок питания A1.1. Начинается рабочий цикл заряда накопительных конденсаторов C1 – C3, который может продолжаться от 50 до 400 мс, в зависимости от того, какое значение магнитной индукции задано оператором.

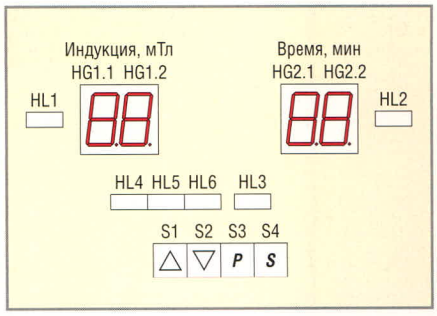


Рис. 2. Интерфейс блока управления

Через установленное время микроконтроллер выключает блок питания A1.1, останавливая заряд накопительных конденсаторов. Затем (через 900 мс) микроконтроллер включает оптотиристор VS1 первого разрядного контура. Начинается колебательный процесс разряда конденсатора C1 через соленоид L1 индуктора, который носит характер свободно затухающих синусоидальных токов. Спустя еще 3,3 мс микроконтроллер включает оптотиристор VS2; ещё через 3,3 мс – оптотиристор VS3, и конденсаторы C2 и C3 разряжаются через соленоиды L2 и L3 второго и третьего контуров индуктора A2.

Когда с момента включения оптотиристора VS3 проходит 100 мс, оптоти-

Основные технические характеристики магнитотерапевтической установки

Параметр	Значение
Сетевое напряжение питания, В	220 ± 20%, 50 Гц
Потребляемая мощность, ВА, не более	150
Максимальная индукция ($B_{макс}$), мТл – в центре соленоида – вблизи соленоида	 4 ± 0,7 26 ± 6
Диапазон регулировки индукции в центре соленоида	От 0,5$B_{макс}$ до $B_{макс}$
Дискретность задания индукции, мТл	0,5
Частота колебаний тока в соленоиде, Гц	100 ± 15
Частота повторений импульсов тока в соленоиде, Гц	1 ± 0,1
Максимальная длительность сеанса, мин	99
Дискретность задания длительности сеанса, мин	1
Диаметр соленоида, мм, не более	800
Количество соленоидов, шт.	3
Вид поля при компоновке соленоидов – цилиндр – призма	 Бегущее поле Вращающееся поле
Время непрерывной работы	Не ограничено
Габариты блока управления, мм	360 × 70 × 130
Масса блока управления, кг, не более	8
Масса индуктора, кг, не более	11
Условия эксплуатации – температура окружающей среды, °С – давление, мм рт. ст. – относительная влажность, %	 15…35 645…795 45…75

Рис. 3. Установка в кабинете физиотерапии

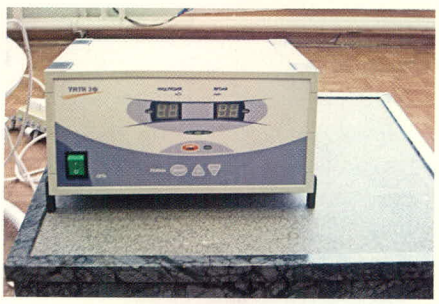


Рис. 4. Блок управления

ристоры VS1 – VS3 закрываются. За это время колебательные процессы в контурах заканчиваются, и рабочий цикл завершается. Следующий рабочий цикл начинается в момент ближайшего прохождения сетевого напряжения через ноль. Циклы заряда и разряда накопительных конденсаторов продолжаются, пока не заканчивается время сеанса (или время процедуры).

Во время рабочего цикла точка h индикатора HG2.2 мигает с частотой 1 Гц. По окончании заданного времени процедуры на 10 с включается звуковая сигнализация, а световая полоса HL3 мигает с частотой 1 Гц. По истечении 10 с световая полоса HL3 выключается, и точка h индикатора HG2.2 гаснет. Чтобы начать новую процедуру, необходимо задать значение индукции, длительность сеанса и нажать на кнопку S4 (C). Для остановки процедуры в любой момент времени необходимо нажать на данную кнопку (световая полоса HL3 погаснет).

Цифровая часть схемы установки размещена на плате управления и контроля A1.2 и гальванически развязана от питающей сети. Внешний вид установки представлен на рисунке 3; соленоиды индуктора скомпонованы в цилиндр. Внешний вид блока управления показан на рисунке 4.

Программное обеспечение микроконтроллера обеспечивает реализацию управляемого заряда накопительных конденсаторов C1 – C3, таймера с обратным отсчётом времени и вывод параметров на динамическую индикацию. Разработанная на Ассемблере программа занимает 820 байт памяти программ микроконтроллера.

Схема управления и контроля A1.2 выполнена на печатной плате размером 100 × 140 мм. Конструктивно блок управления реализован в виде функционально законченного модуля. Внутри блока к передней панели модуля крепится плата управления A1.2. На задней панели размещается высоковольтная силовая часть схемы, включая сетевой выключатель и высоковольтный соединитель, к которому подключается соединитель индуктора A2. Между передней и задней панелями расположен блок накопительных конденсаторов C1 – C3.

Каждый соленоид в индукторе выполнен в виде кольца диаметром 800 мм и содержит 100 витков провода ПЭВ-2 диаметром 1,06 мм (ГОСТ 7262-78). Кольцо обмотано лентой из синтепона и уложено в две оболочки (верхнюю и нижнюю) из полистирола УПС-0803Э (ГОСТ28250-90). Соединитель индуктора через ввод MGB-P-8G подключен к соленоидам кабелем ПВС2 диаметром 1,0 мм.

Блок управления не содержит никаких настроек и регулировок. Если монтаж выполнен правильно, он начинает работать сразу после подачи напряжения питания. Подключать индуктор к блоку управления можно только при отсоединённом сетевом шнуре. В установке имеется опасное для жизни напряжение до 1000 В, поэтому во время проверки работающего блока (при снятой верхней крышке) необходимо соблюдать меры электробезопасности. Значение магнитной индукции можно измерить миллитесламетром.

Литература

1. *Шишкин С.В.* Магнитотерапевтическая установка. Схемотехника. 2006. № 2. С. 36–38; № 3. С. 43–45.
2. *Масалов Ю.А., Свириденко С.А., Свириденко А. С.* Патент РФ №2088278.

Новости мира News of the World Новости мира

Разведывательный робот-паук для армии США

Команда инженеров Нью-Гемпширской компании BAE Systems заключила с исследовательской лабораторией армии США контракт на 38 млн. долл. и начала работу совместно с армейскими инженерами и специалистами из академических кругов, а также рядом промышленных предприятий. Конечным продуктом данного сотрудничества должна стать линейка автономных мини-роботов MAST (Micro Autonomous Systems and Technology) для использования в городских условиях, горах и пещерах.

Одним из них, возможно, станет автономный разведывательный робот-паук. Данный мини-разведчик будет оснащён различными датчиками для автономного передвижения и преодоления препятствий, а также обычной и тепловизионной видеокамерами.

Программа MAST делится на четыре основных исследовательских направления: BAE Systems отвечает за интеграцию, Мичиганский университет – за микроэлектронику, университет Мэриленда – за микромеханику, а Пенсильванский университет – за автономность.

«Роботизированные разведывательные платформы позволят получать информацию в смертельно опасных для человека условиях, – говорит доктор Джозеф Майт, менеджер исследовательской лаборатории армии США. – MAST будут способны влиять на развитие не только военной промышленности, но и на разработки в сферах аэромеханики, зондирования и навигации».

Сотрудничество по программе MAST рассчитано на 5 лет с учётом возможного продления ещё на такой же срок.

http://www.3dnews.ru

ЭЛЕКТРОНИКА
КОМПОНЕНТЫ • ОБОРУДОВАНИЕ • ТЕХНОЛОГИИ

ChipEXPO-2008

ОКТЯБРЬ 1-3

6-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
РОССИЯ · МОСКВА · ЭКСПОЦЕНТР

ВЕДУЩАЯ РОССИЙСКАЯ ВЫСТАВКА ПРИГЛАШАЕТ!

Реклама

СОВМЕСТНО С ВЫСТАВКОЙ DISPLAY

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

Министерство промышленности и энергетики Российской Федерации
Федеральное агентство по промышленности
Департамент науки и промышленной политики города Москвы
Московская торгово-промышленная палата
Российская Инженерная Академия

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА

Журнал CHIP NEWS Инженерная микроэлектроника
Компоненты и технологии
Электроника
Журнал Радио www.radio.ru
Издательский дом Электроника

www.chipexpo.ru

Система трассировки TopoR: быстрый старт

(часть 1)

Сергей Лузин, Олег Полубасов (Санкт-Петербург)

В статье описана российская программа топологической трассировки TopoR (Topological Router), предназначенная для проектирования печатных плат, предварительно подготовленных в форматах PCAD ASCII PCB, PADS ASCII PCB или DSN.

Реализованные в программе TopoR алгоритмы и инструментальные средства позволяют наиболее эффективно использовать монтажно-коммутационное пространство, что обеспечивает существенное преимущество автоматического трассировщика TopoR по сравнению с другими программными средствами аналогичного назначения.

Хотя программа TopoR давно и с успехом используется на предприятиях России, Украины, Болгарии, Австралии, США и Финляндии, у потенциальных пользователей всё ещё присутствует определённая степень недоверия. Связано это в первую очередь с необычностью продукта и с особенностями процесса проектирования в нём. Многих пользователей смущает вид топологии без преимущественных направлений проводников под 90° и 45°, а также наличие нарушений после автоматической трассировки.

Система TopoR всегда обеспечивает 100-% разводку цепей. Разводятся все

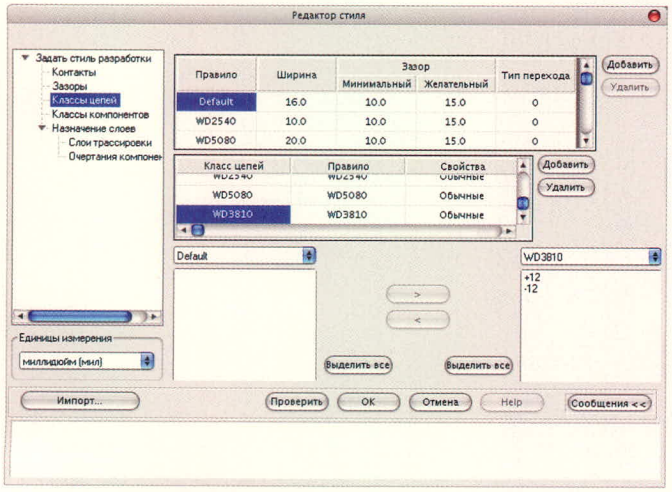


Рис. 1. Диалоговое окно «Определение стиля разработки»

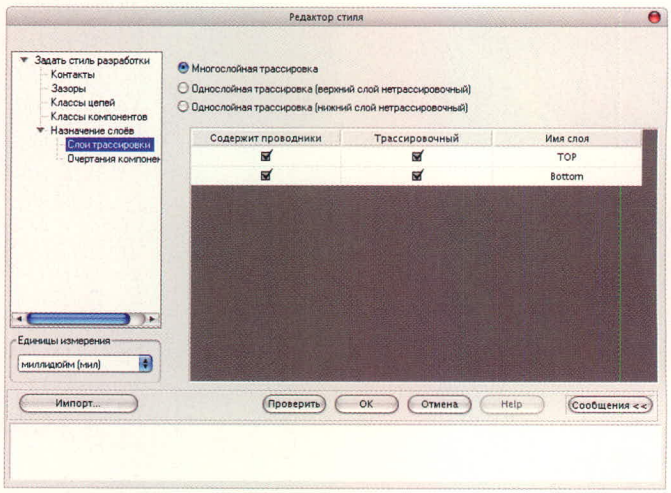


Рис. 2. Диалоговое окно «Слои трассировки»

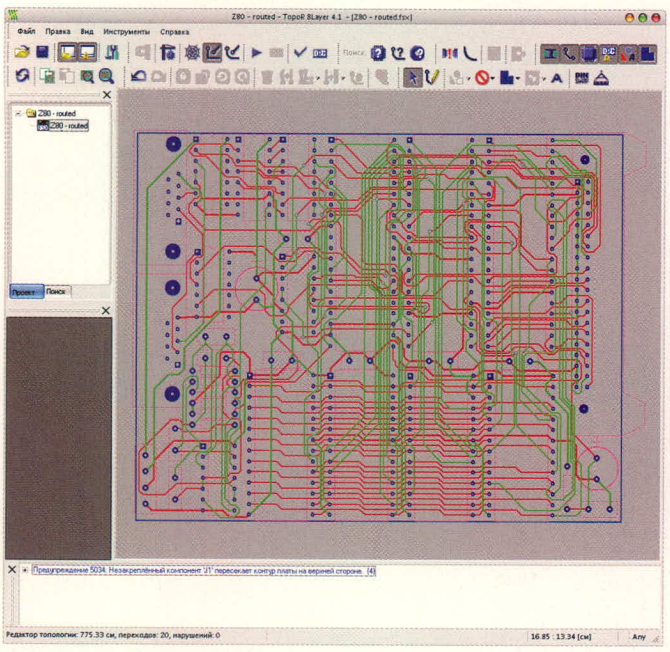


Рис. 3. Плата, разведённая традиционным трассировщиком

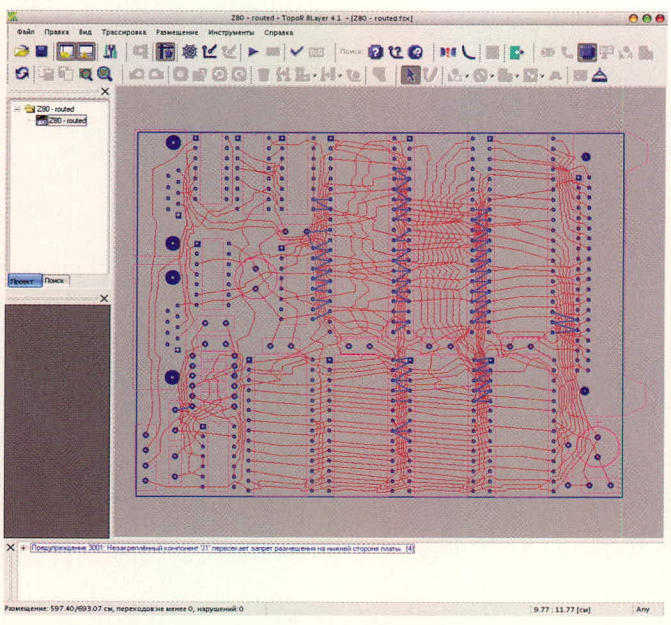


Рис. 4. Перед началом трассировки все ранее проложенные проводники автоматически удаляются. Строгий контроль трассировки отключен

связи, даже если для этого приходится нарушить некоторые конструктивно-технологические ограничения. Устранение этих нарушений в интерактивном режиме обычно не вызывает трудностей, однако сама необходимость коррекции после применения автотрассировщика вступает в противоречие с практикой использования других систем.

Но если у пользователя хватает терпения разобраться в особенностях проектирования в TopoR (потребуется один-два дня), он вознаграждается существенным повышением эффективности разработки.

Данная статья открывает серию публикаций о проектировании печатных плат в программе TopoR. На простом примере описаны основные этапы проектирования. В последующих статьях будут подробно рассмотрены некоторые особенности и приёмы работы в этой САПР.

Импорт PCB-файла и создание файла проекта

1. Запустите программу TopoR.
2. Выберите пункт меню Файл → Импорт PCB-файлов и найдите файл в соответствующем каталоге. В данном случае это будет файл *Z80-routed.pcb*.
3. В диалоговом окне импорта файла программа спросит, под каким именем сохранить файл во внутреннем формате системы и файл проекта. По умолчанию предлагается имя pcb-файла с соответствующим расширением: *Z80-routed.fsx* и *Z80-routed.fsr*.
4. После ввода названий файлов нажмите кнопку OK.
5. В диалоговом окне «Определение стиля разработки» (рис. 1) следует установить правила, по которым будет выполнена трассировка.

В диалоговом окне Routing Layers (слои трассировки) следует установить слои Top и Bottom в качестве используемых для трассировки. Когда проверка и корректировка параметров трассировки будет закончена, нажмите кнопку OK (рис. 2).

Нажмите кнопку , на экране появится изображение платы, разведённой в программе Protel DXP (рис. 3).

В нижнем углу окна имеется строка состояния (status bar), в которой приводится суммарная длина проводников (730,52 см), число межслойных переходов (19) и число ошибок (0).

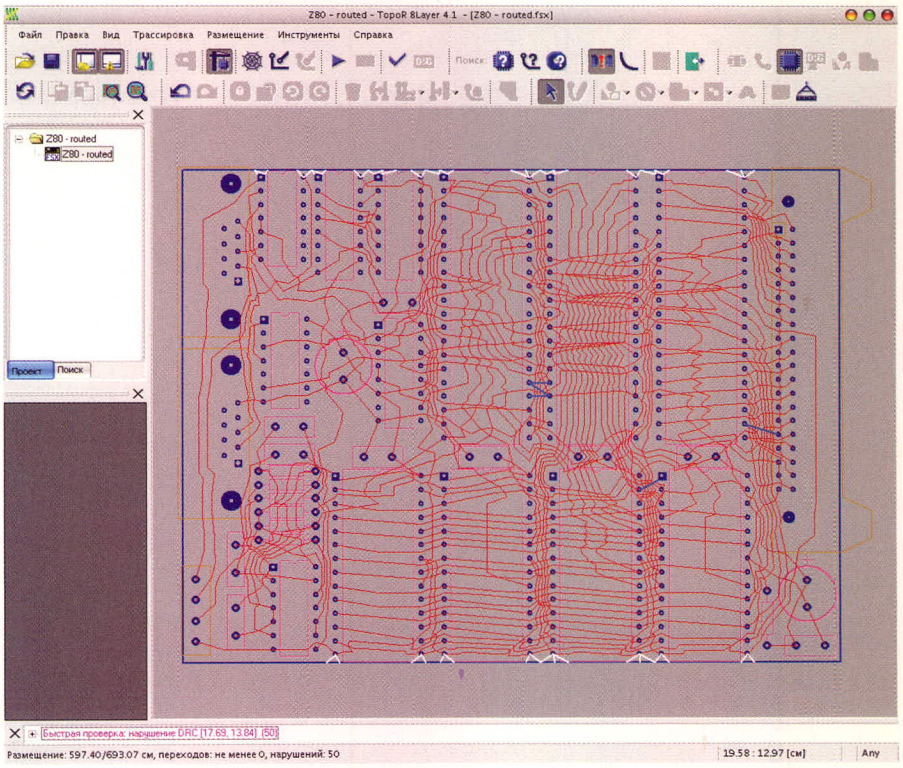


Рис. 5. Включен строгий контроль трассировки

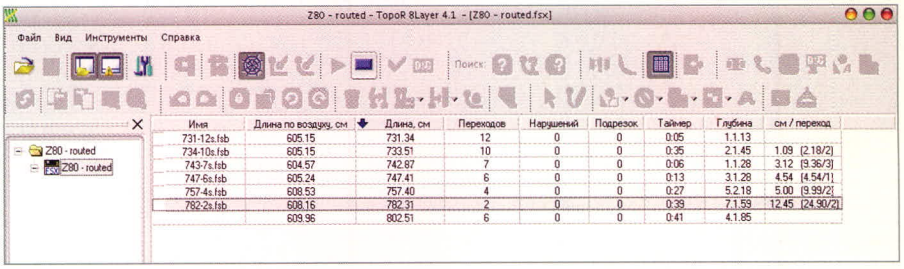


Рис. 6. Выбор лучшего варианта топологии

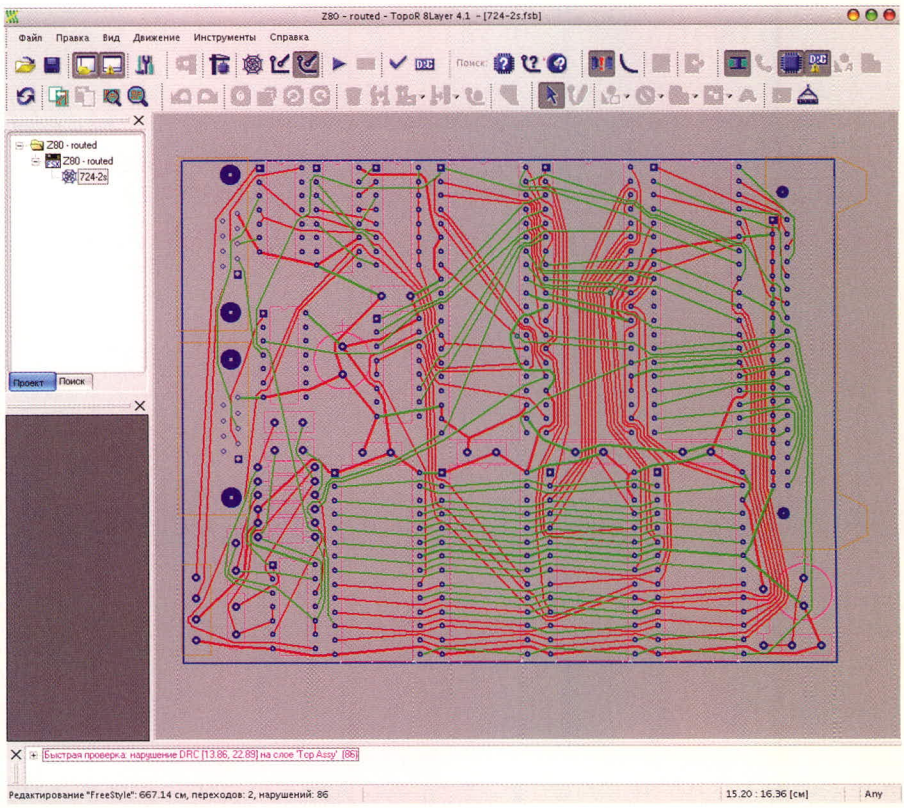


Рис. 7. Внешний вид выбранного варианта трассировки

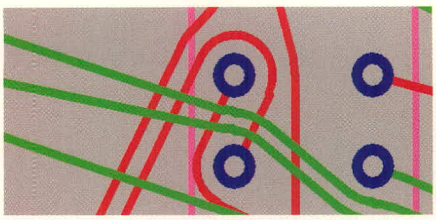


Рис. 8. «Клинч» проводников

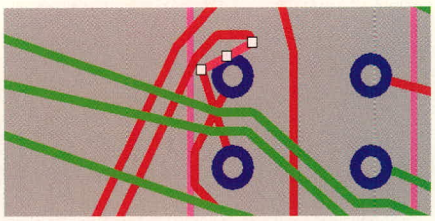


Рис. 9. Перемещение проводника в режиме ручного редактирования

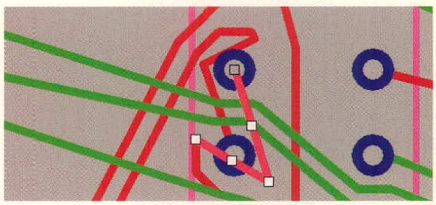


Рис. 10. «Клинч» ликвидирован в режиме ручного редактирования

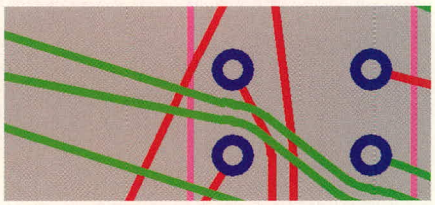


Рис. 11. Вид проводников после сглаживания

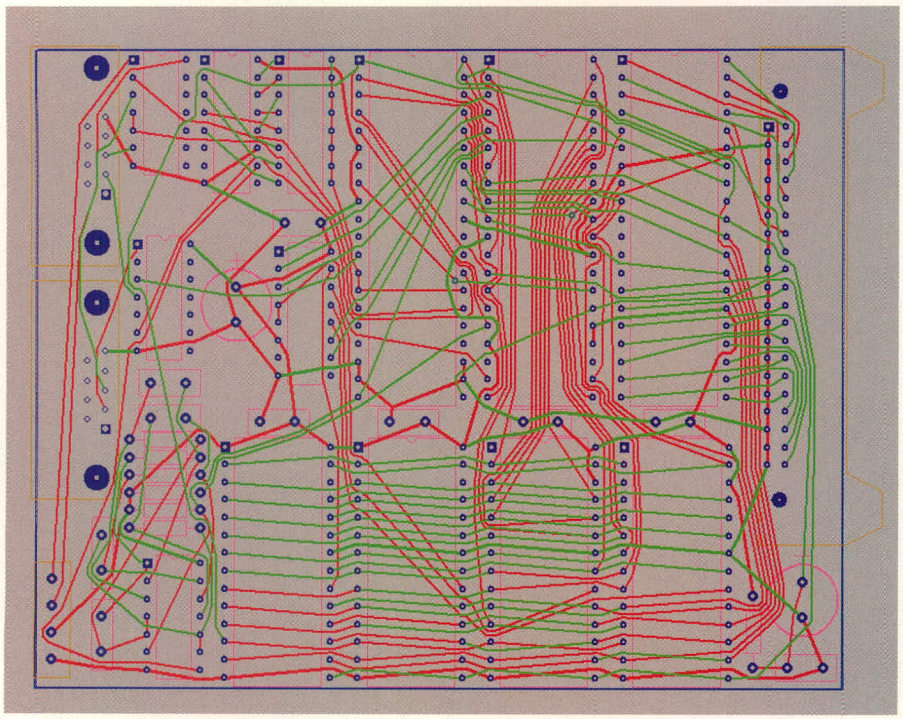


Рис. 12. Окончательный вариант трассировки

Трассировка платы

6. Нажмите кнопку (или F5). Программа мгновенно уберёт все проведённые ранее связи и прорисует новые в виде совмещённой топологии.

В этом режиме можно перемещать компоненты, вращать их (Space), переносить на другую сторону (S), а также фиксировать с помощью кнопки (или F) компоненты, перемещение которых нежелательно. Колесом мыши можно увеличивать или уменьшать масштаб изображения; при нажатой правой кнопке мыши (или колесе) можно перемещать изображение.

В окне сообщений отображаются предупреждения о незакреплённых элементах, пересекающих края платы, и подсвечиваются нарушения зазоров. Перечисленные элементы необходимо зафиксировать либо переместить для ликвидации нарушений. При этом сообщение об ошибке и подсветка нарушений пропадают.

Предусмотрено два режима трассировки соединений: «Строгий контроль» (Strict check) (кнопка нажата) и «Нестрогий контроль» (Weak check) (кнопка отпущена). При трассировке в режиме «Строгий контроль» происходит полное соблюдение всех введённых ранее ограничений. В случае трассировки в режиме «Нестрогий контроль» допустимы нарушения ограничений с учётом того, что в дальнейшем будет использоваться автоматическое или интерактивное перемещение компонентов без нарушения целостности разводки и эти нарушения могут быть ликвидированы (рис. 4).

В данном примере компоненты расположены достаточно плотно, поэтому следует выбрать вариант «Строгий контроль» (рис. 5).

7. Нажмите кнопку (или F6). Программа почти мгновенно получит некоторый вариант топологии, который затем будет пытаться улучшить, сохраняя конкурирующие по различным параметрам варианты (рис. 6).

На небольших платах достаточно нескольких минут для получения приемлемого варианта. Для остановки нажмите F9.

Рассмотрим один из вариантов (рис. 7).

В нижнем углу имеется строка состояния, в которой приводится суммарная длина проводников (667,14 см), число межслойных переходов (2) и число ошибок (86), обусловленных нарушением зазоров между компонентами. В поле над строкой приводится диагностика ошибок с указанием координат и слоя. При щелчке мышью на строке с ошибкой место ошибки отображается перемещением окна, изменением масштаба и мигающей подсветкой.

Редактирование

8. На рисунке 8 пара проводников образует тупиковую ситуацию («клинч»), которая не может быть устранена одиночной перекладкой любого из двух проводников.

Нажмите кнопку , чтобы программа перешла в режим ручного редактирования. На рисунках 9 и 10 показаны действия, позволяющие устранить «клинч» вручную.

После сглаживания (кнопка) фрагмент разводки платы принимает вид, показанный на рис. 11.

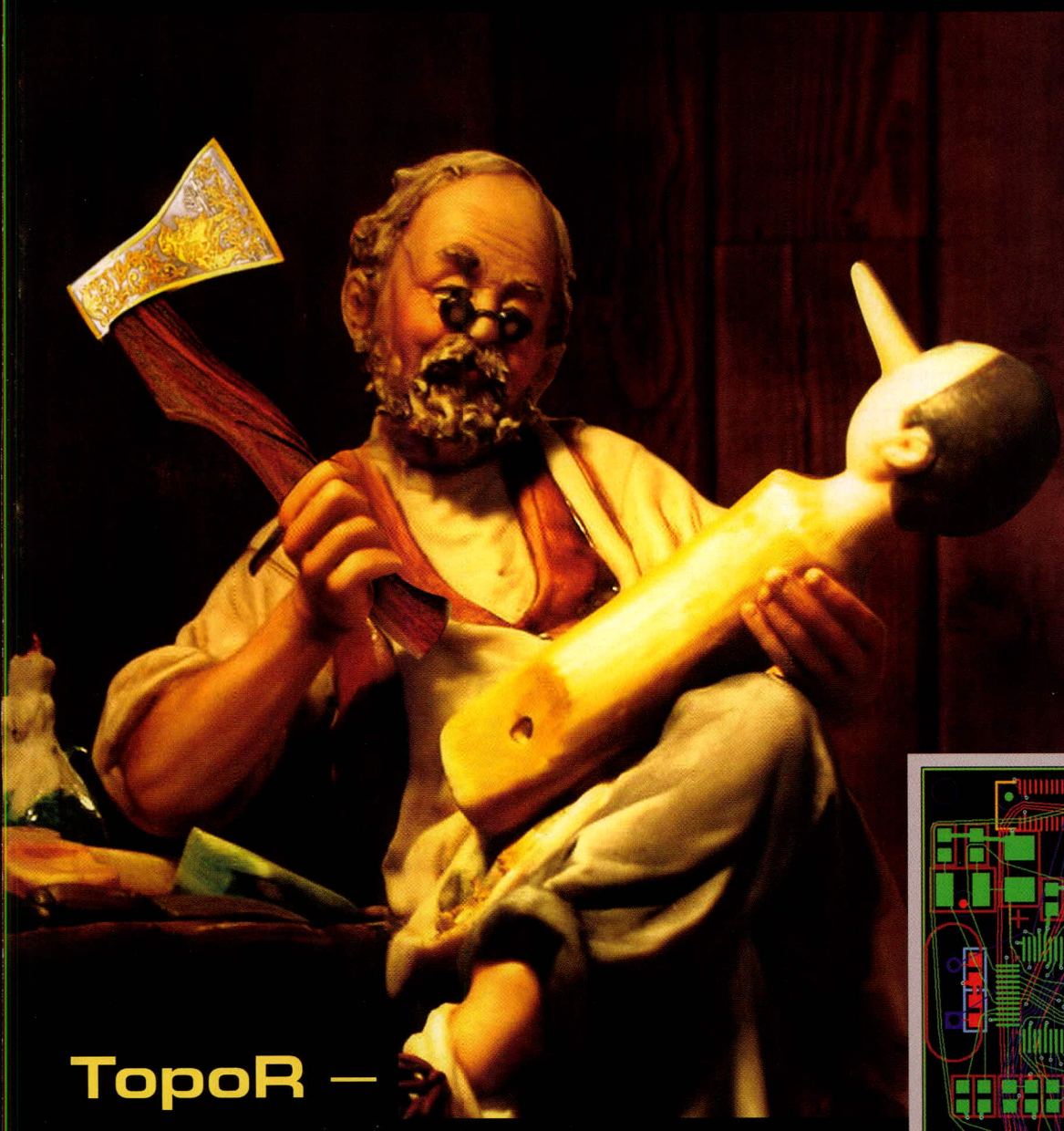
На плате имеются ещё несколько «клинчей», которые желательно устранить. Окончательный вид топологии представлен на рисунке 12.

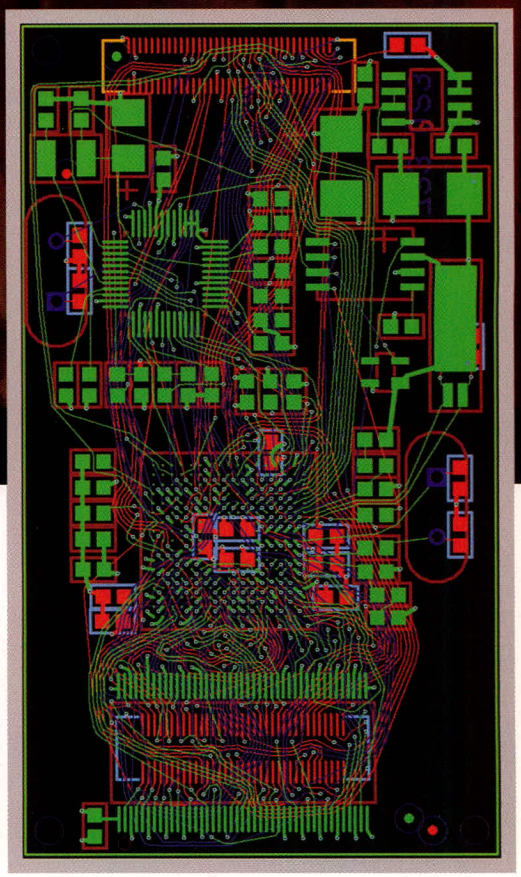
В нижнем углу имеется строка состояния, в которой приведены суммарная длина проводников (651,17 см), число межслойных переходов (3) и количество ошибок (0). В исходном варианте, полученном с помощью программы трассировки Protel DXP, суммарная длина проводников составляла 775 см, а число межслойных переходов – 20.

Продолжение следует

TopoR

Инструмент для создания шедевра!





TopoR —
трассировщик печатных плат

- Высокопроизводительный, не имеющий аналогов топологический трассировщик
- Великолепное качество трассировки

  Сокращение сроков разработки электронных устройств
- Отсутствие преимущественных направлений трассировки в слоях, что существенно снижает уровень параллельности трасс и уменьшает уровень перекрестных электромагнитных помех

Реклама

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР TopoR НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ, СТРАН СНГ И БАЛТИИ

ProSoft®

г. Санкт-Петербург: Телефон: +7(812) 448-0444 • Факс: +7(812) 448-0339
E-mail: topor@freestyleteam.ru • Web: www.freestyleteam.com

Знакомство с программой Altium Designer 6

(часть 1)

Алексей Сабунин (Москва)

Среди российских разработчиков печатных плат наиболее популярной является линейка программ P-CAD, о приостановке разработки которой было объявлено в 2007 г. Взамен P-CAD фирма Altium предлагает полный пакет сквозного проектирования Altium Designer 6, более известный под названием Protel.

Данной статьёй мы начинаем публикацию цикла уроков по работе с системой автоматизированного проектирования Altium Designer 6. В нескольких статьях будет рассказано об основных концепциях работы в данной программе, о создании библиотек, схем и плат, об аналого-цифровом моделировании и анализе целостности сигналов, а также о подготовке файлов для производства плат и о реализации проектов на базе ПЛИС.

В первой статье будет представлено общее описание интерфейса пользователя и базовых команд управления изображением и навигацией в оболочке DXP, а также основные настройки среды проектирования. Прежде чем приступить к работе с системой Altium Designer, необходимо установить её на компьютер пользователя. Приобретая программное обеспечение у официального представителя фирмы, пользователь получает два диска, содержащие дистрибутив для установки программы. Убедитесь, что возможностей компьютера достаточно для правильной работы всех приложений Altium Designer.

Рекомендуется следующая конфигурация компьютера:

- операционная система Microsoft Windows 98, 2000, XP, Vista (поддерживается с версии Altium Designer 6.7);
- процессор 1,6 ГГц;
- ОЗУ 1 Гб;
- монитор 17" с разрешением 1280 × × 1024 и выше;
- 2,2 Гб свободного места на жёстком диске (для полной установки);
- видеоплата с поддержкой DirectX 9.0c.

Как и программа P-CAD, Altium Designer имеет несколько типов лицензий со своими ограничениями по функциональным возможностям. В отличие от P-CAD, все типы лицензий не имеют количественных ограничений по слоям или количеству компонентов. По функциональным возможностям лицензии делятся на четыре вида:

- Foundation – проектирование схем и моделирование;
- Embedded Intelligence Implementation – проектирование ПЛИС;
- Board Implementation – проектирование печатных плат;
- Complete Electronic Product Development – полная лицензия (включает в себя все вышеперечисленные возможности).

Интерфейс пользователя

Программа Altium Designer предоставляет большие возможности для разработки электронных устройств, охватывая все этапы проектирования, которые встроены в интегрированную платформу *Design Explorer* (*DXP*). Функциональные возможности последней зависят от приобретённых лицензий.

Интегрированная платформа *DXP* запускается одновременно с любыми из редакторов и программных процедур Altium Designer, т.е. по сути представляет собой интерфейс пользователя со всеми программными инструментами и редакторами.

Для знакомства с интерфейсом программы воспользуемся готовым проектом, который находится в папке примеров Altium Designer. Предполагая, что программа Altium Designer уже запущена, выполним *File* → *Open*, после чего в строке типа файла (*Files of type*) выбираем *Project file* и открываем проект из директории C:\Program Files\Altium Designer 6\Examples\ReferenceDesigns\4 Port Serial Interface (см. рис. 1). Файл проекта имеет расширение .PrjPcb; кроме него, других файлов в папке нет. Выбираем этот файл и нажимаем кнопку Open. Вид рабочей области не изменится, а слева на панели Project появится отображение структуры проекта. Дважды щёлкнув на ярлыке с названием *ISA Bus and Address Decoding.SchDoc*, откроем лист схемы, после чего отображение на дисплее принимает вид, показанный на рисунке 2.

Окно редактора состоит из набора меню и панелей инструментов, рабочей области и отдельных панелей, посредством которых производится большая часть работы над документами проекта в среде Altium Designer. Особое внимание стоит уделить меню DXP, через которое осуществляется доступ к наиболее важным диалоговым окнам, таким как настройки, обновления и т.д. Данное меню содержит следующие команды:

- *Customize* – перечень возможных команд и панелей инструментов;
- *Preferences* – доступ к настройкам отдельных редакторов;
- *System Info* – перечень приложений, доступных (в соответствии с лицензией) для запуска на базе данной платформы DXP;
- *Run Process* – запуск процесса;
- *Check for Update* – проверка наличия обновлений;
- *Licensing* – управление лицензиями;
- *Run Script* – запуск скрипта.

В отличие от всех остальных меню, состав команд меню *DXP* не изменяется при запуске различных редакторов на базе платформы *Design Explorer*, т.е. данное меню относится ко всей платформе, а остальные меню принадлежат активному редактору.

Управление панелями

Панели рабочей области являются основным элементом среды Altium Designer. Они могут быть настроены в определённом редакторе документа или могут использоваться на глобальном уровне.

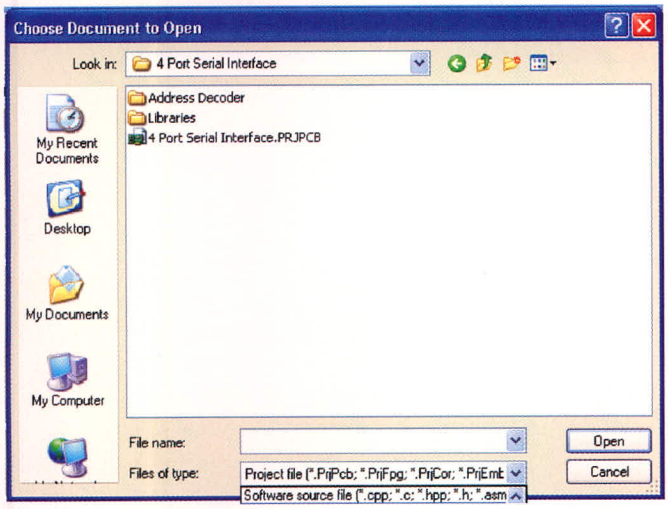


Рис. 1. Выбор типа файла

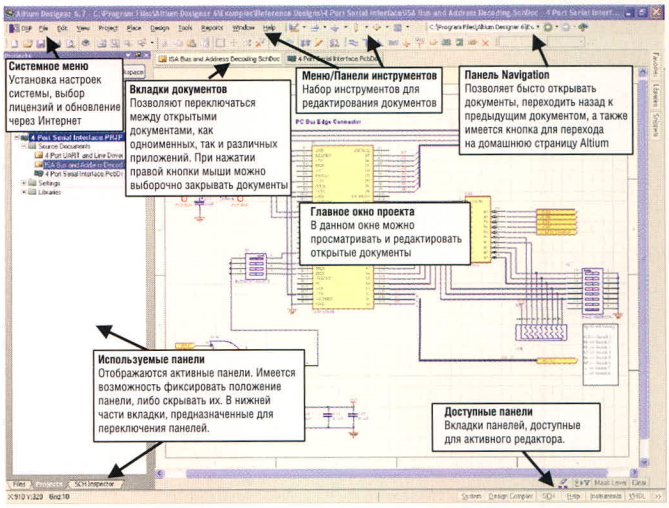


Рис. 2. Интерфейс Atium Designer 6

При первом запуске программного обеспечения ряд панелей будет открыт сразу. Некоторые из панелей, такие как *Files* или *Projects*, будут появляться группами слева от главного окна проекта. Другие, такие как панель *Libraries*, представляются в выпадающем режиме и появляются в виде кнопок на правой границе главного окна проекта.

В нижней правой части прикладного окна имеется ряд кнопок, которые обеспечивают быстрый доступ к панелям рабочей области, в зависимости от используемого редактора документа. Каждая кнопка помечена названием категории панелей, к которой возможен доступ. При нажатии такой кнопки появляется выпадающий список панелей указанной категории (см. рис. 3).

Все текущие панели рабочей области могут быть также доступны из подменю *View → Workspace Panels*.

Для знакомства с операциями управления расположением панелей откроем дополнительно панель *Snippets*. Для этого следует выбрать категорию *System* и найти её в списке панелей (см. рис. 3). По умолчанию данная панель открывается в центре рабочей области как самостоятельная одиночная панель.

В зависимости от активного редактора текущего документа, ряд панелей может быть доступен или открыт в любой момент времени. Для облегчения компоновки и использования множества панелей в рабочей области существуют различные режимы представления панелей и управления их свойствами.

В программе Altium Designer поддерживаются три режима представления панелей:

Docked Mode – в этом режиме панель можно расположить горизонтально или вертикально в пределах главного окна. Нажатие правой кнопки мыши (ПКМ) на заголовке панели и выбор *Allow Dock* из выпадающего меню позволяют выбрать ориентацию. При вертикальном размещении панель будет помещена справа или слева в главном окне проекта. При горизонтальном размещении панель будет помещена выше главного окна проекта (но ниже панелей инструментов) или ниже главного окна проекта (но выше строки состояния).

На примере открытой ранее панели *Snippets* посмотрим, как размещать панель в режиме *Docked Mode*. Для этого необходимо нажать ПКМ на заголовке панели, выбрать пункт *Allow Dock* и указать доступный тип ориентации панели (*Horizontal*), как показано на рисунке 4. После этого можно разместить панель на нужном месте, для чего следует захватить её за заголовок левой кнопкой мыши (ЛКМ) и начать перемещать. При перемещении в центре панели появляются метки расположения панели (см. рис. 5). Необходимо, не отпуская ЛКМ, переместить панель за заголовок на нижнюю метку, после чего она разместится в нижней части рабочего окна, как показано на рисунке 6.

Pop-out Mode – в этом режиме панель будет появляться в виде кнопки на границе рабочего окна. Если выполнить нажатие ЛКМ на кнопке панели, это приведёт к переносу панели за границу окна. Повторное нажатие ЛКМ на кнопке панели вызовет её перемещение обратно. Кроме того, можно просто навести указатель мыши на кнопку панели, и через 2 с эта панель появится в рабочем окне. Убрать всплывающую панель можно, выполнив щелчок ЛКМ в любом месте документа. Символ вывода будет изменяться для указания режима:

- панель в обычном режиме размещения;
- панель в выпадающем режиме.

Floating Mode – в этом режиме панель можно поместить где угодно, – внутри или вне среды Altium Designer. Это – стандартный режим для открытия панелей, если они не были предварительно установлены в режиме размещения или в выпадающем режиме.

Плавающая панель, помещённая поверх зоны редактирования в главном окне проекта, будет представлена в полупрозрачном режиме, что позволяет производить интерактивные операции в главном окне в соответствии с параметрами, заданными

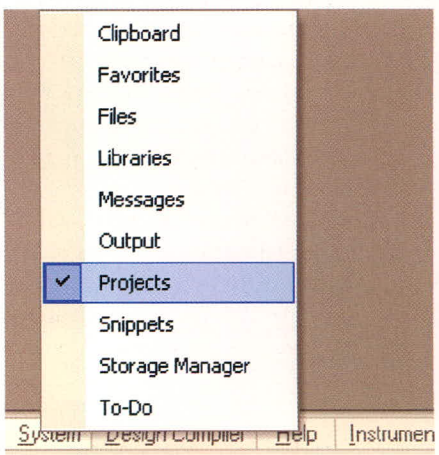


Рис. 3. Доступ к панелям рабочей области

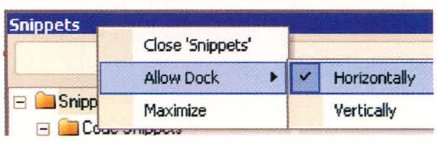


Рис. 4. Включение режима *Docked Mode*

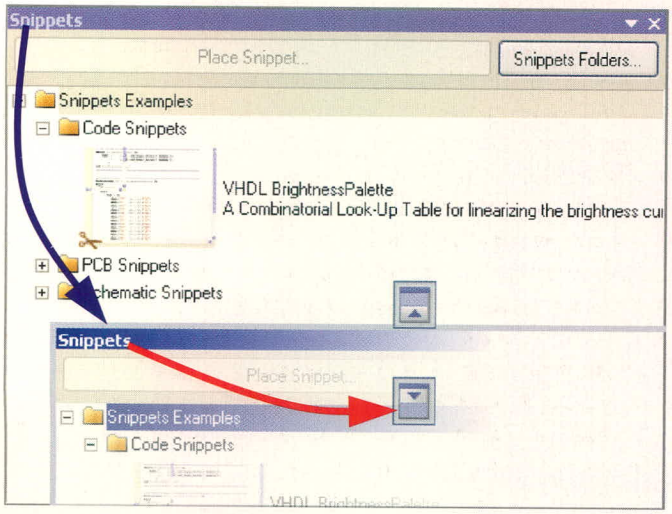


Рис. 5. Метки размещения панели

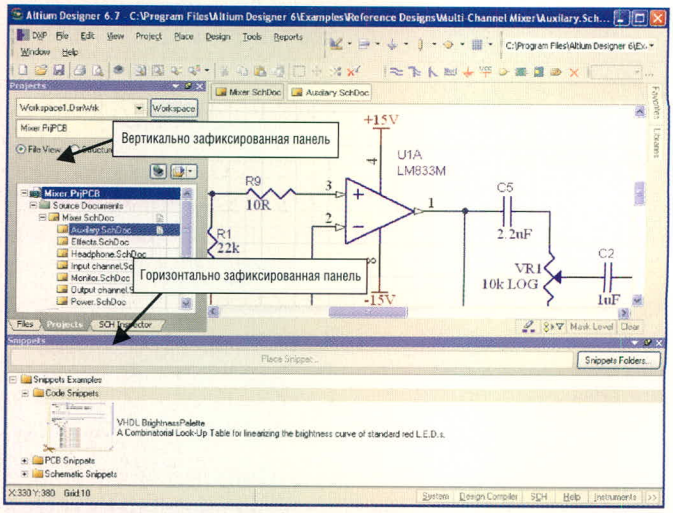


Рис. 6. Горизонтально и вертикально расположенные панели

на странице *System – Transparence* диалога *DXP → Preferences*.

Кроме описанных методов размещения, панели могут быть сгруппированы посредством перетаскивания и фиксации одной панели поверх другой. Результат отображения группы зависит от того, где была зафиксирована добавленная панель. Поддерживаются два режима группировки панелей:

Стандартная группировка в виде вкладок – этот режим отображает набор панелей как группу вкладок, при этом видима только одна (активная) панель в группе. Для группирования панелей в этом варианте используйте следующие действия.

Перетащите нужную панель для добавления в центр выбранной панели (или существующей группы) и зафиксируйте её. Оранжевая стрелка позиционирования появится в правой части вкладки выбранной панели, указывая, в какое место группы новая панель будет добавлена в качестве другой вкладки. Голубой цвет также указывает, куда будет добавлена панель относительно выбранной панели.

Разместим панель *SCH Inspector*, которую необходимо сначала открыть, в группу к панелям *Files* и *Projects*. Чтобы открыть панель *SCH Inspector*, откроем категорию панелей *SCH* в правой нижней части окна и выберем из списка панель *SCH Inspector*, которая появится в центре рабочего поля. Затем добавим эту панель в группу панелей, указанную выше. Для этого захватим ЛКМ за заголовок панели *SCH Inspector* и переместим её в центр группы панелей, после чего появятся метки группировки панелей (см. рис. 7). В данный момент нас интересует оранжевая стрелка в нижней части панели, которая показывает расположение новой панели в группе. Расположив курсор в центре группы панелей, отпускаем ЛКМ, после чего панель *SCH Inspector* добавляется в группу и в нижней части группы появляется соответствующая закладка (см. рис. 7)

Порядок размещения панелей в группе вкладок может быть изменён в любой время нажатием на вкладке панели и при необходимости перемещением её правее или левее. Появится стрелка позиционирования, маркирующая позицию в групповой последовательности, в которой будут расположены панели при отпускании кнопки мыши.

Фрактальное группирование – этот метод отображает набор панелей как фрактальное группирование, когда несколько панелей в группе видны одновременно. Фрактальное группирование может содержать индивидуальные панели и/или стандартную группу вкладок (см. рис 8). В этом варианте группа панелей создаётся простым перетаскиванием добавляемой панели в верхнюю, левую, правую или нижнюю часть целевой панели (или существующей группы) с последующей фиксацией. Выбранное направление определяет место новой панели относительно основной (позиция новой панели будет показана метками вверх, вниз, вправо, влево – как на рисунке 7).

При перемещении панели поверх основной затемнение будет очевидно (см. рис. 9), – используйте его для помещения панели в требуемое место. Убедитесь, что оранжевая стрелка позиционирования не отображается при добавлении панели, иначе она будет добавлена как дополнительная вкладка панели (стандартным способом).

Панель можно закрыть щелчком ПКМ в строке заголовка (или на вкладке, если она доступна) и выбором *Close* из последовательности выпадающих меню. Используйте «крестик» в правой части заголовка панели для закрытия одиночной панели. Однако если панель является частью группы (фрактальной или стандартной из вкладок), используйте «крестик» для закрытия всей группы панелей.

В плавающем режиме панель может быть максимизирована щелчком ПКМ на строке заголовка (или на доступной вкладке) и выбором команды *Maximize* из последовательности выпадающего меню. Для возврата максимизированной панели к её прежнему размеру выполните нажатие ПКМ на строке заголовка или на вкладке и укажите команду *Restore* из выпадающего

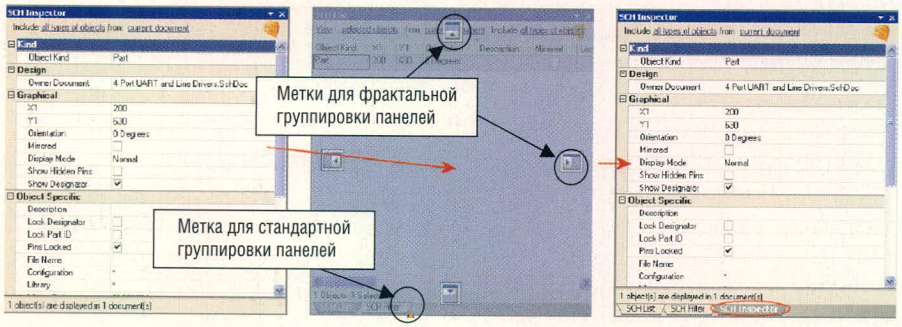


Рис. 7. Группирование панелей в виде вкладок

меню. Кроме того, можно дважды щёлкнуть на строке заголовка для переключения между состояниями максимизации и восстановления.

Типы проектов в Altium Designer

Начальной точкой каждого конструктивного решения в Altium Designer является проект. Проект представляет собой набор документов, данные которых могут трактоваться однозначно. Например, схема и плата в проектных данных представляют собой набор файлов для изготовления единственной печатной платы, в то время как схема и текст HDL в проектных данных для ПЛИС представляют собой набор файлов, необходимых для программирования единственной ПЛИС.

Комплект документов, которые создают проект, формируются совместно с файлом проекта. Файл проекта содержит все установки, включая связи с каждым документом в проекте и все проектно-зависимые параметры. Каждый документ в проекте записывается как отдельный файл, который связан с проектом через относительные ссылки к файлам на одном и том же логическом устройстве или абсолютные ссылки на файлы на различных логических устройствах. Выходные данные, генерируемые из проекта, также ссылаются на проектный файл.

Точный набор сохранённых параметров будет зависеть от типа проекта. Он будет содержать эти параметры, сконфигурированные в диалоге *Option for Projects*, такие как:

- установки контроля ошибок компилятора;
- установки синхронизации проекта;
- местонахождение выходных файлов;
- установки влияния многоканальности;
- установки выходных данных, такие как отчёты, распечатки, *Gerber* и т.д.

Отметим, что они являются установками для вывода, доступными через меню схемного редактора или редактора плат, но не установками для вывода, заданными в документе *OutJob*.

Altium Designer поддерживает различные типы проектов. Ниже кратко рассмотрены основные типы проектов.

Проект платы (**.PrjPcb*) – набор документов, необходимых для изготовления печатной платы. В редакторе схем вводится электронная схема, создаваемая из библиотечных символов, которые размещаются на листе и соединяются проводниками. Проект передаётся в редактор плат, где каждый компонент представляется как посадочное место (корпус) и проводники на схеме преобразуются в соединительные линии от вывода к выводу. Определяется окончательный вид платы совместно с физическими слоями платы. Описываются правила проектирования для изготовления фотошаблона (ширина проводников и зазоры). Компоненты размещаются в пределах контура платы и соединяются линиями связей, которые затем заменяются трассами, вручную или автоматически. Когда проект закончен, генерируются выходные файлы в стандартных форматах, которые можно использовать для изготовления платы, установки компонентов на сборочной машине и т.д.

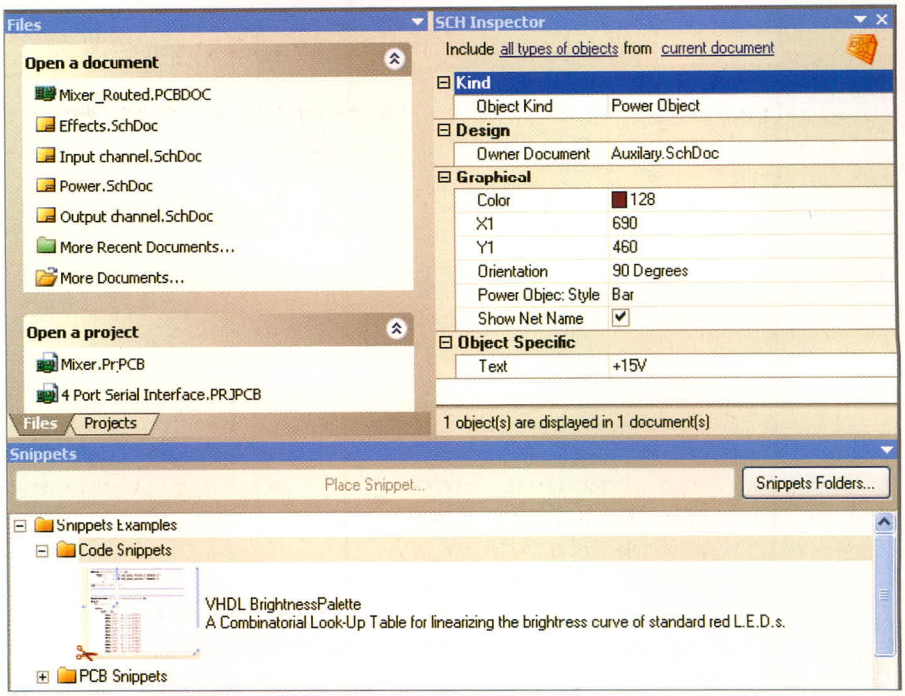


Рис. 8. Фрактальная группировка панелей

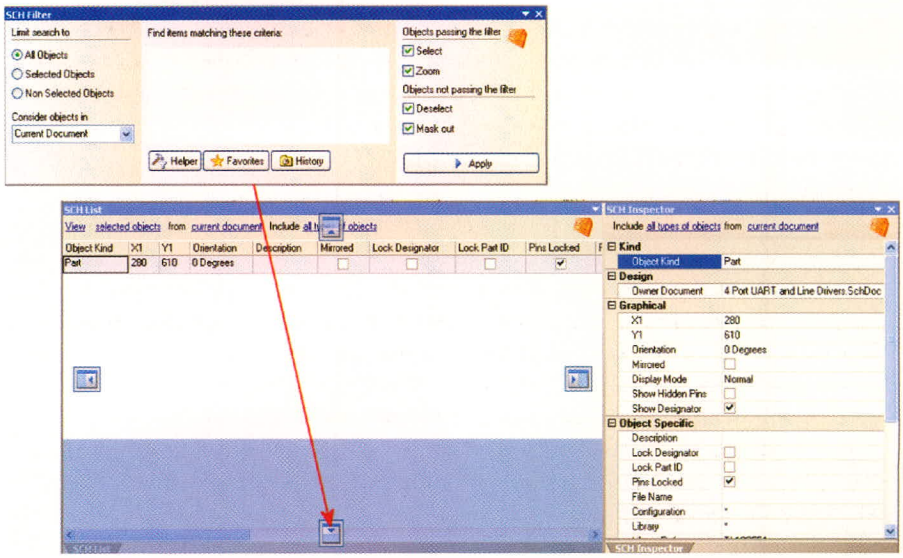


Рис. 9. Процесс фрактальной группировки панелей

Проект ПЛИС (**.PrjFpg*) – набор документов, которые могут быть обработаны для программирования ПЛИС. Проект создаётся с помощью редактора схем и (или) программированием на языке HDL (VHDL или Verilog). Добавляются файлы ограничений для описания требований проекта, таких как программируемое устройство, внутреннее распределение выводов для цепей и устройств, быстродействие цепи, частоты сигналов на выводах и т.п. Синтез проекта транслирует исходные данные в набор вентилей низкого уровня, в стандартный формат файла, известный как EDIF.

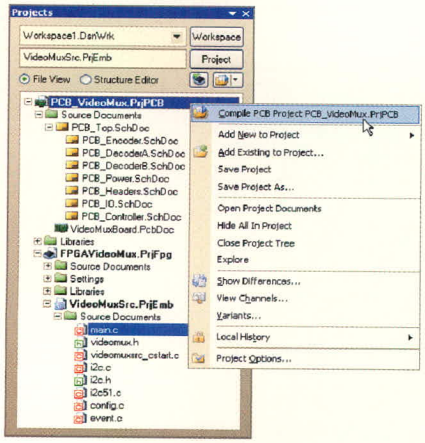


Рис. 10. Нажатие ПКМ на имени проекта в панели Projects позволяет выполнять операции над этим документом

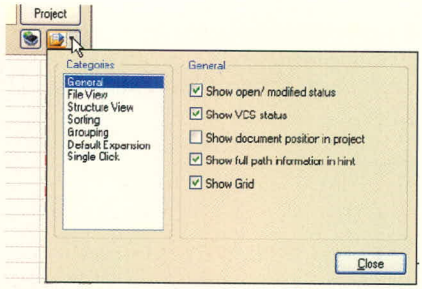


Рис. 11. Управление представлением панели Projects

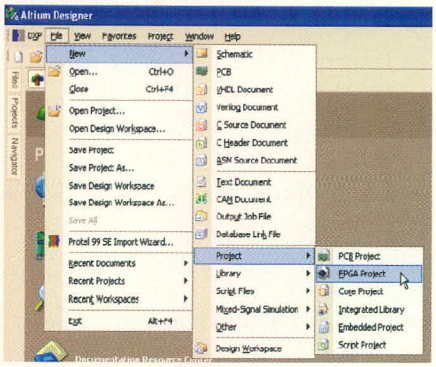


Рис. 12. Выбор типа проекта в выпадающем меню *File* → *New* → *Projects* при создании нового проекта

Инструментарий производителя устройства затем обрабатывает данные EDIF и пытается разместить и трассировать проект таким образом, чтобы встроить данные в предназначенное устройство и сгенерировать программный файл. Затем проект может быть реализован в устройстве, установленном в плате отладки Nano Board.

Встроенный проект (**.PrjEmb*) – набор документов, необходимых для производства прикладного программного обеспечения, которое может быть использовано в части управляющего процессора в электронном устройстве. Исходный проект формируется на языке Си и (или) ассемблере. После завершения кодирования все части исходных файлов компилируются в формат языка ассемблера и далее в объектный код. Объектные файлы затем связываются вместе (компонуются) и размещаются в пространстве оперативной памяти, формируя единый, целевой выходной файл.

Интегрированная библиотека (**.LibPkg*) & (**.IntLib*) – условные графические отображения и посадочные места компонентов формируются в редакторе библиотек для создания интегрированной библиотеки. Символы компонентов для схемы вычерчиваются средствами библиотечного редактора символов, и для них определяется модельное представление. К символу могут быть добавлены четыре типа моделей, например, описание посадочного места компонента на плате, данные для схемного моделирования, моделирования целостности сигналов и трёхмерные модели. Файлы, содержащие модели, добавляются в *Integrated Library Package* (**.LibPkg*) или определяются пути поиска для идентификации их расположения. Исходные схемные библиотечные символы и требуемые модели затем компилируются в единый файл, называемый интегрированной библиотекой.

Панель Project

Эта панель, возможно, наиболее часто используется в Altium Designer. Панель Projects представляет обзор структуры и документов проекта. При открытии проекта его документы отображаются, как показано на рисунке 10.

Позволяя открывать несколько документов для редактирования, эта среда также поддерживает открытие многих проектов и документов одновременно (связанных или не связанных). На рисунке 10 представлены три связанных проекта – проект платы, который содержит ПЛИС, проект для этой ПЛИС, который содержит программно-описанный процессор и встроенный проект для программного обеспечения.

Редактируемый текущий документ рассматривается как активный документ, подсвечиваемый на панели. Если же открыто много проектов для редактирования, простым путём для выполнения команд, касающихся документов в выбранном проекте, является использование нажатия ПКМ на имени проекта в панели *Projects*. При этом появится контекстно-чувствительное меню, где можно выполнять действия над документами проекта, независимо от того, принадлежит проектный документ к этому проекту или нет.

Для панели *Projects* имеются несколько параметров отображения. Режим отображения по умолчанию показывает документы проекта, сгруппированные в различные папки, такие как *Source Document*, *Libraries*, *Settings* и т.д.

Эти параметры устанавливаются на вкладке *System* → *Projects Panel* диалога *DXP* → *Preferences*. Быстрый способ доступа к этой панели выполняется нажатием ПКМ на кнопке в верхней части панели, как это показано на рисунке 11.

Отметим, что папки, показанные в панели *Projects*, не представляются как папки на жёстком диске. Они только осуществляют помощь в представлении документации проекта в удобном виде.

Документы в группе (например, *Source Documents*) отображаются в последовательности добавления в проект (который также отображается в порядке создания). Для изменения порядка документов в отображаемой папке нажмите ЛКМ, перетащите и зафиксируйте документ в новой позиции. После завершения создания проекта исходные документы отображаются в порядке иерархии проекта.

Отметим, что невозможно построить иерархию посредством перемещения документов в проекте. Отношения между главными и подчинёнными документами в проекте определены позицией символа листа в структуре главного листа.

Если панель *Projects* не является активной и видимой, её можно открыть нажатием кнопки *System* в нижней правой части рабочей области и выбрать *Projects* из появившегося меню (см. рис. 3).

Работа с проектами

Используйте параметры в подменю *File* → *New* → *Projects* для создания нового проекта, как показано на рисунке 12. Отметим, что проектный файл существует только в памяти при первичном создании, поэтому используйте команды *Save* или *Save As* для сохранения проекта на жёстком диске с необходимым названием. Имена файлов

для проектов FPGA, Core и Embedded не должны содержать пробелы.

После создания проекта и сохранения его в нужном месте возникает необходимость добавления документов в проект. Самый простой способ добавления новых или существующих документов в проект – нажать ПКМ на названии проекта в панели *Projects* и выбрать из выпадающего меню *Add New to Projects* (добавить новый документ в проект) или *Add Existing to Projects* (добавить существующий документ в проект).

Кроме создания внутрипрограммных файлов, также имеется возможность добавлять в проект другие проектно-связанные документы, такие как файлы Word или Adobe PDF. При добавлении их обычным путём (*Add Existing to Projects*), в диалоге *Choose Document to Add* необходимо установить тип файлов (*File Type*) для просмотра в *All Files* (*.*).

Отметим, что невозможно переместить проект, выполнив команду *Save As* над документом проекта и сохранив его в новом месте, – данное действие только сохранит документ проекта в этом месте. Это также обновит все связи в документах, которые содержатся в проекте, организуя связи с новыми документами проекта на старом месте, где в действительности сохранены документы проекта. Кроме того, панель *Projects* не предназначена для управления файлами, – для выполнения данной задачи необходимо переместить документы проекта средствами операционной системы.

Нередко существуют проекты, которые являются связанными. Например, изделие может содержать несколько печатных плат, или возникает необходимость сгруппировать вместе различные версии проектов плат. Такое объединение проектов возможно посредством создания группы проектов (*Design Workspace*).

В действительности панель *Projects* отображает текущую группу проектов – либо одну по умолчанию, либо ту, которая создана или открыта. Для сохранения текущего открытого набора проектов в виде группы проектов следует нажать кнопку *Workspace* в верхней части панели *Projects* или использовать соответствующие команды в меню *File* (например, *Save Design Workspace As* – сохранить группу проектов и *Open Design Workspace* – открыть группу проектов).

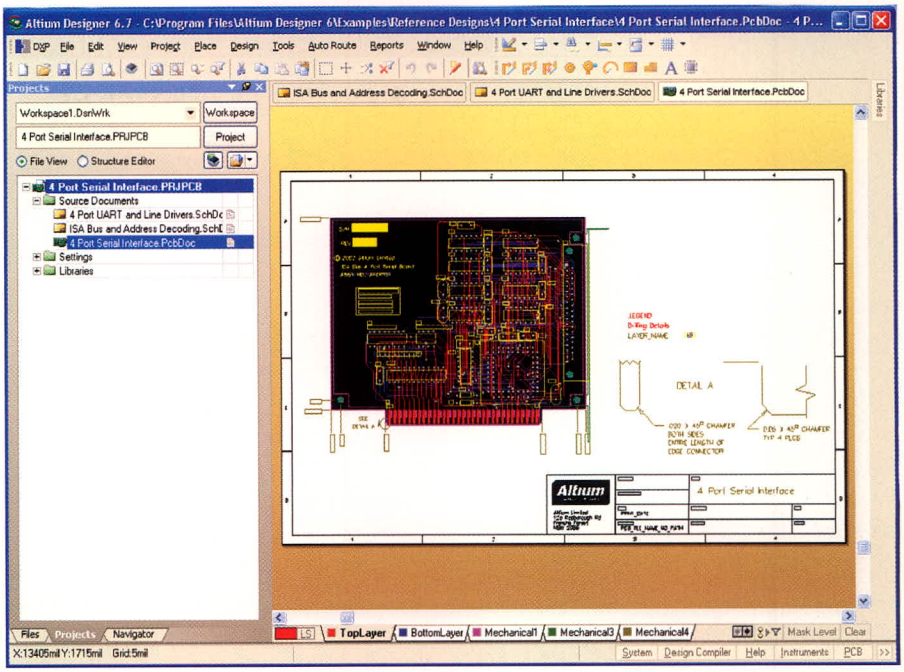


Рис. 13. Несколько открытых документов в главном проектном окне

Прежде чем создать новую или открыть существующую группу проектов, следует закрыть текущую группу проектов, при этом будет получено предупреждение о закрытии всех не сохранённых ранее документов, проектов или изменений в текущей группе проектов.

Навигация по документам проекта и масштабирование

В системе Altium Designer каждый вид документа открывается и обрабатывается соответствующим редактором. Например, схемные документы открываются и обрабатываются в редакторе схем (*Schematic*), библиотеки посадочных мест – в редакторе библиотек (*PCB Lib*), и так далее. При создании нового документа или открытии уже существующего, соответствующий редактор для этого типа документа становится активным редактором.

Навигация по проекту осуществляется при помощи панели *Project*, а также при нажатии вкладок переключения документов. Для рассмотрения приёмов навигации откроем остальные два документа, содержащиеся в открытом ранее проекте. При открытии документа он становится активным документом в главном окне проекта. Несколько документов можно открыть одновременно, что и было сделано ранее. Каждый открытый документ имеет собственную вкладку в верхней части окна, но только один документ является активным в этом окне. На рисунке 13 показаны три открытых документа – одна плата и две схемы, при этом активной является плата.

Активный документ выделен подсветкой его вкладки. Чтобы активировать другой открытый документ, необходимо просто щёлкнуть его вкладку. С другой стороны, можно использовать горячие клавиши Ctrl+Tab и Ctrl+Shift+Tab для циклического перебора всех отрытых документов вперёд или назад.

Для компиляции исходных документов необходимы различные средства, и при необходимости компиляция выполняется автоматически. Для этого все эти документы необходимо предварительно открыть. В зависимости от проекта, число документов для компиляции может быть различным. Чтобы сделать все документы открытыми, как документы со своими вкладками, в главном окне проекта можно создать рабочую область с произвольным размещением её элементов. С этой целью в системе предусмотрена возможность скрывать документы. Они полностью отвечают требованиям к открытым документам (таким как возможность компиляции и перекрёстных ссылок), но не показаны на экране в главном окне проекта.

Любой открытый документ можно сделать скрытым, выполнив:

- нажатие ПКМ на его вкладке и команду *Hide*;

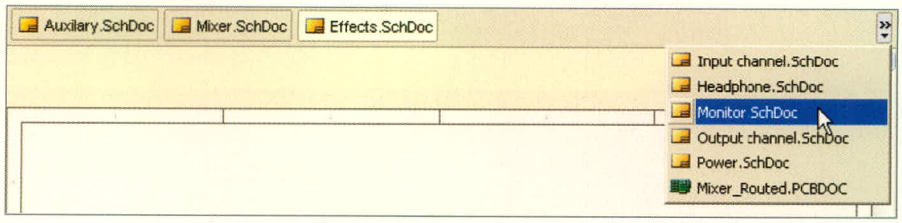


Рис. 14. Доступ к скрытым документам

- нажатие ПКМ на этом компоненте в панели *Projects* с выбором команды *Hide*.

Скрытые документы перечислены в выпадающем меню рядом и правее панели *Document*, которое содержит вкладки для этих документов (см. рис. 14).

Щелчок на компоненте в списке отменит состояние «невидимости» документа, и он повторно появится (в виде вкладки) в главном окне проекта. Главное меню *Window* и документы меню от нажатия ПКМ на панели *Projects* также содержат команды для отмены «невидимости» документа.

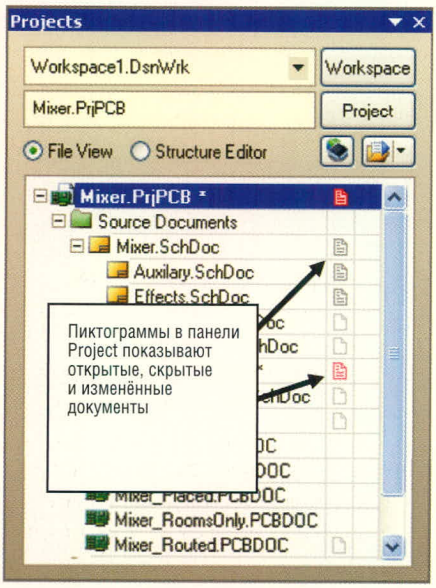


Рис. 15. Отображение пиктограммы статуса документа

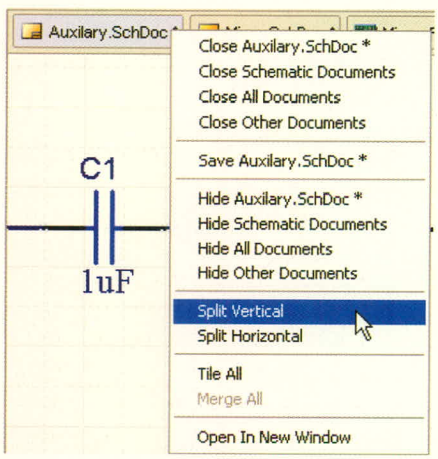


Рис. 16. Команды управления документами

В качестве части параметров *General* для панели *Projects* можно активировать отображение пиктограммы с отображением статуса «открыт/модифицируется» (более подробно будет описано ниже). Это позволяет быстро сориентироваться, какие документы открыты, скрыты или были изменены (см. рис. 15).

Модифицируемый документ, проект или группа проектов, которая должна быть сохранена, также помечаются звёздочкой рядом с записью элемента в панели. Модифицируемый документ также помечается звёздочкой внутри соответствующей вкладки в главном окне проекта.

Программа Altium Designer не ограничена просмотром и работой с одним документом. Имеются различные команды, позволяющие эффективно управлять открытыми документами и изменять различные варианты положения окон. Нажатие ПКМ на вкладке документа обеспечивает доступ к различным командам управления отображением окон открытых документов. К ним относятся команды *Close* (закрыть), *Save* (сохранить), *Hide* (скрыть), а также команды управления отображением всех открытых документов в пределах главного окна проекта (см. рис. 16).

Команды для разделения главного окна проекта на горизонтальные или вертикальные фрагменты (*Split Vertical* и *Split Horizontal*) могут оказаться удобными при необходимости сравнения, например, схемы и платы, при их одновременном открытии в одном окне. При таком разделении экрана документы проекта имеют как бы самостоятельные окна. Кроме этого, имеются команды *Tile All* и *Merge All*, которые позволяют располагать все открытые окна документов в виде мозаики и сворачивать все окна, возвращаясь к работе с одним окном.

При необходимости можно открыть документ в отдельном проектном окне. Для этого следует нажать ПКМ на вкладке и выполнить команду *Open in New Window*. Или же нажать ЛКМ на вкладке документа и перетащить его в область экрана, за пределы главного прикладного окна проекта. Затем появляются доступные команды в главном меню *Windows → Arrange All Windows Horizontal* (*Vertical*) для расположения окон горизонтально или вертикально.

Программа Altium Designer поддерживает два монитора с рекомендуемым разрешением 1280 × 1024 пикселя. Для использования второго монитора необходимо в настройках экрана выбрать параметр «Расширить рабочий стол на второй монитор». После этого можно будет использовать один монитор для работы с программой Altium Designer, а второй – для остальных приложений. Также имеется возможность открыть разные приложения Altium Designer на двух экранах; наиболее разумное использование – открыть на одном мониторе схему, а на другом – плату.

Навигацию по открытому документу продемонстрируем на примере PCB-файла. Для перемещения изображения по экрану имеется несколько возможностей. Во-первых, это стандартная полоса прокрутки. Во-вторых, при помощи колеса прокрутки (*scroll*) мыши изображение перемещается вверх и вниз, а при прокрутке с нажатой клавишей Shift изображение перемещается влево и вправо. В-третьих, передвижением изображения в любую часть экрана при нажатии (указатель мыши при этом имеет вид ладони) и удержании ПКМ.

Масштабирование изображения осуществляется прокруткой с нажатой клавишей Ctrl или при нажатии клавиши PageUp (увеличение масштаба) и PageDown (уменьшение масштаба).

Для навигации по документу также предназначены команды в выпадающем меню *View* (см. рис. 17). Ниже описаны все команды меню *View*, используемые для навигации и масштабирования:

- *Fit Document* (сочетание клавиш Ctrl+PgDn) – подгоняет документ к размеру экрана;
- *Fit Shit* – подгоняет страницу к размеру экрана;
- *Fit Board* – подгоняет плату к размеру экрана (в редакторе схем есть аналогичная команда Fit All Objects, которая располагает в окне все элементы);
- *Area* – подгоняет выбранную площадь к размеру экрана (обычное увеличение рамкой);

- *Around Point* – позиционирует выбранную площадь вокруг указанной точки в размер экрана;
- *Selected Objects* и *Filtered Objects* – подгоняет к размеру экрана выделенные и отфильтрованные объекты;
- *Zoom In*, *Zoom Out* – уменьшение и увеличение;
- *Zoom Last* – возвращает предыдущий масштаб;
- *Pan* – перемещает изображение под курсором в центр экрана;
- *Flip Board* – показывает перевернутое на 180° изображение платы;
- *Refresh* – обновление изображения;
- *Full Screen* – позиционирование рабочей области во весь экран, при этом скрываются все панели, полосы прокрутки и строки статуса.

Системные настройки (System)

Программа Altium Designer представляет собой очень гибкую, настраиваемую под конкретного пользователя систему. Все настройки в программе условно делятся на три уровня: настройки системы, настройки редактора и настройки документа. Настройки системы и настройки редакторов доступны из единого места – меню *DXP* → *Preferences*. В данном разделе будут рассмотрены настройки, относящиеся ко всей системе. Для них необходимо выполнить *DXP* → *Preferences* и открыть вкладку System. Данная вкладка содержит список настроек по определённым направлениям, каждая из которых, в свою очередь, содержит перечень параметров. В списке настроек *System* выбираем *General*, на которой собраны общие настройки.

На вкладке *General*, так же как и на других вкладках настроек, все параметры делятся по функциональному назначению на определённые группы. Группы отделяются друг от друга более тёмной рамкой. Описание всех параметров будет проводиться по функциональным группам. При этом, если был изменен хотя бы один параметр, у названия вкладки в списке настроек появится символ звёздочки, который будет отображаться до нажатия клавиши *Apply*.

Первая группа на вкладке *General* → *Startup*, в которой перечислены особенности запуска системы:

- *Reopen Last Workspace* – открывать последнюю группу проектов при новом запуске;
- *Open Home Page* – открывать домашнюю страницу *Altium*, если нет документов для открытия (при завершении последней сессии не было открытых документов);
- *Show startup screen* – показывать заставку при запуске.

Далее идёт группа *Default Locations* – здесь задаются имена папок, которые будут использоваться для сохранения документов и библиотек по умолчанию. Стоит отметить, что по умолчанию здесь указаны папки в директории установки Altium Designer, что лучше изменить в начале работы. Папка *Examples* содержит примеры различных типовых проектов от разработчиков Altium, а папка *Library* – набор библиотек. «Засорять» эти папки своими проектами и библиотеками не рекомендуется. Папки для хранения проектов и библиотек рекомендуется создать в корневой директории диска C и назвать их латинскими буквами. Это связано с тем, что некоторые программы, которые могут использоваться совместно с Altium Designer (например, *Specctra*), чувствительны к длинным именам файлов (а имя файла содержит путь доступа), пробелам в названии и кириллице.

Группа *System Font* позволяет при необходимости изменять настройки системных шрифтов (которыми выполнены надписи в диалогах интерфейса). Следует отметить, что по умолчанию установлен наиболее удобный размер шрифта, который лучше не менять.

Группа *Localization* отвечает за русификацию интерфейса. Параметр *Use localized recourses* даёт доступ к двум вариантам русификации интерфейса программы. Для русификации всех диалогов необходимо выбрать *Display localized dialogs*, для всплывающих подсказок – *Display localized hints only*. Дополнительный параметр *Localized* menus позволяет русифицировать названия пунктов главного меню.

Вкладка *View* определяет группы настроек отображения элементов рабочего стола. Группа *Desktop* определяет начальные параметры рабочего стола при запуске системы Altium Designer:

- *Autosave desktop* – сохраняет расположение панелей рабочего стола;
- *Restore open documents* – восстанавливает документы, открытые в последней сессии работы с приложением.

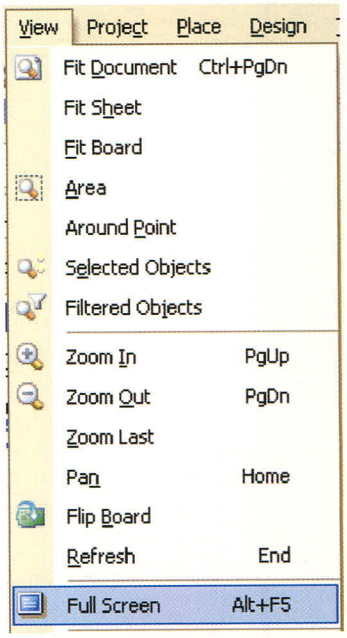


Рис. 17. Команды масштабирования навигации по документу

В строке *Exclusion* выбираются приложения, документы которых не будут открываться в новой сессии.

Группа *Show Navigation Bar As* настраивает тип отображения панели *Navigation*, которая используется в качестве строки адреса Internet Explorer для навигации по документам и страницам Интернет. Параметр *Built-in panel* отображает панель *Navigation* как встроенную в интерфейс *DXP*, а *Toolbar* – как отдельную панель.

Группа *General* – это набор общих параметров, предназначенных для более тонкой настройки типа отображения панелей, инструментов и меню. В группе *Popup Panels* настраивается задержка появления и скрытия всплывающих панелей, а также включается и выключается анимация при появлении этих панелей. Параметр *Favorites Panel* определяет размер пиктограмм документов в панели *Favorites*.

Группа *Document Bar* определяет настройки вкладок переключения документов:

- *Group document if need* – включение/выключение группировки панелей, после чего на выбор предлагается два варианта: группировать по типу документов или по принадлежности к проекту;
- *Use equal-width button* – использовать вкладки одинаковой ширины; в противном случае длина вкладки будет определяться названием документа;
- *Auto-hide the document bar* – автоматически скрывать вкладки переключения документов, которые

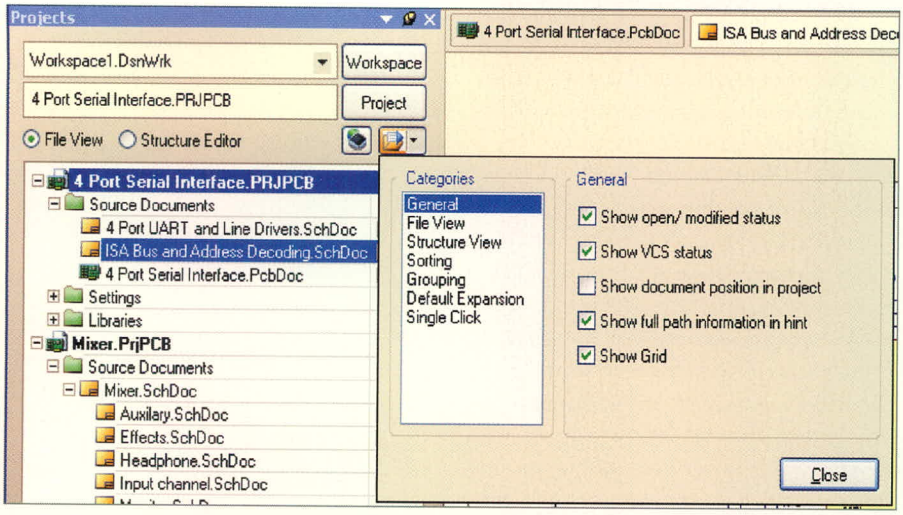


Рис. 18. Настройка параметров панели Projects

будут появляться только при наведении курсора на место их расположения (удобно скрывать вкладки с целью увеличения рабочей области);

- *Multiline document bar* – использовать многострочное отображение вкладок переключения документов (удобно использовать при отключенной настройке *Group document if need*);
- *Ctrl+Tab switches to the last active document* – Ctrl+Tab переключает на последний редактируемый документ; при отключенной настройке Ctrl+Tab переключает документы в порядке их открытия;
- *Middle click closed document tab* – нажатие колеса прокрутки мыши (*Scroll*) на вкладке переключения документов закрывает выбранный документ.

На странице *Altium Web Update* могут быть выбраны два варианта поиска обновлений через Интернет (*URL*) и в локальной сети предприятия (*Network path*). В обоих случаях в выбранной строке записывается адрес поиска обновлений; в первом случае – это сайт разработчика, во втором – адрес ресурса в локальной сети предприятия. Поиск обновлений в сети предприятия используется при наличии нескольких лицензий, при этом на одном компьютере пользователя обновления загружаются с сайта разработчика, после чего эти обновления выкладываются в общее хранилище, через которое обновляются остальные системы.

В группе *Automatic checking* указывается частота автоматического поиска обновлений. При выборе любой настройки, кроме *Never*, поиск обновлений будет происходить автоматически по адресу, указанному выше, и при удачном поиске будет предложено загрузить найденные обновления. На вкладке *Transparency* включается полупрозрачное отображение всплывающих окон и описывается коэффициент прозрачности.

Вкладка *Navigation* объединяет настройки отображения объектов в панели *Navigator* и описывает набор действий с объектами, выбранными посредством данной панели. В группе *Highlights Methods* можно выбрать четыре действия, которые будут происходить с объектами в рабочей области, выбранными через панель *Navigator*:

- *Zooming* – увеличить выбранный объект на коэффициент, указанный в группе *Zoom Precision*;
- *Selecting* – выделить объект; данное действие необходимо для того, чтобы произвести какую-либо операцию над данным объектом;
- *Masking* – отделить объект маской от остальных объектов документа (остальные объекты при этом выглядят как бы затенёнными); коэффициент прозрачности объектов, отделенных маской, устанавливается кнопкой *Mask Level* в нижнем левом углу рабочей области. Ползунок *Mask* определяет уровень видимости маскируемых объектов (100 – полная видимость, 0 – объект не виден);
- *Connective Graph* – показывать граф связей (например, для выбранной цепи будут показаны все компоненты, объединённые этой цепью).

В группе *Objects To Display* перечислен список объектов, который отображается в панели *Navigator* после компиляции.

На вкладке *Backup* определяются параметры автосохранения проекта. В данном окне указываются три параметра: частота автосохранения, количество копий и путь сохранения резервных файлов.

На вкладке *Projects Panel* устанавливается набор параметров панели *Projects*, которые позволяют настраивать параметры отображения документов проекта (рис. 18). Параметры панели *Projects* могут быть также доступны по функциональной кнопке на самой панели. Данная вкладка поделена на категории, каждая из которых имеет несколько параметров:

1. *General* – общие
   - *Show open/modified status* – показывать статус документа;
   - *Show VCS status* – показывать пиктограмму контроля версий;
   - *Show document position in project* – показывать позицию документа в проекте;
   - *Show full path information in hint* – показывать полный путь во всплывающей подсказке;
   - *Show grid* – показывать сетку.
2. *File View* – вид файла
   - *Show Project Structure* – отображать структуру проекта;
   - *Show Document Structure* – отображать структуру документа (для многолистовых документов).
3. *Structure view* – вид структуры
   - *Show Documents* – показывать документы;
   - *Show Sheet Symbols* – показывать символы листа;
   - *Show Nexus Components* – показывать компоненты *Nexus*.
4. *Sorting* – сортировать документы по определённому признаку
   - *Project Order* – в порядке поддиректорий проекта (т.е. сначала схемы и платы, а затем сгенерированные выходные файлы, библиотеки и т.д.);
   - *Alphabetically* – по алфавиту;
   - *Open/modified status* – по статусу открыт/модифицируется;
   - *VCS status* – по статусу включения контроля версий;
   - *Ascending* – по возрастанию (относится ко всем вышеперечисленным видам сортировки).
5. *Grouping* – группировка
   - *Do not group* – не группировать;
   - *By class* – группировать по классу;
   - *By document type* – сортировать по типу документов.
6. *Single Click* – действие по нажатию ЛКМ

- *Does nothing* – нет действия;
- *Activates open documents/objects* – активировать открытый документ;
- *Open and show documents/objects* – открыть и активировать документ.

На вкладке *File Types* перечислен список типов файлов, которые могут быть ассоциированы с системой Altium Designer, т.е. для открытия которых будет использоваться один из редакторов *DXP*. Некоторый перечень типов файлов изначально определён программой Altium Designer. Например, в данном списке имеется тип файлов с расширением **.PCB*. Таким образом, при попытке открыть файл **.PCB* с жёсткого диска автоматически будет загружаться не P-CAD, а Altium Designer; так же обстоят дела с другими типами файлов.

Например, список цепей более привычно просматривать в программе *Notepad*, но после установки Altium Designer тип файла **.net* также будет ассоциирован с этой программой. В данном списке рекомендуется отключить следующие типы файлов: **.pcb*, **.lib*, **.cam*, **.net* и другие типы, для редактирования которых используются отдельные программы. Кнопки справа от списка типов файлов позволяют разрешить/запретить все типы файлов (*All on/All off*), разрешить/запретить типы файлов в выбранной группе (*All on/Group off*) и разрешить/запретить выбранный тип файлов.

New Document Defaults – данная настройка позволяет выбрать шаблон для вновь создаваемых документов. Для каждого типа документа (схема, плата и т.д.) и для каждого типа проекта (проект платы и др.) можно указать файл, который будет формироваться при создании нового документа данного типа. Эта настройка может быть полезна при создании однотипных иерархичных проектов и использовании однотипного оформления схем и плат. Для выбора документа-образца необходимо выполнить нажатие ЛКМ на нужной строке, а затем нажать кнопку справа от строки, перейти в проводник и указать исходный файл.

На вкладке *Installed Libraries* указывается список подключенных библиотек, которые будут использоваться для поиска компонентов в панели *Libraries*. В том порядке, в котором эти библиотеки указаны в этой вкладке, они будут представлены в выпадающем списке в панели *Libraries*. Для подключения новой библиотеки или удаления из списка существующей библиотеки используются кнопки *Install/Remove*. Кнопки *Move Up/Move Down* используются для перемещения библиотеки по списку (вверх/вниз). Можно указывать только часть пути к библиотеке, при этом остальная часть указывается в строке *Library Path Relative To*.

При установке системных настроек, как и при других настройках, имеется возможность сохранения данной конфигурации и загрузки ранее сохранённой. Существует возможность загрузки конфигурации по умолчанию: кнопкой *Set To Defaults* можно восстановить конфигурацию для отдельной группы *Default* (*Page*), для выбранных вкладок *Default* (*Branch*) и для всех настроек *Default* (All).

Информационная поддержка Altium Designer

Документация по программе Altium Designer для большей доступности организована и структурирована с помощью панели *Knowledge Center*. Панель *Knowledge Center* представляет собой справочную информацию для работы с программой Altium Designer. Для запуска этой панели нажмите клавишу F1. Панель *Knowledge Center* интерактивно загружает справочные данные об элементе интерфейса или об инструменте при выполнении на нём щелчка ЛКМ. Например, для получения справки о панели *Project* (рассмотренной в предыдущем разделе) достаточно нажать клавишу F1 и нажать ЛКМ в любой части панели *Project*. Для получения справки об инструменте *Wire* (размещение соединений), просто наведите указатель курсора на пиктограмму данного инструмента в панели инструментов (см. рис. 19).

Верхняя часть панели *Knowledge Center* является порталом для запросов, – от краткой справки до ссылок на данные в формате PDF и прикладные документы. Нижняя секция панели содержит дерево навигации, которое используется для просмотра документации в формате PDF и для открытия интересующего документа.

Панель *Knowledge Center* предоставляет развитые возможности для поиска данных, доступных в нижней области панели. Открываются страницы, содержащие слова в строке запроса (за исключением «и», «или» и т.п.). Пределы поиска определяются текущей позицией в навигационной структуре.

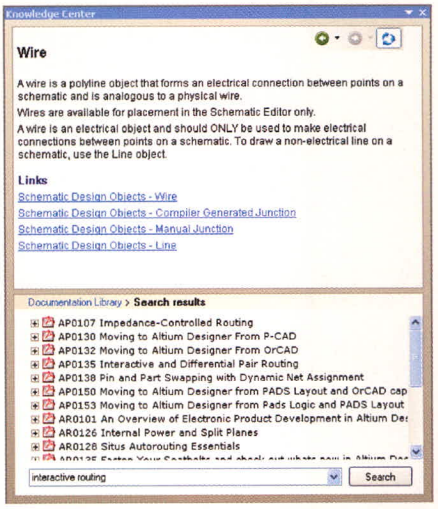


Рис. 19. Использование *Knowledge Center* для обучения или для просмотра и поиска документации в формате PDF

Кроме описанной панели, для увеличения продуктивности работы в системе Altium Designer предлагается активное использование «горячих» клавиш. Нажатие клавиш более эффективно, чем позиционирование мышки на кнопке или поиск по многоуровневым меню. После изучения «горячих» клавиш их использование становится определяющим. В среде многих редакторов, как и в Altium Designer, запоминание горячих клавиш затруднено, особенно клавиш специального назначения, которые доступны при запуске определённых команд. Для облегчения запоминания были добавлены новые краткие меню, которые можно использовать со всеми интерактивными командами во всех редакторах. При выполнении команды интерактивной трассировки, например, можно нажать клавишу тильды (~) – появится меню с перечнем всех доступных «горячих» клавиш для данной интерактивной команды.

Также имеется новая панель «горячих» клавиш (*Shortcuts*), которая отображает «горячие» клавиши, доступные в Altium Designer. Панель контекстно-опознаваема; она не только обновляется при переходе от одного редактора к другому, но также обновляется при выборе команды, демонстрируя доступные внутрипроцессорные «горячие» клавиши. Это удобно для проектировщика, который переходит между прикладными приложениями и испытывает трудности в запоминании таких клавиш. Клавиши для отдельных процессов также доступны при нажатии клавиши тильды.

Продолжение следует

Практический курс моделирования магнитоуправляемых датчиков положения и скорости на базе конечно-элементного программного пакета FLUX
Часть 1. Введение в рабочую среду FLUX

Светлана Сысоева (Москва)

В статье рассмотрено применение программного пакета FLUX версии 10.1.2 компании Cedrat для расчёта автомобильных магнитоуправляемых датчиков положения и скорости.

Введение

Разработка новых автомобильных магнитоуправляемых датчиков скорости и положения, функционирующих с высокой точностью, требует комплексного анализа соответствия функциональным требованиям и условиям работы [1–4]. Поэтому компьютерное моделирование и анализ результатов вычислений на персональном компьютере (ПК) становятся неотъемлемой частью современного процесса разработки новых устройств. Для анализа перспективных автомобильных магнитоуправляемых датчиков (в том числе датчиков Холла) и их рабочих магнитных полей, прежде всего, необходим расчёт магнитной индукции в рабочей зоне датчика в различных условиях. После этого осуществляется анализ функционирования устройства.

Метод конечных элементов является перспективным для компьютерного моделирования автомобильных датчиков, так как он является универсальным и позволяет анализировать любые включения материалов в рабочей зоне, в том числе нелинейные ферромагнитные. На современном уровне вычислительной техники может быть достигнута высокая точность моделирования [2].

Основные этапы конечно-элементного анализа можно представить в такой последовательности:

- построение или импорт геометрической модели (препроцессор);
- генерация сетки;
- задание физических свойств;
- процесс решения;
- обработка результатов (постпроцессор).

Среди специализированных пакетов для расчётов магнитных полей встречаются 2D- и 3D-конфигурации [2]. Хотя 2D-версии дешевле и могут быть получены в качестве демонстрационных, для выполнения более точных расчётов и объёмной визуализации геометрической модели разработчикам интересны именно трёхмерные CAD/CAE-пакеты программ, причём с максимально дружественным пользовательским интерфейсом, позволяющим оператору полностью сконцентрироваться на решении задачи.

Одним из таких специализированных пакетов является FLUX, разработанный французской компанией Cedrat [2, 5]. Пакет предназначен для многопараметрического электромагнитного, теплового и электромеханического анализа 2D- и 3D-конфигураций моделей устройств.

Программный пакет FLUX предоставляет пользователю возможность симуляции статических, гармонических и переходных состояний для магнитных и электромагнитных применений, включая механическую (кинематическую) и электрическую привязку к модели, и анализ тепловых процессов. Он включает препроцессор с большими возможностями импорта CAD-файлов и средствами задания геометрии, базы данных материалов, схемной привязки и генератор сетки. Моделирующие способности программы FLUX расширены возможностью задания бесконечных областей, так же как и различных граничных условий, материалов и источников.

Многопараметрический решатель FLUX позволяет вычислять и оптимизировать конфигурации при изменении геометрических и схемных параметров, а также материалов. Многопараметрический постпроцессор FLUX вычисляет распределение плотности магнитного потока, токи, напряжения, силы, скорость и положение, используя различные выходные форматы. Широкие возможности экспорта, интерфейс с MATLAB Simulink и другими симуляторами выделяют FLUX среди программных пакетов, предназначенных для электромагнитного и электромеханического анализа методом конечных элементов, причём структура пакета выполнена таким образом, что позволяет осуществлять его привязку к любому пакету.

Многопараметрические методы симуляции и интерфейсные возможности, реализованные в программном пакете FLUX, представляют значительный интерес для моделирования автомобильных датчиков – с расчётом, в первую очередь, на дальнейшее осуществление получен-

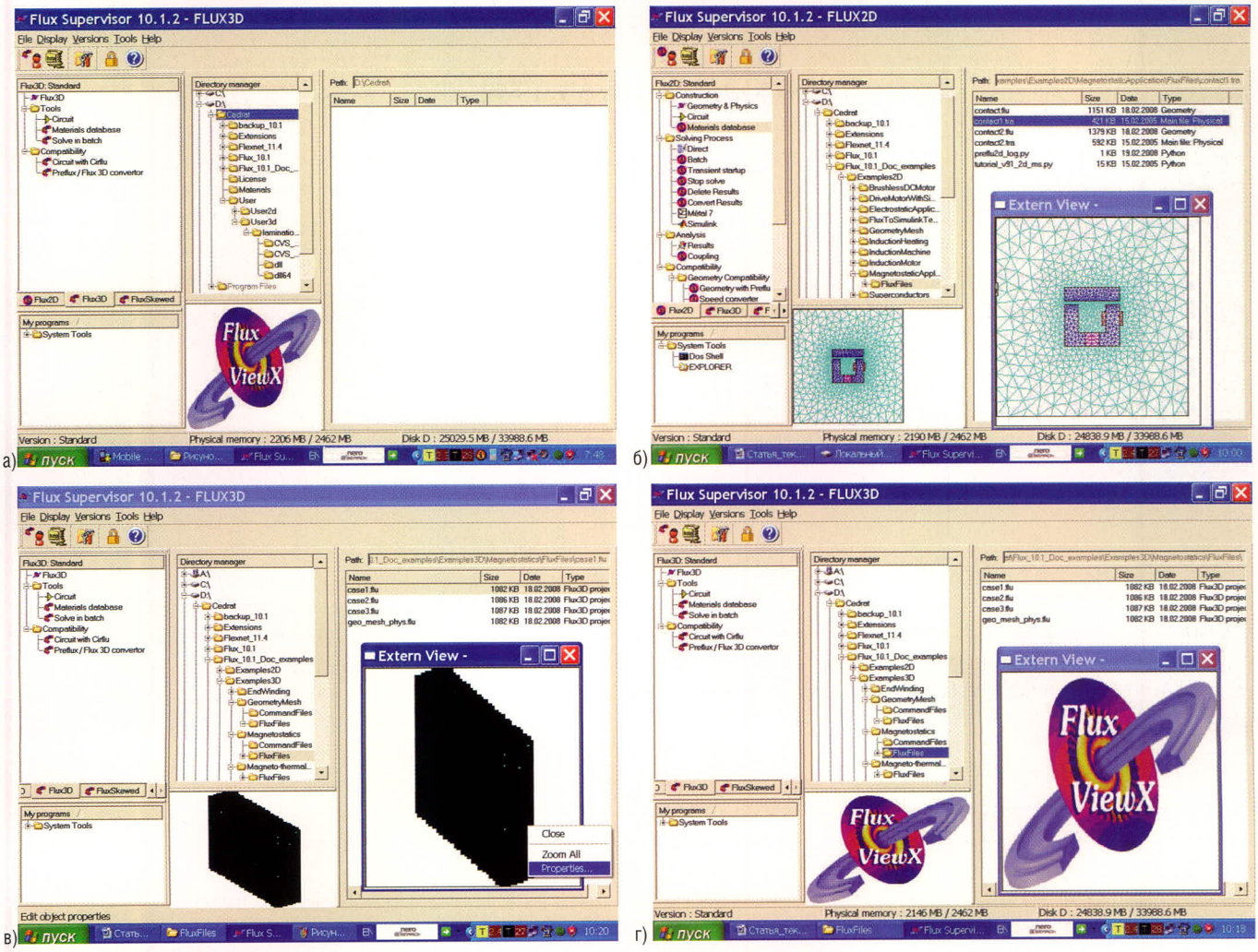


Рис. 1. Презентация работы *Flux 10.1.2* – вид главного окна *Flux Supervisor* в конфигурациях 2D/3D

а – окно *Flux Supervisor 10.1.2* при первом запуске – с логотипом FLUX во встроенной зоне просмотра;

б – вид главного окна *Flux Supervisor 10.1.2* в 2D-конфигурации;

в – окно *Flux Supervisor 10.1.2* в 3D-конфигурации с предварительным просмотром геометрии модели;

г – окно *Flux Supervisor 10.1.2* в 3D-конфигурации без возможности просмотра модели.

ных результатов на практике. Данная статья демонстрирует уровень современных специализированных пакетов для расчёта магнитных полей и может стать практическим руководством по применению пакета FLUX.

Введение в рабочую среду Flux 10. Инсталляция и окно Flux Supervisor

Основным управляющим модулем является *Flux Supervisor*, открытием главного окна которого сопровождается запуск программного пакета *Flux 10. 1. 2* из меню программ MS Windows (см. рис. 1). При первом запуске в графическом окне будет показан логотип FLUX (см. рис. 1а).

Программный пакет FLUX версии 10 включает два основных приложения (2D и 3D), переключение между которыми осуществляется в рабочей среде пакета (см. рис. 1б и 1в). Третьим приложением, предназначенным для анализа особых конструктивных случаев с отсутствием симметрии (типа скошенных роторов), является *FluxSkewed*.

В рабочей среде *Flux 10.1.2* модули *FLUX 2D* и *FLUX 3D* унифицированы, что удобно для пользователя, находящегося на этапе освоения программы. Вторым отличительным признаком *Flux 10* является усовершенствованный графический интерфейс.

Построение геометрической модели обычно начинается с выбора основного 2D-плана, поэтому на двумерных моделях легче осваивать оболочку программы, а затем 2D-объекты можно использовать в качестве заготовок или библиотечных модулей для построения 3D-моделей.

Идея 2D/3D-унификации появилась в версии Flux 8, где был впервые введён объединённый графический предпроцессор 2D/3D. Затем в версии 9 был реализован объединённый физический предпроцессор 2D/3D. В версии 10 реализован современный унифицированный интерфейс для 3D-решателя и 3D-постпроцессора, но 2D-решатель (*SOLVER_2D*) и 2D-постпроцессор (*POSTPRO_2D*) представляют собой отдельные модули.

В планах разработчиков осуществить унификацию всех 2D/3D-применений в 11-й версии пакета.

Как известно, конечно-элементное моделирование повышает требования к аппаратной части компьютера, поскольку в процессе генерации сетки, решения и обработки образуются и используются большие массивы данных. Но для 2D-конфигурации аппаратные требования ниже, поэтому приобретение высокопроизводительного компьютера не столь актуально.

Изначальные требования к аппаратной части, предъявляемые 3D-версией, достаточно высоки. Но поскольку для улучшения качества и ускорения вывода графики на дисплей в *Flux 10*

разработчиками реализована новая технология графического интерфейса, в аппаратной части компьютера особое внимание должно уделяться видеокарте. И для 2D-, и для 3D-конфигураций рекомендуется видеокарты с 512 Мб видеопамяти, совместимые с OPEN GL v2.0, хотя минимальные требования к видеопамяти в 2D-конфигурации (Magneto Static) не ограничиваются, а для 3D-версии регламентируются объёмом 256 Мб.

При инсталляции пакет FLUX автоматически «обнаруживает» видеокарту ПК, и если осуществление новой графической технологии невозможно, будет использоваться только предыдущая технология. Для этого в оболочке реализована возможность включения неоптимизированного графического режима.

Таблица 1. Назначение и основные элементы интерфейсных зон окна Flux Supervisor

Зона/	Элементы/Оригинальные названия	Назначение
Главное меню **Menu Bar**		
	File (Quit)	**Выход из программы**
	Display Display the geometry Programs Manager Tools Bar	**Включение/выключение отображения зон *Flux Supervisor*** просмотра геометрии (только для 2D-конфигураций), менеджера программ панели инструментов
	Versions Standard Brushlike_101 Table_101	**Переключение между стандартной и версиями пользователя** (Brushlike_101, Table_101, lamination_101 – предопределённые в Flux пользовательские версии)
	Tools Users version Compression/Decompression of a project License manager Skin Depth Options	**Инструменты** Вызов менеджера пользовательских версий Архивирование/разархивирование проекта Менеджер лицензий Калькулятор глубины скин-эффекта Опции, включая настройки языков, памяти и другие
	Help Manual Documents About Cedrat	**Система помощи** (доступ к руководству, документам, информации о компании и сайту компании Cedrat)
Панель инструментов **Tool Bar**	**Users version** **Compression/ Decompression of a project** **Options** **License manager** **Help**	**Вызов менеджера версий** **Архивирование/ разархивирование проекта** **Параметры/установки** **Менеджер лицензий** **Доступ к on-line-руководству**
Менеджер программ	**Programs manager**	Отображает модули Flux как элементы дерева, сгруппированные в семейства в различных папках. Модули запускаются двойным щелчком, папки развёртываются и свёртываются одинарным кликом по значку «+»
Зона программ пользователя	**My programs**	Зона, отображающая связи с внешними программами типа DOS Shell, Windows Explorer. Другие программы могут быть добавлены пользователем выбором в контекстном меню пункта ***Add a program ...*** или удалены по команде ***Delete ...***
Менеджер каталогов	**Directory manager**	Отображает каталоги компьютера
Зона просмотра геометрической модели	**Geometry view**	Отображает геометрию модели для выбранного проекта (папки **.FLU* для *3D/*.TRA* для 2D) или логотип Flux, если загрузка или просмотр модели не производятся (рис. 1г) Из контекстного меню доступен также просмотр во внешнем окне *Extern View* с возможностью выбора в контексте свойств отображения
Менеджер файлов	**Files**	Отображает текущий путь и список файлов проекта (или каталогов Windows **.FLU* для *3D/*.TRA* для 2D, двойным кликом мыши эти файлы могут быть загружены

Аппаратные требования различаются также в зависимости от физического применения, концепция которого позволяет перегруппировывать информацию относительно моделей уравнений и методов решения, рабочих гипотез (свойств и характеристик материалов и источников) и граничных условий.

Базовые применения сгруппированы в три категории:

- магнитные;
- тепловые;
- электрические.

Можно также выделить две категории применений:

- магнитотепловые;
- электротепловые.

В общем случае магнитные и магнитотепловые применения, включённые в *FLUX 2D* и *3D*, могут быть классифицированы следующим образом:

- магнитостатика (обработка неизменных во времени процессов в устройствах, в которых источники поля независимы во времени);
- переходные магнитные процессы *Transient magnetic*, которые обрабатывают переменные, и процессы в устройствах, в которых источники поля изменяются во времени;
- устоявшиеся переменные магнитные процессы *Steady State AC Magnetic*.

Если для работы 3D-модуля программы в обычном режиме достаточно 50 Гб на жёстком диске, то для работы в режиме анализа *Transient Magnetic* потребуется 100 Гб. Для работы с большими объёмами данных, размещаемых в процессе работы на жёстком диске, потребуется и больший объём оперативной памяти.

Пакет *Flux 10* также поддерживает режим расширения физических адресов, разработанный компанией Microsoft для применений, которые исполь-

зуют более чем 2 Гб ОЗУ (предел для 32-разрядной ОС MS Windows). Подробности инсталляции пакета и активации режимов работы могут быть найдены в документации, поставляемой вместе с программой FLUX.

Презентация работы Flux Supervisor

На рисунке 1 показаны варианты окна *Flux Supervisor* – основного управляющего модуля *Flux 10*, который управляет файлами и каталогами проектов FLUX. Основные интерфейсные зоны включают (см. таблицу 1):

- Менеджер программ;
- Менеджер каталогов;
- Зону программ пользователя;
- Зону просмотра геометрической модели;
- Список файлов проектов;
- Панели меню, инструментов, строку состояния.

Моделирование из окна *Flux Supervisor* запускается с менеджером программ, который включает команды запуска главных модулей *Flux 2D*, *3D* или *FluxSkewed*, и модулей, представленных в папках дерева семейств и

Таблица 2. Функциональное назначение папок и модулей менеджера программ в конфигурациях Flux 2D, 3D или FluxSkewed

Модуль	Папка Flux	Назначение
2D	**Construction** Geometry & Physics Circuit Material Database	**Конструирование** Создание геометрической и физической модели, сетки Создание электрической схемы, назначение связей Назначение материалов, свойств источников для различных компонентов, назначение граничных условий
	Solving Process	Решение проблемы (в прямом Direct или пакетном Batch режиме)
	Analysis	Количественный анализ, визуализация и анимация результатов
	Compatibility	Настройки для работы с модулями из предшествующих версий FLUX
Flux3D/Flux Skewed	**Flux3D или Flux Skewed**	Модуль позволяет: создавать геометрическую модель, сетку, электрическую схему, материалы, назначать свойства материалов и источников, граничные условия, связи к внешним схемам, решать проблему в прямом (direct) режиме, вычислять различные количественные модели, создавать визуальное и анимированное отображение результатов
	Tools Circuit Material Database Solve in Batch	Отрисовка и определение электрической схемы с пакетом ElectriFlux Добавление моделей материалов с модулем CsImat Решение проблемы в пакетном batch режиме
	Compatibility Circuit with CirFlu Preflux/Flux 3D Convertor	**Настройки для работы с модулями из предшествующих версий FLUX**: Работа со схемами посредством модуля *Cirflu* Конвертер файлов, предшествующих версии 8.1

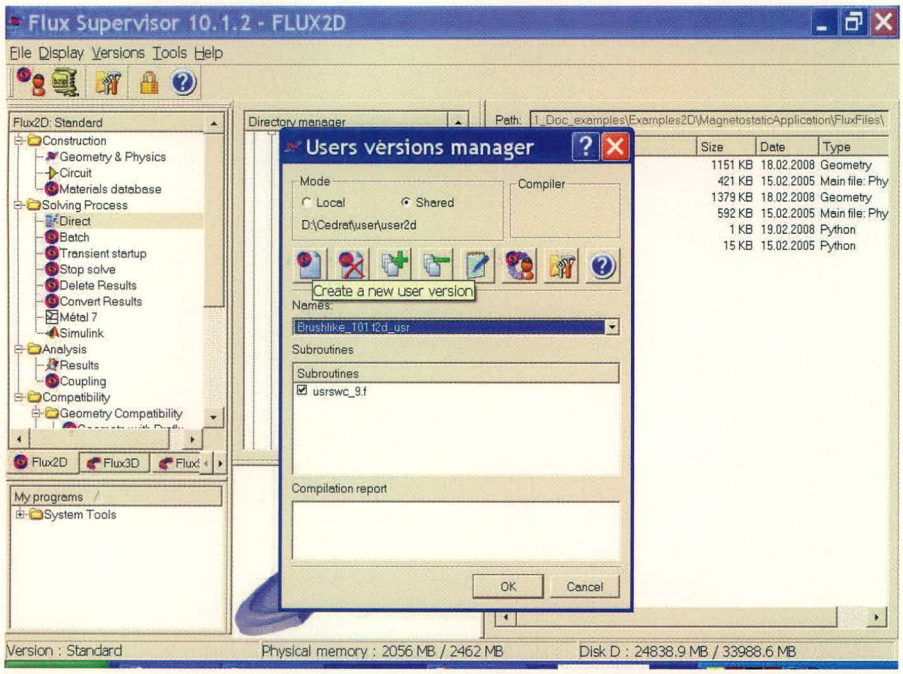


Рис. 2. Презентация работы *Flux Supervisor 10.1.2* – интерфейсное окно менеджера пользовательских версий *Users versions manager*

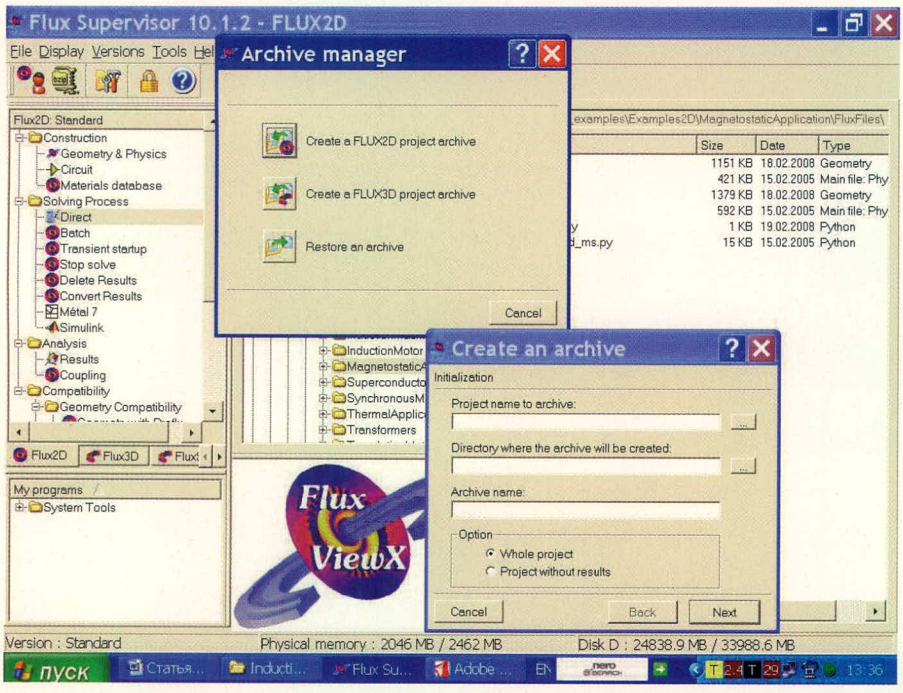


Рис. 3. Презентация работы *Flux Supervisor 10.1.2* – интерфейсные окна менеджера архивации *Archive Manager* в 2D-конфигурации

предназначенных для выполнения различных этапов конечно-элементного моделирования. Функциональное назначение модулей менеджера программ представлено в таблице 2. Особенности работы с FLUX требуют пояснения.

Работа с пользовательскими версиями

Существуют отдельные версии *Flux 2D/Flux 3D*:

- стандартная;
- пользовательские версии, являющиеся расширением стандартной.

В пользовательской версии (ПВ) можно, например, задать нестандартные физические свойства (источники напряжения или тока, свойства материалов) как функции критериев, выбираемых пользователем (время, пространство, переменные). Пользовательские версии располагаются в следующих каталогах (D – пример диска для размещения программы):

- D:\Cedrat\User\User2d для 2D версий;
- D:\Cedrat\User\User3d для 3D версий пользователя.

Предопределённые версии пользователя также включены в пакет FLUX:

- *Brushlike_101* – переключение в зависимости от положения (*Flux 2D 10.1*);
- *Table_101* – считывание свойств материалов и источников в файлах (*Flux 2D 10.1*);
- *Lamination_101* – принятие в расчёт расслоения материалов без определения геометрии листов (*Flux 3D 10.1* и *FluxSkewed*).

Менеджер версий *Users versions manager*, вызываемый с панели инструментов (см. рис. 2), указывает на местоположение каталога с файлами пользовательской версии. Два главных местоположения выбираются в режиме *Mode*. Выбор кнопки *Local* позволяет пользователю определить данное расположение, выбор *Shared* означает, что будут использоваться указанные выше стандартные директории.

Кнопки панели инструментов менеджера версий предназначены для выполнения таких функций, как создание, удаление, компиляция пользовательских версий, добавление, редактирование и удаление подпрограмм.

Создание ПВ с обязательным добавлением опорных подпрограмм производится в менеджере версий, если на ПК установлен компилятор *Fortran*. В диалоговом окне *Options* на вкладке *User version* (вызываемым по нажатию кнопки или выбора пункта меню *Options*) для режима *Local* перед созданием можно задать каталог расположения пользовательской версии. Здесь же на вкладке *User version* пользователь может выбрать версию компилятора *Fortran* и указать путь к файлу инициализации.

Пользователь может модифицировать текущую версию, добавляя подпрограммы (*Add subroutines*), удаляя их из процесса компиляции (отменой триггерного маркера отклоняется их участие в компиляции, но подпрограммы сохраняются в специальном каталоге) или удаляя из текущей версии по нажатию кнопки *Delete the subroutine*. Кнопка *Edit the subroutine* предоставляет возможность редактирования ПВ текстовым редактором *Notepad* или другим редактором (задаётся в поле *Editor* на вкладке *General* диалогового окна *Options*).

В поле *Names* возможно переключение между пользовательскими версиями. Название выбранной ПВ и назва-

ния подпрограмм отображаются в полях *Names Subroutine* соответственно. Отчёт о компиляции *Compilation Report*, который возможен только при наличии компилятора *Fortran*, включает дату компиляции с указанием наименования версии FLUX.

Архивация проектов

Файлы проекта FLUX могут быть большими, особенно для сложной геометрии и мелкой сетки, при этом в процессе многопараметрического решения может генерироваться большое число файлов результатов. Поэтому для облегчения передачи или архивирования проектов эти файлы сжимаются встроенной системой архивации FLUX.

Файлы архивов **.tar.bz* могут включать все файлы проекта, только определённую часть и (или) другие файлы. К таким файлам относятся, например, файлы **.py* на языке программирования *Python* (http://www.python.org), который используется в качестве основы *PyFlux* – встроенного языка программирования FLUX.

Интерфейс архивирования *Archive Manager* очень прост и позволяет одновременно знакомиться со структурой папок и файлов проектов FLUX. Пользователь должен выбрать проект для архивирования, указать место и имя для архива, файлы для включения в архив.

При архивации доступные параметры в 2D- и 3D-конфигурациях различаются. В 2D-конфигурации доступны параметры архивирования всего проекта и проекта без результатов (*Project without results*) (рис. 3). В 3D-конфигурации предлагаются: архивирование всего проекта или всех файлов из каталога **.FLU* (*PROBLEM_FLU.PFL, GEOM_FLU.PFL, MESH_FLU.PFL, SOLVE_i_j*), включение в архив только файлов описания без решения (первых трёх из вышеперечисленных) и архивирование файлов описания без сетки (только первых двух).

Кнопка *Restore an archive* предназначена для разархивирования проектов с указанием имени и пути восстановления.

Дополнительные средства/параметры программы

К ним относятся:

- Система помощи (так называемая online-версия доступна для автономного просмотра по кнопке па-

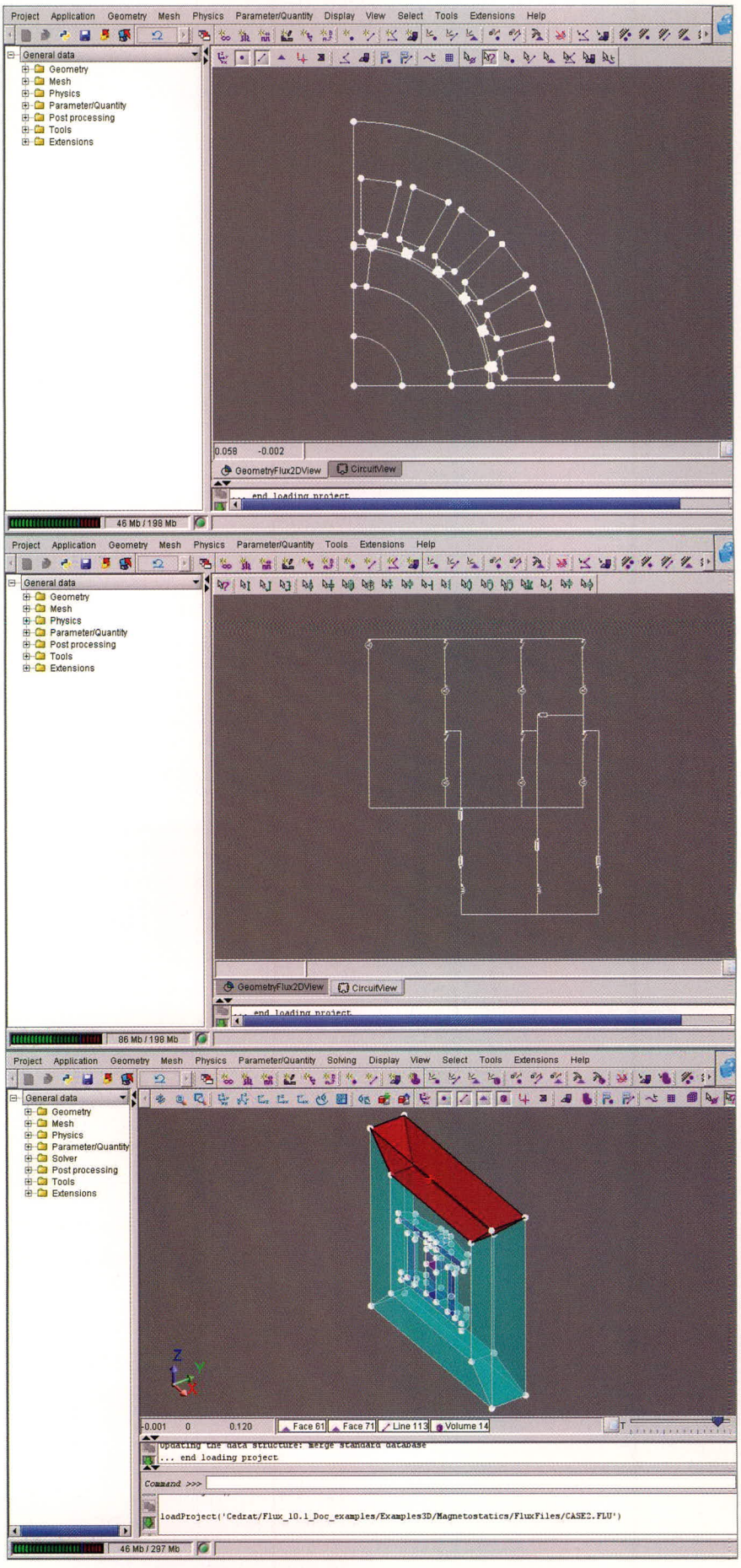


Рис. 4. Презентация работы препроцессоров Flux 10.1.2 в конфигурациях 2D/3D

а – вид *Preflu2D 10.1.2* с геометрической моделью в графической зоне;

б – вид *Preflu2D 10.1.2* с графической моделью электрической схемы;

в – вид *Flux 3D 10.1.2* с геометрической моделью в графической зоне.

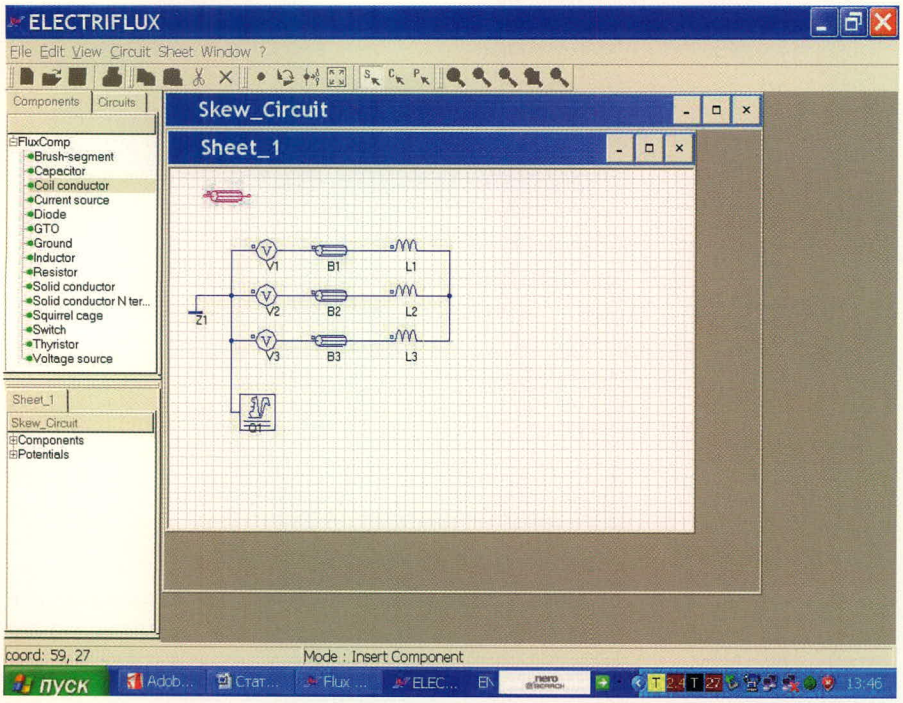


Рис. 5. Презентация работы модуля *Circuit* (редактирование схемы в программе *ElectriFlux*)

нели инструментов, доступ к руководству и ко всем остальным документам осуществляется через пункт меню *Help*);

- Калькулятор глубины скин-эффекта (вызывается из пункта меню *Tools*);
- Менеджер лицензий (конфигурируется стандартным способом);
- Общие параметры в диалоговом окне *Options*.

Установки *Options* должны быть приведены в соответствие. На вкладке *General* пользователь может выбрать язык интерфейса (английский или французский), выбрать каталог базы данных материалов (используя предопределённые базы данных FLUX в режиме *Shared* поля *Materials*, которые могут быть найдены в каталоге на диске с одноимённым названием): *FLUX_xxx_MATERI.DAT, IMPHY_xxx_MATERI.DAT* или создать новую базу данных материалов.

Если пользователь планирует выбрать в поле *Materials* режим *Local*, каталог базы данных материалов необходимо создать предварительно. В режиме *Current directory* для базы данных используется текущая директория.

Также пользователь может запускать программы *Preflux2D*, *Flux3D* или *Circuit* вместе с выбранным проектом, если в боксе *Other* выбран пункт *Open the program with the selected project* (альтернативно программа запускается без выбранного проекта), задать расположение текстового редактора для модулей в поле *Editor* и скорректировать путь к документации *Document Path* в режиме *Local*, если она размещается на жёстком диске (можно выбрать CD-ROM).

На вкладке *Display* пользователь может задать запуск FLUX в неоптимизированном графическом режиме, если при реализации нового графического режима с устаревшим дисплеем возникают ошибки, изменить фон для запуска модулей MS DOS, задать число линий тестовой консоли в зоне *History* рабочей среды программ, допустимые типы файлов помимо **.flu*, **.py*, **.tra*, **.ccs* для отображения в файловой зоне *FluxSupervisor*.

На вкладке *Memory* пользователь может изменить параметры управления памятью, занимаемой FLUX. Среди других параметров окна Options – параметры указания каталогов для макросов и наложения, порта сервера, режима запуска (*Windows* или *Batch*), параметры отладчика. Рекомендуется оставить без изменения параметры, установленные по умолчанию, или обратиться к документации для их уточнения.

Рабочая среда геометрического препроцессора

Препроцессор *Preflux2D* запускается из окна менеджера программ модуля *Flux 2D* двойным щелчком мыши по ветви *Geometry&Construction*. Препроцессоры *Flux 3D* и *FluxSkewed* активируются двойным щелчком мыши по соответствующим модулям в дереве каталогов.

Если пользователь не запустил какую-либо из этих программ вместе с выбранным проектом, доступны только два пункта меню: *Project* – для создания и сохранения нового проекта, открытия, закрытия, импортирования и экспортирования файлов проектов, а также *Help* (со стандартным доступом к online-руководству).

Возможность работы с проектами и объектами является важной особенностью FLUX. Для создания проектов предназначен пункт меню *Project*. Новый проект может быть активирован по команде *New*, ему будет присвоено имя *ANONYMOUS*. Затем созданный проект записывается по команде *Save*. В каталоге проекта с уникальным названием и расширением *.FLU* помещаются файлы описания проблемы, геометрии и сетки с фиксированными именами *PROBLEM_FLU.PFL, GEOM_FLU.PFL, MESH_FLU.PFL*; для *Flux 3D* в проект включаются файлы результатов *SOLVE_FLU.EFL* или *SOLVE_FLU_i.EFL*, где *i* – шаг.

С выбором пунктов создания *New* или открытия проекта *Open Project...* автоматически открывается рабочая среда препроцессора, поделенная на зоны (см. рис. 4).

Рабочая среда FLUX автоматически зависит от:

- размерности модуля (2D или 3D);
- выбора физического применения в пункте *Application* (без указания, магнитостатика, электростатика);
- контекста в связи с текущей фазой проекта: *Geometry/Mesh/Physics/Solver/Post-processing* (панели инструментов);
- контекста для данной геометрии САПР.

Графическая зона, в которой отображается геометрическая модель устройства, является основной в рабочей среде препроцессора. В графической зоне как отдельное окно отображается и схемная модель устройства, созданная, например, в программе *ElectriFlux*. Процесс моделирования начинается с создания геометрической модели, для которой предназначены специальные пункты главного меню и соответствующие кнопки панели инструментов. Конечно-элементный проект включает большие объёмы разнообразных взаимосвязанных данных – точек, линий или других единичных

объектов *Flux* (*entities*), зависящих от содержания или фазы проекта (*geometry*, *mesh*, ...).

В базе данных FLUX выделяются понятия структуры или типа данных (*entity type*) или собственно данные (*entities*). Данные, создаваемые в графической зоне посредством отдельных команд и кнопок, – это единичные объекты FLUX.

Процесс работы с геометрическим препроцессором FLUX очень удобен, так как выбор каждого инструмента для создания единичного геометрического объекта entity сопровождается появлением диалогового окна, в котором назначение полей, требующих заполнения, поясняется и в ряде случаев сопровождается анимацией. При вводе данных, поля, требующие заполнения в качестве необходимого и достаточного условия помещения объекта, маркируются звездочкой (*). Причём выделяются данные как графических типов (точки, линии), так и не графические данные (координатные системы, трансформации).

Существует возможность ввода данных и массивов данных (групп объектов). В рамках проекта данные могут быть созданы, модифицированы и удалены.

Объекты FLUX предназначены для конструирования нового устройства, причём в рамках нового проекта возможно конструирование посредством уже созданных в другом проекте объектов в качестве унифицированных частей. Существует возможность создания пользовательского банка объектов, импорта и фильтрации объектов по команде *Import Flux object* меню *Project*.

В рамках одной публикации не представляется возможным проиллюстрировать процесс работы в рабочей среде FLUX. Это целесообразно сделать в следующей статье на примере создания геометрической модели одной из конфигураций датчиков, опубликованных в [1, 2, 4].

Как говорилось выше, важной особенностью пакета FLUX является возможность включения в анализ физики и электрической схемы. В программе *ElectriFlux* источники и пассивные компоненты переносятся в графическую зону, где размещается схема моделируемого устройства, по щелчку мыши (см. рис. 5).

Данное введение в рабочую среду FLUX предваряет описание процесса практического моделирования автомобильных датчиков, которое планируется в дальнейших публикациях. Но даже предварительный обзор интерфейса *Flux 10* позволяет сделать вывод о том, что возможности анализа автомобильных датчиков с пакетом *Flux 10.1.2* весьма значительны.

Продолжение следует

Литература

1. *Сысоева С.* Интеллектуальные автомобильные датчики положения/скорости. Пути оптимизации. Часть 1. Современная электроника. 2007. № 9. С. 26–31.
2. *Сысоева С.* Развитие концепции математического и расчётного моделирования автомобильных датчиков скорости/положения. Компоненты и технологии. 2007. № 12. С. 72–80.
3. *Сысоева С.* Интеллектуальные автомобильные датчики положения/скорости. Пути оптимизации. Часть 2. Современная электроника. 2008. № 1. С. 34–41.
4. Новые концепции датчиков скорости/положения. Компоненты и технологии. 2008. № 1.
5. Техническая документация фирмы Cedrat.

Практический курс сквозного проектирования цифровых устройств на основе ПЛИС фирмы Xilinx

(часть 14)

Валерий Зотов (Москва)

Четырнадцатая часть курса знакомит с содержанием этапа реализации (implementation) проектируемых устройств в кристаллах ПЛИС семейств CPLD. Рассмотрен этап реализации разрабатываемого устройства в кристаллах с архитектурой CPLD. Приводится краткое описание структуры отчётов о выполнении этапа размещения и трассировки и результатов статического временного анализа.

Выполнение этапа реализации проектируемых устройств, разрабатываемых на основе ПЛИС семейств CPLD

Активизация всех процедур этапа реализации проектируемого устройства осуществляется двойным щелчком левой кнопки мыши на строке Implement Design в окне процессов (*Processes Window*) Навигатора проекта (*Project Navigator*). Информация о ходе его выполнения отображается в окне консольных сообщений *Transcript Window*. Завершение выполнения каждой фазы этого процесса отмечается соответствующей пиктограммой в строке с её названием и сопровождается отчётом о полученных результатах. Для просмотра отчёта о выполнении трансляции следует дважды щёлкнуть левой кнопкой мыши на строке *Translation Report*, которая появляется в окне процессов *Processes Window* после переключения в развёрнутое состояние строки *Translation*. При этом открывается новое рабочее окно в HDL-редакторе, в котором отображается выбранный отчёт. В качестве примера ниже приведён отчёт о выполнении трансляции проекта счётчика Джонсона, синтез которого был рассмотрен в предыдущей части статьи. Отчёт содержит информацию о каждом шаге трансляции (преобразовании EDIF-описаний в формат Xilinx NGD, проверке временных спецификаций, верификации логической структуры проекта), а также об ошибках и предупреждениях.

```
Command Line:
D:\Xilinx92i\bin\nt\ngdbuild.exe
-ise
D:/PRJ/jc2vh/jc2_vhd/jc2_vhd.ise
-intstyle ise -dd _ngo -uc
jc2_top.ucf -p xbr
jc2_top.ngc jc2_top.ngd
-----
Reading NGO file
"D:/PRJ/jc2vh/jc2_vhd/jc2_top.ngc
" ...
Applying constraints in
"jc2_top.ucf" to the design...
-----
Checking timing specifications
...
Checking Partitions ...
Checking expanded design ...
-----
Partition Implementation Status
-------------------------------
No Partitions were found in this
design.
-------------------------------
NGDBUILD Design Results Summary:
Number of errors: 0
Number of warnings: 0
-----
Total memory usage is 67184
kilobytes
Writing NGD file "jc2_top.ngd"
...
Writing NGDBUILD log file
"jc2_top.bld"...
```

Содержание отчёта о выполнении этапа реализации проектируемых устройств, разрабатываемых на основе ПЛИС с архитектурой CPLD

Чтобы открыть отчёт с результатами выполнения размещения и трассировки, следует дважды щёлкнуть левой кнопкой мыши на строке *Fitter Report*, после чего текст отчёта отображается в новом окне встроенного HDL-редактора. Этот отчёт может быть представлен в HTML- или текстовом формате, по выбору пользователя. Структура отчёта о ходе и результатах процесса размещения и трассировки рассматривается далее на примере сокращённого варианта отчёта о выполнении этапа реализации проекта счётчика Джонсона.

Отчёт содержит шесть основных разделов, в начале каждого из которых указано его название. В разделе *Mapped Resource Summary* приведена общая информация о ресурсах ПЛИС и их использовании для реализации проектируемого устройства. В начале этого раздела указаны данные об общем количестве и числе используемых макроячеек, термов, регистров, выводов и функциональных блоков кристалла. Далее приводится общая статистическая информация о сигналах, выводах, макроячейках, глобальных ресурсах и режиме потребления макроячеек. Текст раздела приведён на сайте журнала.

Раздел *Summary of Mapped Logic* содержит подробную информацию обо всех интерфейсных сигналах (цепях) проектируемого устройства. Здесь приведены сведения о типе выводов ПЛИС, к которым подключаются внешние цепи разрабатываемого устройства, режимах работы и используемых стандартах ввода/вывода. Для каждого входного, выходного и двунаправлен-

ного порта указан номер функционального блока, в котором формируется соответствующий сигнал.

```
************************
Summary of Mapped Logic
************************

** 4 Outputs **
Signal Total Total Loc Pin Pin
Pin I/O I/O Slew Reg Reg Init
Name Pts Inps No. Type Use STD
Style Rate Use State
Q[0] 3 5 FB1_3 E1 I/O O LVCMOS18
FAST DFF RESET
Q[1] 3 5 FB1_9 D1 GTS/I/O O LVC-
MOS18 FAST DFF RESET
Q[2] 3 5 FB1_10 C1 GTS/I/O O
LVCMOS18 FAST DFF RESET
Q[3] 3 5 FB1_11 A3 GTS/I/O O
LVCMOS18 FAST DFF RESET
** 4 Buried Nodes **
Signal Total Total Loc Reg Reg
Init
Name Pts Inps Use State
DIR 1 1 FB1_1 DEFF RESET
RUN 1 1 FB1_2 DEFF RESET
N_PZ_35 1 3 FB1_8
N_PZ_34 1 2 FB1_16
** 4 Inputs **
Signal Loc Pin Pin Pin I/O I/O
Name No. Type Use STD Style
RIGHT FB1_1 F1 I/O I LVCMOS18
KPR
STOP FB1_2 E3 I/O I LVCMOS18 KPR
LEFT FB1_12 A2 GTS/I/O I LVC-
MOS18 KPR
CLK FB2_7 J1 GCK/I/O GCK LVC-
MOS18 KPR
Legend:
Pin No. - ~ - User Assigned
I/O Style - OD - OpenDrain
- PU - Pullup
- KPR - Keeper
- S - SchmittTrigger
- DG - DataGate
Reg Use - LATCH - Transparent
latch
- DFF - D-flip-flop
- DEFF - D-flip-flop with clock
enable
- TFF - T-flip-flop
- TDFF - Dual-edge-triggered T-
flip-flop
- DDFF - Dual-edge-triggered
flip-flop
- DDEFF - Dual-edge-triggered
flip-flop with clock enable
/S (after any above flop/latch
type) indicates initial state is
Set
```

В третьем разделе отчёта *Function Block Details* содержится подробная информация об использовании ресурсов каждого функционального блока ПЛИС. Этот раздел включает в себя *N* самостоятельных, одинаковых по составу, секций с названиями *FB1 – FBN*, где *N* – количество функциональных блоков в используемом кристалле. На сайте журнала приводится текст первой секции данного раздела отчёта, в которой приведены подробные данные об использовании ресурсов функционального блока *FB1*.

В разделе *Implemented Equations* содержатся итоговые выражения, описывающие проектируемое устройство на этапе его реализации. Текст данного раздела представлен на языке HDL, который был выбран с помощью параметра *HDL Equations Style*.

```
**********
Equations Mapped Logic
**********
```


ЗАО «НПФ «ДОЛОМАНТ»

ОДНА ИЗ САМЫХ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ КОМПАНИЙ РОССИИ

Доломант

ЗАО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «ДОЛОМАНТ»

ЗАО «НПФ «ДОЛОМАНТ» ПРИГЛАШАЕТ К СОТРУДНИЧЕСТВУ И ОСУЩЕСТВЛЯЕТ:

поставку

электронных компонентов в качестве второго поставщика (номенклатура порядка 400 тыс. наименований более 60 зарубежных производителей) при сотрудничестве с группой компаний ПРОСОФТ

производство

промышленных и встраиваемых компьютеров (в форматах Compact PCI, VME, EPIC, 3,5", PC/104, MicroPC, AT96, PICMG, Mini-ITX, ATX), плат для монтажа на DIN-рейку, а также каркасов, шлейфов, кабелей и аксессуаров, предназначенных для работы в жестких условиях эксплуатации с военной приёмкой

разработку

программных и аппаратных средств по техническому заданию заказчика под контролем военного представительства

контрактную сборку

изделий по КД заказчика, включая изготовление печатных плат, поверхностный монтаж и тестирование электронных модулей, изготовление механических деталей корпусов и передних панелей под контролем военного представительства

Производственное высокоавтоматизированное оборудование для поверхностного монтажа электронных модулей ЗАО "НПФ"Доломант" соответствует уровню требований мировых производителей. Оборудование адаптировано к использованию бессвинцовой технологии, позволяет производить автоматическую разбраковку и рентгеновский контроль качества пайки.

ЗАО «НПФ «ДОЛОМАНТ»

имеет лицензии на разработку и производство электронных средств для вооружения и военной техники и атомных электростанций, свидетельство об аттестации второго поставщика, а также системы менеджмента и качества, сертифицированную в системе «Военный регистр» на соответствие ГОСТ Р ИСО 9001 и ГОСТ РВ 15.002.

Реклама

117437, Москва, ул. Профсоюзная, д. 108
Тел./факс: (495) 232-20-33
E-mail: info@dolomant.ru
Web: www.dolomant.ru

```
FDCPE_DIR: FDCPE port map
(DIR,RIGHT,CLK,'0','0',NOT
N_PZ_34);
N_PZ_34 <= (RIGHT AND LEFT);
N_PZ_35 <= (RIGHT AND LEFT AND
STOP);
FDCPE_Q[0]: FDCPE port map
(Q[0],Q[0]_D,CLK,'0','0','1');
Q[0]_D <= ((Q[0] AND NOT RUN)
       OR (DIR AND RUN AND NOT
Q[3])
       OR (NOT DIR AND RUN AND
Q[1]));
FDCPE_Q[1]: FDCPE port map
(Q[1],Q[1]_D,CLK,'0','0','1');
Q[1]_D <= ((NOT RUN AND Q[1])
       OR (Q[0] AND DIR AND RUN)
       OR (NOT DIR AND RUN AND
Q[2]));
FDCPE_Q[2]: FDCPE port map
(Q[2],Q[2]_D,CLK,'0','0','1');
Q[2]_D <= ((NOT RUN AND Q[2])
       OR (DIR AND RUN AND Q[1])
       OR (NOT DIR AND RUN AND
Q[3]));
FDCPE_Q[3]: FDCPE port map
(Q[3],Q[3]_D,CLK,'0','0','1');
Q[3]_D <= ((NOT RUN AND Q[3])
       OR (NOT Q[0] AND NOT DIR
AND RUN)
       OR (DIR AND RUN AND
Q[2]));
FDCPE_RUN: FDCPE port map
(RUN,STOP,CLK,'0','0',NOT
N_PZ_35);
Register Legend:
FDCPE (Q,D,C,CLR,PRE,CE);
FDDCPE (Q,D,C,CLR,PRE,CE);
FTCPE (Q,D,C,CLR,PRE,CE);
FTDCPE (Q,D,C,CLR,PRE,CE);
LDCP (Q,D,G,CLR,PRE);
```

Раздел *Device Pin Out, приведённый на сайте журнала,* в наглядной форме отражает информацию о назначении всех выводов кристалла ПЛИС после загрузки конфигурационных данных проектируемого устройства. В начале этого раздела приведено условное графическое изображение топологии выводов для выбранного типа корпуса ПЛИС. Далее в форме таблицы представлено функциональное назначение каждого вывода кристалла после завершения процесса конфигурирования ПЛИС. Расшифровка условных обозначений типов выводов ПЛИС, используемых в таблице, приведена в заключительной части рассматриваемого раздела.

В заключительном разделе отчёта Compiler Options приведены сведения об установленных значениях основных параметров процесса размещения и трассировки:

```
****************************
Compiler Options
****************************
Following is a list of all glob-
al compiler options used by the
fitter run.
Device(s) Specified : xc2c64a-5-
CP56
Optimization Method : DENSITY
Multi-Level Logic Optimization :
ON
Ignore Timing Specifications :
OFF
Default Register Power Up Value
: LOW
Keep User Location Constraints :
ON
What-You-See-Is-What-You-Get :
OFF
Exhaustive Fitting : OFF
Keep Unused Inputs : OFF
Slew Rate : FAST
Set Unused I/O Pin Termination :
KEEPER
Global Clock Optimization : ON
Global Set/Reset Optimization :
ON
Global Ouput Enable Optimization
: ON
Enable Input Registers : ON
Function Block Fan-in Limit : 38
Use DATA_GATE Attribute : ON
Set Tristate Outputs to
Termination Mode : KEEPER
Default Voltage Standard for All
Outputs : LVCMOS18
Input Limit : 32
Pterm Limit : 28
```

Содержание отчёта с результатами статического временного анализа, выполняемого на этапе реализации проектируемых устройств, разрабатываемых на основе ПЛИС семейств CPLD

Для просмотра временных характеристик распространения сигналов внутри кристалла следует открыть отчёт с результатами выполнения этапа реализации проектируемого устройства в HTML-формате, поместить курсор на строку *Timing Report*, расположенную в верхней части этого отчёта, и щёлкнуть левой кнопкой мыши. Степень детализации содержания отчёта определяется выбранным значением параметра *Timing Report Format*, рассмотренного выше. Как обобщённая, так и подробная форма отчёта включает в себя семь разделов. Содержание каждого раздела отчёта с результатами статического временного анализа рассматривается далее на примере проекта счётчика Джонсона. В начале отчёта приводятся основные сведения об анализируемом проекте, времени и дате создания отчёта:

```
Timing Report
Design Name jc2_top
Device, Speed (SpeedFile
Version) {XC2C64A}, -5 (14.0
Advance Product Specification)
Date Created Sun Mar 23 21:39:42
2008
Created By Timing Report
Generator: version J.38
Copyright Copyright (c) 1995-
2007 Xilinx, Inc. All rights
reserved.
```

В разделе *Performance Summary* указаны значения временных характеристик распространения сигналов в кристалле для различных маршрутов, соответствующие наихудшему случаю. В начале этого раздела отображается минимальное значение периода и максимальная частота внутреннего сигнала синхронизации. Далее приводится информация о времени распространения сигнала по цепям, включенным между двумя триггерами или регистрами (управляемыми одним сигналом синхронизации), о времени установления сигналов на входах данных по отношению к таковому сигналу и значении задержки сигналов на выходных контактах по отношению к таковому сигналу.

```
Summary
Performance Summary
Min. Clock Period 4.200 ns.
Max. Clock Frequency {(fSYSTEM)}
238.095 MHz.
Limited by Cycle Time for CLK
Clock to Setup {(tCYC)} 4.200
ns.
Setup to Clock at the Pad
{(tSU)} 5.500 ns.
Clock Pad to Output Pad Delay
{(tCO)} 3.900 ns.
```

В разделе *Timing Constraints* приводится информация о выполнении

временных ограничений, заданных в проекте. В начале этого раздела отображаются сведения о требуемых и полученных значениях временных параметров сигналов, для которых установлены соответствующие ограничения. Завершает раздел информация о временных ограничениях, которые не удалось выполнить при реализации проектируемого устройства.

```
Timing Constraints
Constraint Name Requirement (ns)
Delay (ns) Paths Paths Failing
{TS_CLK} 20.0 4.2 20 0
Constraint: TS_CLK
Description:
PERIOD:CLK:20.000nS:HIGH:10.000nS
Path Requirement (ns) Delay (ns)
Slack (ns)
{DIR.Q to Q[0].D}      20.000
4.200   15.800
{DIR.Q to Q[1].D}      20.000
4.200   15.800
{DIR.Q to Q[2].D}      20.000
4.200   15.800
{DIR.Q to Q[3].D}      20.000
4.200   15.800
{Q[0].Q to Q[0].D}     20.000
4.200   15.800
{Q[0].Q to Q[1].D}     20.000
4.200   15.800
{Q[0].Q to Q[3].D}     20.000
4.200   15.800
{Q[1].Q to Q[0].D}     20.000
4.200   15.800
{Q[1].Q to Q[1].D}     20.000
4.200   15.800
{Q[1].Q to Q[2].D}     20.000
4.200   15.800
{Q[2].Q to Q[1].D}     20.000
4.200   15.800
{Q[2].Q to Q[2].D}     20.000
4.200   15.800
{Q[2].Q to Q[3].D}     20.000
4.200   15.800
{Q[3].Q to Q[0].D}     20.000
4.200   15.800
{Q[3].Q to Q[2].D}     20.000
4.200   15.800
{Q[3].Q to Q[3].D}     20.000
4.200   15.800
{RUN.Q to Q[0].D} 20.000
4.200   15.800
{RUN.Q to Q[1].D} 20.000
4.200   15.800
{RUN.Q to Q[2].D} 20.000
4.200   15.800
{RUN.Q to Q[3].D} 20.000
4.200   15.800
Number of constraints not met: 0
```

Раздел *Data Sheet Report* содержит значения основных временных характеристик, относящихся к внешним интерфейсным цепям (сигналам) разрабатываемого устройства:

```
Data Sheet Report
Maximum External Clock Speeds
Clock fEXT (MHz) Reason
CLK 238.095 Limited by Cycle
Time for CLK
Setup/Hold Times for Clocks
Setup/Hold Times for Clock CLK
Source Pad Setup to clk (edge)
Hold to clk (edge)
LEFT 5.500 0.000
RIGHT 5.500 0.000
STOP 5.500 0.000
```

В разделе *Clock Pad to Output Pad (tCO)* отражена информация о значениях задержек сигналов на всех выходных контактах ПЛИС, используемых в проекте, по отношению к сигналу синхронизации:

```
Clock to Pad Timing
Clock CLK to Pad
Destination Pad Clock (edge) to
Pad
Q[0] 3.900
Q[1] 3.900
Q[2] 3.900
Q[3] 3.900
```

В разделе *Clock to Setup Times for Clocks* представлены значения времени распространения сигнала для всех цепей, включенных между двумя триггерами или регистрами, управляемыми одним сигналом синхронизации:

```
Clock to Setup Times for Clocks
Clock to Setup for clock CLK
Source Destination Delay
DIR.Q Q[0].D   4.200
DIR.Q Q[1].D   4.200
DIR.Q Q[2].D   4.200
DIR.Q Q[3].D   4.200
Q[0].Q Q[0].D  4.200
Q[0].Q Q[1].D  4.200
Q[0].Q Q[3].D  4.200
Q[1].Q Q[0].D  4.200
Q[1].Q Q[1].D  4.200
Q[1].Q Q[2].D  4.200
Q[2].Q Q[1].D  4.200
Q[2].Q Q[2].D  4.200
Q[2].Q Q[3].D  4.200
Q[3].Q Q[0].D  4.200
Q[3].Q Q[2].D  4.200
Q[3].Q Q[3].D  4.200
RUN.Q Q[0].D           4.200
RUN.Q Q[1].D           4.200
RUN.Q Q[2].D           4.200
RUN.Q Q[3].D           4.200
Pad to Pad List
Source Pad Destination Pad Delay
```

Завершает отчёт с результатами статического временного анализа информация о количестве проанализированных путей распространения сигналов и числе обнаруженных ошибок:

```
Number of paths analyzed: 20
Number of Timing errors: 0
Analysis Completed: Sun Mar 23
21:39:42 2008
```

При получении успешных результатов размещения и трассировки можно перейти к следующим этапам разработки проектируемого устройства.

Продолжение следует.

Новости мира News of the World Новости мира

OKI распознаёт лица пользователей

Японская компания Oki Electric Industry разработала аппаратное решение для опознавания лица пользователя. Напомним, что ранее данная фирма уже предложила межплатформенное программное обеспечение FSE (Face Sensing Engine), решающее ту же задачу. Благодаря новой разработке данную функцию можно внедрять и в аппараты со слабым процессором.

В данный момент OKI поставляет FSE только для мобильных телефонов и цифровых камер среднего и высокого класса (в частности, для улучшения автофокуса). При этом от производителей и клиентов уже поступали предложения увеличить скорость распознавания и улучшить удобство работы. Для этого необходимо использовать более совершенные микросхемы, которые, в свою очередь, требуют больше энергии.

Менеджеры OKI полагают, что новое предложение поможет начать использовать FSE в недорогих устройствах.

biz.yahoo.com

О несинтезируемых конструкциях языка VHDL

Петр Бибило (г. Минск, Беларусь)

В статье изучаются моделируемые, но несинтезируемые конструкции языка VHDL для двух широко распространённых синтезаторов логических схем – синтезатора XST, входящего в состав системы Xilinx ISE сквозного проектирования программируемых логических интегральных схем фирмы Xilinx, и синтезатора Leonardo фирмы Mentor Graphics. Статья предназначена для специалистов, занимающихся проектированием цифровых систем и знакомых с основными элементами языка VHDL.

Язык VHDL широко распространился в качестве языка проектирования цифровых систем. Этому способствовали его использование в различных промышленных системах проектирования и стандартизация языковых версий. В настоящее время основным действующим стандартом является стандарт ANSI/IEEE Std 1076-1993, появившийся в 1993 г. и более известный как VHDL'93. Именно этот стандарт поддерживается в настоящее время в основных промышленных системах проектирования. В таких системах можно как проводить моделирование исходных спецификаций, так и синтезировать логические схемы по корректным VHDL-программам. Однако синтез логических схем возможен не для всех конструкций языка VHDL. Конструкции языка, которые поддерживаются при синтезе, образуют *синтезируемое* подмножество языка. Иногда синтезируемое подмножество называют также *синтезабельным* [1] подмножеством. И хотя имеется стандарт IEEE Std 1076.6-1999 на синтезируемость конструкций уровня RTL, при практическом использовании различных синтезаторов следует учитывать следующее важное обстоятельство – различные синтезаторы «понимают» синтезируемое подмножество языка VHDL поразному.

Рассмотрим два достаточно распространённых синтезатора логических схем: синтезатор XST и синтезатор LeonardoSpectrum, далее называемый Leonardo. Синтезатор XST входит в состав системы Xilinx ISE сквозного проектирования программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) фирмы Xilinx. Синтезатор Leonardo (фирма Mentor Graphics) позволяет синтезировать как схемы ПЛИС, так и логические схемы в заданной пользователем библиотеке проектирования. Такие схемы входят в состав заказных СБИС (ASIC). Заметим, что Leonardo может быть использован в качестве инструмента синтеза и в системе Xilinx ISE. На практике зачастую приходится использовать оба синтезатора, например, в случае перехода от ПЛИС к заказной СБИС либо наоборот, когда нужно реализовать заказную схему в составе ПЛИС. Если исходные VHDL-программы написаны без учёта использования двух синтезаторов, то в некоторых достаточно «тонких» ситуациях могут проявиться различия в определении синтезируемых конструкций и проект, синтезированный с помощью одного синтезатора, может не синтезироваться другим синтезатором.

Целью данной статьи является изучение и сравнение множеств моделируемых, но несинтезируемых конструкций языка VHDL для XST (версия 8.1i) и для Leonardo (версия 2005a.82). Предполагается, что читатель знаком с основами программирования на VHDL.

Приведём пример моделируемой, но несинтезируемой VHDL-программы:

```
-- VHDL-код, несинтезируемый в
Leonardo и XST

entity example_1_shared is
port(
x1 : in integer;
y1, y2 : out integer);
end example_1_shared;
architecture beh of
example_1_shared is
shared variable COUNT : Integer;
begin
p1: process (x1)
begin
COUNT := 1;
y1 <= x1 + COUNT;
end process;
p2: process (x1)
begin
COUNT := 3;
y2 <= x1 + COUNT;
end process;
end beh;
```

Разделяемая (shared) переменная COUNT используется в двух процессах p1, p2, однако при синтезе появляется противоречие, связанное с употреблением этой переменной. Естественно, что если в каждом процессе использовать свою локальную переменную, например, COUNT1 – для процесса p1, COUNT2 – для процесса p2, то описание будет синтезируемым. Так вот, далее в статье будут рассматриваться корректные VHDL-программы (VHDL-конструкции), которые являются моделируемыми, но не синтезируемыми. Будем называть их запрещёнными (для синтеза, но не для моделирования) VHDL-конструкциями. Запрещёнными VHDL-конструкциями в синтезаторах XST и Leonardo могут быть некоторые типы данных и операторы. Запреты на синтез могут быть связаны также с определёнными ограничениями на использование операторов, отсутствие поддержки при синтезе может быть связано также с превышением размерностей данных и т.д.

Перечислим конструкции, которые *не поддерживаются при синтезе* обоими синтезаторами XST и Leonardo. Попутно будем фиксировать найденные экспериментальным путём различия в понимании (опреде-

лении) синтезаторами запрещённых конструкций. Заметим, что большое число примеров синтезируемых VHDL-конструкций для Leonardo можно найти в [2].

Операции над типом real не поддерживаются при синтезе

Отсутствие поддержки понимается следующим образом: если проектировщик употребил в VHDL-коде тип real, то синтезаторы выдадут сообщение об ошибке (тип real нельзя декларировать) и схема не будет построена:

```
-- Несинтезируемый VHDL-код в
Leonardo и XST

entity exp1_real is
port(
b1 : in real range 2.0 to 3.14;
 -- ошибка (тип real не поддер-
живается при синтезе)
b2 : in real range -2.0 to 4.77;
b3 : out real range -4.0 to
8.00);
end exp1_real;
architecture str1 of exp1_real
is
begin
b3 <= b1 + b2;
end str1;
```

Операции над файлами не поддерживаются при синтезе

Данные операции используют ключевые слова VHDL: file (файл), acsess – (доступ).

Распределители (allocators) не поддерживаются при синтезе

Эта конструкция комментариев не требует.

Атрибуты, определённые пользователем

Синтезатор XST не поддерживает такие атрибуты, а синтезатор Leonardo – поддерживает. Пример атрибута two_length, определённого пользователем, приведён в листинге:

```
-- VHDL-код, синтезируемый в
Leonardo
-- VHDL-код, несинтезируемый в
XST

entity attr is
port( a : in bit_vector (0 to
5);
 b : out integer); end;
architecture beh of attr is
attribute two_length : integer;
attribute two_length of a : sig-
nal is (a'length) * 2;
begin
b <= a'two_length;
end;
```

В результате синтеза представленной VHDL-программы Leonardo получает схемную реализацию константы 12 (удвоенная длина массива). Логическая схема состоит из элементов, реализующих логический нуль и логическую единицу.

Сигналы, декларированные в пакете

Синтезатор Leonardo *не поддерживает* такие декларации (пример в листинге ниже), синтезатор XST – *поддерживает*. В листинге приведено структурное описание схемы, внутренний сигнал C1 которой декларирован в пакете pack:

```
-- VHDL-код, несинтезируемый в
Leonardo
-- VHDL-код, синтезируемый в XST

package pack is
signal C1 : bit; -- декларация
сигнала C1
end pack;

package body pack is
end pack;
Library work;
use work.pack.all;
entity adder_2 is
port (a1, b1, a2,b2 : in BIT;
 c2,s2,s1 : out BIT);
end adder_2;
architecture struct_1 of adder_2
is
component
add1 port (b1,b2: in BIT;
 c1,s1: out BIT);
end component;
component add2 port(c1, a1,a2:in
BIT;
 c2,s2:out BIT);
end component;
-- signal c1:BIT := '1'; -- сигнал
декларирован в пакете pack
begin
circ1: add1 port map (b1, b2,
c1, s1);
circ2: add2 port map (c1, a1,
a2, c2, s2);
end struct_1;
```

Заметим, что если внести в описание строку, являющуюся комментарием (в VHDL каждая строка комментария начинается с двух символов «–»), и не использовать пакет pack, то и для Leonardo описание станет синтезируемым. Очевидно, что оба синтезатора потребуют функциональные описания компонент add1, add2 для полноты проекта.

Ключевое слово after игнорируется при синтезе

Это справедливо для обоих синтезаторов. Игнорируется – это значит – пропускается, как будто этого слова вовсе и нет. Поэтому синтезаторы не гарантируют требуемую задержку синтезированной схемы (задержка определяется алгоритмической моделью). Синтезаторы ориентированы на реализацию некоторых функций (алгоритмов), которые соответствуют событиям, связанным между собой причинно-следственными связями в физическом времени, схемная реализация функций может привести к поведению во времени, отличающемуся от поведения во времени алгоритмической модели.

Например, оператор

```
Y <= X1 or X2 or X3 after 30 ns;
```

в процессе синтеза заменяется трёхвходовым дизъюнктором, который имеет задержку, например, 3 нс. Это реальная задержка логического элемента из технологической библиотеки. Таким же логическим элементом будет заменен оператор

```
Y <= X1 or X2 or X3 after 1 ns;
```

Даже в этом простейшем примере видно, что поведение во времени исходной алгоритмической модели будет отличаться от поведения логической схемы.

Ограничения на инициализацию значений

Игнорируются инициальные значения сигналов в разделе декларации сигналов архитектурного тела. Игнорируются инициальные значения портов OUTPUT, INOUT в интерфейсе объекта проекта, т.е. в entity. В операторе процесса игнорируются инициальные значения переменных в разделе деклараций переменных.

Ограничения использования оператора цикла loop

Циклы поддерживаются, если цикловые переменные ограничены константами.

Ограничения на использование оператора wait

Выражение в условии `until` оператора wait должно определять передний или задний фронт. Многократные операторы `wait` допускаются в операторе процесса, однако условия ожидания должны быть одинаковыми [2]. Для XST оператор `wait` не может быть внутри цикла (оператор цикла может быть в процессе, функции, процедуре), для Leonardo – может.

Ограничения на атрибуты выделения фронтов сигналов

Атрибуты `'event`, `'stable` могут быть использованы только для того, чтобы определить передний или задний фронты сигналов. Например:

- `clk'event and clk='1'` (задание переднего фронта сигнала `clk`);
- `clk'event and clk='0'` (задание заднего фронта сигнала `clk`);
- `not clk'stable and clk='0'` (задание заднего фронта сигнала `clk`).

Выражения, задающие фронты сигналов, могут быть использованы только как условия. Например:

- `If (clk'event and clk='1') then` (условие в операторе `if`);
- `Wait until ((not clk'stable) and clk='0')` (условие в операторе wait);
- `Block (clk'event and clk='1')` (охранное выражение в операторе блока).

В условиях (выражениях), где есть синхросигнал `clk`, не допускается употребление других сигналов. Например, конструкция

```
If (clk'event and clk='1' and
rst ='0') then
```

является запрещённой как для Leonardo, так и для XST.

В приведённом ниже примере синтезатор Leonardo синтезирует схему (триггер и логический элемент), а синтезатор XST выдаёт сообщение об ошибке:

```
-- VHDL-код, синтезируемый в
Leonardo
-- VHDL-код, несинтезируемый в
XST
library IEEE;
use IEEE.std_logic_1164.all;
entity event is
 port (CLK, D : in std_logic;
 Q1 : out std_logic;
 Q2 : out boolean);
end;
architecture RTL of event is
begin
 process (CLK)
 begin
 if (CLK'event and CLK = '1')
then -- триггер
 Q1 <= D;
 end if;
Q2 <= (CLK'event and CLK = '0'); --
инвертор
 end process;
end RTL;
```

Если удалить из листинга строку, отмеченную жирным шрифтом, то XST строит схему – D-триггер.

В следующем примере синтезатор XST не синтезирует логическую схему, Leonardo – синтезирует:

```
-- VHDL-код, синтезируемый в
Leonardo
-- VHDL-код, несинтезируемый в
XST

entity while_loop is
port (inp_sig : in bit_vector (3
downto 0);
ena : in bit;
result : out bit_vector (3 down-
to 0));
end while_loop;
architecture example of
while_loop is
begin
process
variable i : integer;
begin
i := 0;
while (i<4) loop
 result (i) <= ena and
inp_sig(i);
i := i + 1;
end loop;
wait until (inp_sig = "1010");
end process;
end example;
```

Всё дело в выделенном жирным шрифтом условии (`inp_sig = "1010"`) ожидания в операторе wait: для синтезатора XST не допускается использования векторов в условиях для `wait`. Если использовать однобитный сигнал, то XST схему синтезирует. В синтезаторе XST оператор wait может использоваться в следующем виде:

```
wait [on clock_signal] until
[clock_signal'event | not
clock_signal'stable) and]
clock_signal= {'0'|'1'};
```

Квадратные скобки означают необязательное выражение, вертикальная черта служит для обозначения альтернативных случаев.

Ограничения для операций {/, rem, mod}

В выражениях

```
c <= x / y; -- операция деления,
c - целая часть частного
d <= x rem y; -- операция деле-
ния, d - остаток
e <= x mod y; -- операция деле-
ния по модулю
```

значение y должно быть 2^N, $N = 0, 1, 2, \ldots$. Например, следующие выражения:

```
c <= a /(-2); --error
d <= b rem (3); --error
e <= x mod (5); --error
```

рассматриваются как ошибки, и схемы не синтезируются.

Ограничения оператора ** (возведение в степень)

Оператор

```
c <= a**(2); --error
```

приводит к ошибке в XST и в Leonardo. В обоих синтезаторах только число 2 можно возводить в степень:

```
c <= 2**(N); -- good
```

где N – целое положительное число типа `integer`.

В Leonardo можно схемно реализовать оператор `c <= 2**(N);`, если $0 \le N \le 30$. Чтобы работать в Leonardo с большей размерностью N типа `integer`, требуется подключение пакетов, например пакета `NUMERIC_STD`. Все описанные в пакете `NUMERIC_STD` функции поддерживаются при синтезе, кроме функций `{/, rem, mod}`, которые синтезируются только в случаях, когда делитель равен 2^N.

В отличие от Leonardo, синтезатор XST реализует оператор:

```
c <= 2**(N);
```

для $N > 30$.

Охраняемый блок

Пример показывает различия в синтезируемых конструкциях Leonardo и XST: в синтезаторе Leonardo схема синтезируется, в XST выдаётся сообщение, что охраняемые сигналы не поддерживаются при синтезе, и схема не строится:

```
-- VHDL-код, синтезируемый в
Leonardo
-- VHDL-код, несинтезируемый в
XST

entity guard is
port(
x1, x2, x3, x4, x5, x6 : in bit;
v, w : out bit);
end guard;
architecture str of guard is
begin
p1: block ((x5 and x6 )='1')
begin
v <= guarded (x1 or x2);
w <= guarded (x3 xor x4);
end block;
end str;
```

Назначение сигнала

В XST поддерживаются операторы назначения сигнала с ключевым словом `transport` и не поддерживаются со словом `guarded` (охраняемый). В Leonardo таких ограничений нет.

Сигналы типа register, bus

В XST *не поддерживаются* типы `register`, `bus`, а в Leonardo поддерживаются. Если декларировать сигналы такого типа, то синтезатор XST выдаёт следующее сообщение: «`Bus or register unsupported in signal declaration.`»

Ключевое слово disconnect не поддерживается

В таблицу сведены результаты сравнения синтезаторов: знак «–» соответствует запрещённой для синтеза конструкции; знак «+» соответствует синтезируемой конструкции; знак «#» указывает на различное понимание синтезируемости конструкции в сравниваемых синтезаторах. В общем оказывается, что Leonardo имеет меньше запрещённых VHDL-конструкций, исключение составляет только операция возведения в степень 2^N, для которой XST не имеет ограничения $N \le 30$. Поэтому проекты, синтезированные в XST, имеют шанс быть синтезированными в Leonardo без дополнительных изменений, но не наоборот. Однако это не абсолютный вывод, опытные проектировщики, возможно, встречались и с другими ситуациями несовместимости синтезаторов. Синтезаторы быстро совершенствуются, и для следующих версий ситуация может быть уже другой.

Результаты сравнения синтезаторов

VHDL-конструкция	Синтезатор XST	Синтезатор Leonardo
real	–	–
file, accsess	–	–
allocator	–	–
disconnect	–	–
guarded	–	+
register	–	+
bus	–	+
linkage	–	+
group	–	+
wait	#	#
x/a; x rem a; x mod a; ($a = 2^N$, N = 0,1, 2, …)	+	+
2**N	#	#
a**(N)	–	–
Декларация сигнала в пакете	+	–
Атрибут, определённый пользователем	–	+
after	Игнорируется	Игнорируется

Для получения синтезируемых проектов, повышения их качества и возможности использования обоих синтезаторов – XST и Leonardo – можно рекомендовать следующее.

- Не используйте в VHDL-проектах задание времени в «явном» виде, т.е. следует избегать конструкций вида `wait for`;
- Переключайте состояния проектируемых систем по изменениям фронтов и уровней сигналов;
- Не пользуйтесь конструкциями, которые не синтезируются (различаются в понимании) в обоих синтезаторах. Пользуйтесь теми конструкциями, которые понимаются одинаково в обоих синтезаторах, тем более что таких конструкций подавляющее большинство;
- Для унификации проектов пользуйтесь пакетами из библиотеки IEEE;
- Особенно осторожно следует обращаться с оператором `wait` ожидания и выражениями для условий ожидания. Именно эти конструкции приводят к последовательностным схемам, т.е. схемам с триггерами, и именно здесь есть важные отличия XST и Leonardo. В выражениях с сигналом `clk` должен участвовать только один сигнал `clk`, а не несколько сигналов, – это довольно типичная ошибка;
- Для описания комбинационной логики не используйте охраняемые сигналы и блоки – они ведут к триггерам;
- Чем ближе стиль VHDL-программ к стилю *data flow* [1, 2], тем лучшие результаты синтеза в обоих синтезаторах – имеется в виду сложность и быстродействие логических схем;
- Совместимость синтезаторов XST и Leonardo может быть обеспечена на уровне RTL-описаний, например, проект синтезируется Leonardo, затем с помощью команды `unmap` осуществляется переход к RTL-описанию, которое воспринимается синтезатором XST. Напомним, что RTL-описания, получаемые Leonardo после unmap, содержат только логические операторы и операторы `port map` структурного описания.

Литература

1. *Поляков А.К.* Языки VHDL и VERILOG в проектировании цифровой аппаратуры. М.: СОЛОН-Пресс, 2003.
2. *Бибило П.Н.* Синтез логических схем с использованием языка VHDL. М.: Солон-Р, 2002.

Моделирование источников преднамеренных помех системам аналоговой связи

Роман Антипенский (г. Воронеж)

В статье рассматривается методика создания источников преднамеренных помех сигналам с аналоговой модуляцией. Эти источники помех предназначены для моделирования реальных условий работы приёмо-передающей радиоэлектронной аппаратуры, использующей сигналы с аналоговой модуляцией. Статья может оказаться полезной разработчикам такой аппаратуры.

При проектировании приёмо-передающих радиоэлектронных устройств с помощью систем схемотехнического моделирования (ССМ), таких как OrCAD, Microcap, DesignLab и др., часто приходится использовать различные источники сигналов для проверки проектируемой схемы на предмет передачи (преобразования) первичного сигнала без искажений. При этом имеющиеся в подобного рода программах источники сигналов не всегда в полной мере удовлетворяют запросам разработчиков. Для исследования характеристик создаваемых устройств в условиях воздействия реальных сигналов и помех часто приходится разрабатывать собственную модель входной смеси сигнала и помехи, а затем использовать её при моделировании схемы в ССМ. В предыдущих публикациях [1–4] автор показал методику разработки и использования источников различных сигналов в программной среде MathCAD. Эта статья знакомит читателя с моделями преднамеренных помех системам аналоговой связи, создаваемых аппаратурой радиоподавления, и с методикой использования таких помех в качестве входных сигналов в ССМ радиоэлектронных устройств DesignLAB.

Согласно действующей в настоящее время классификации, помеховые сигналы делятся на три основных вида [6]: деструктивные, маскирующие и имитирующие. Также могут иметь место их комбинации. Маскирующие и имитирующие помеховые сигналы, как правило, являются аддитивными, т.е. в подавляемом приёмном устройстве они складываются с полезным сигналом. Деструктивные помеховые сигналы реализуются с помощью преднамеренных электромагнитных излучений большой энергии. Воздействие деструктивных помеховых сигналов приводит к необратимым изменениям входных элементов приёмных устройств объектов подавления. Маскирующие помеховые сигналы, воздействуя в сумме с полезным сигналом на приёмное устройство, исключают или в значительной мере затрудняют принятие решения об обнаружении и распознавании (классификации) поступающих на вход приёмного устройства полезных сигналов. Основные параметры имитирующих помеховых сигналов преднамеренно делаются близкими к параметрам сигналов имитируемых объектов, что может привести, например, к перенацеливанию подавляемых систем управления войсками и оружием с истинных целей на ложные.

Наибольшее распространение в технике радиоэлектронного подавления получили маскирующие помехи [6], среди которых обычно выделяют помехи сигналам с аналоговой и дискретной модуляцией, а также помехи широкополосным сигналам. В данной работе автор ставит целью разработать источники помех аналоговым сигналам и показать методику формирования аддитивной смеси сигнала и соответствующей ему помехи, которую затем можно будет подавать на вход моделируемого устройства для проверки его работоспособности в условиях воздействия преднамеренных помех.

Модель частотно-модулированной шумовой помехи

В станциях помех линиям радиосвязи с сигналами с аналоговой модуляцией автоматически назначается помеха в виде несущей, модулированной по частоте полосовым шумом с девиацией ±3,5 кГц, ±5 кГц, ±10 кГц (ЧМШ) [6]. Для моделирования такой помехи необходимо сформировать шумовую последовательность, используя модель телефонного сообщения [1], а затем осуществить модуляцию несущей по частоте этим полосовым шумом. При этом математическая модель такого помехового сигнала может быть представлена следующим выражением:

$$S_{\text{ЧМШ}}(t_j) = Sm\cos\left(2\pi f_0 t_j + \psi + \sum_{k=0}^{N_\Gamma - 1} m_{f_k} \sin\left(2\pi F_k t_j + \varphi_k\right)\right), \quad (1)$$

где Sm – амплитуда несущего колебания; f_0 – частота несущего колебания; ψ – фазовый сдвиг несущего колебания; F_k,φ_k – частота и фазовый сдвиг k-ой гармоники модулирующего шума; N_Γ – количество моделируемых гармонических составляющих в шуме; m_{fk} – индексы частотной модуляции, вычисляемые по формуле [7]:

$$m_{fk} = a\frac{Um_k + dU_k}{F_k}, \quad (2)$$

где a – некоторый параметр, характеризующий нелинейный элемент модулятора; Um_k, dU_k – амплитуды гармонических составляющих шума и их флуктуации.

Приступим к разработке модели ЧМШ-помехи в программной среде MathCAD, при этом в качестве подавляемого сигнала возьмём амплитудно-модулированный сигнал, математическая модель которого может быть представлена следующим выражением [1]:

$$S_{AM}(t_j) = Sm\left[1 + \sum_{k=0}^{N_\Gamma - 1} m_k \left(Um_k + dU_k\right)\cos\left(2\pi\left(F_k + dF_k\right)t_j + \varphi_k\right)\right]\cos\left(2\pi f_0 t_j + \psi\right), \quad (3)$$

где Sm – амплитуда несущего колебания; f_0 – частота несущего коле-

бания; F_k,φ_k – частота и фазовый сдвиг k-ой гармоники первичного сигнала; $N_г$ – количество моделируемых гармонических составляющих в первичном сообщении; m_k – парциальные коэффициенты амплитудной модуляции, вычисляемые по формуле:

$$m_k = a\frac{(Um_k + dU_k)}{Sm}, \qquad (4)$$

где a – некоторый параметр, характеризующий нелинейный элемент модулятора; Um_k, dU_k – амплитуды гармонических составляющих телефонного сообщения и их флуктуации.

Первое, с чего мы начнём, – сформируем отсчёты индексной переменной j, которую будем использовать для доступа к элементам массивов, а также сформируем отсчёты времени t_j и частоты f_j:

$$Nn := 10000 \quad j := 1..Nn$$

$$t_j := j\times10^{-6} \quad f_j := j\times10^{2}.$$

Далее задаём количество гармонических составляющих первичного сигнала, индексную переменную k, а также амплитуды Um и частоты F десяти гармоник, которые будут участвовать в формировании модулирующего колебания для амплитудно-модулированного сигнала и полосового шума для ЧМШ-помехи:

$$N := 10 \quad k := 1...N \quad Um_1 := 3$$
$$Um_2 := 4 \quad Um_3 := 6 \quad Um_4 := 5$$
$$Um_5 := 4{,}5 \quad Um_6 := 4 \quad Um_7 := 3{,}5$$
$$Um_8 := 3 \quad Um_9 := 2{,}4 \quad Um_{10} := 2$$
$$F_1 := 300 \quad F_2 := 600 \quad F_3 := 900$$
$$F_4 := 1200 \quad F_5 := 1500 \quad F_6 := 1800$$
$$F_7 := 2100 \quad F_8 := 2400$$
$$F_9 := 2800 \quad F_{10} := 3200$$

Затем формируем случайные фазовые сдвиги гармоник φ, реализацию нормально-распределённого шума Q, временной массив первичного сигнала T и рассчитываем его спектр с использованием функции альтернативного быстрого преобразования Фурье $Cfft(S(t))$ [5]. При этом как для временного, так и для спектрального представлений первичного сигнала выполним нормировку амплитудных значений. Результирующие массивы формы и спектра модулирующего колебания обозначены с использованием идентификаторов TLF и bT соответственно:

$$um := \max(Um) \quad \Phi_k := \mathrm{rnd}(Um_k)\pi$$
$$Q := \mathrm{rnorm}(10001,0,1)$$

$$T_j := \sum_{k=1}^{N}\frac{Um_k}{um}\cos(2\pi F_k t_j + \Phi_k)$$

$$R := \max(T) \quad TLF_j := \frac{T_j}{R}$$

$$SwT := cfft(T) \quad vT_j := |SwT_j|$$

$$r := \max(vT) \quad bT_j := \frac{vT_j}{r}$$

Далее вводим амплитуду сигнала Us, несущую частоту f_0, глубину модуляции a и уровень шума Sh, формируем аддитивную смесь st амплитудно-модулированного сигнала и шума и рассчитываем её спектр b:

$$U := 1 \quad f0 := 70\times10^{3} \quad a := 1 \quad Sh := \frac{1}{5}$$

$$st_j := U(1 + aTLF_j)\cos(2\pi f0\, t_j) + ShQ_j$$

$$mst := \max(st) \quad st_j := \frac{st_j}{mst}$$

$$Sw := cfft(st) \quad v_j := |Sw_j|$$

$$r := \max(v) \quad b_j := \frac{v_j}{r}$$

Затем вводим параметры помехи: амплитудный уровень Up по отношению к уровню сигнала, девиацию D, несущую частоту помехи fp. Далее формируем случайные значения амплитуды Ump и фазовых сдвигов φp гармонических составляющих, участвующих в формировании модулирующего шума, генерируем массив временных отсчётов помехи s в соответствии с выражением (1), рассчитываем амплитудный спектр ЧМШ-помехи bp и формируем аддитивную смесь АМ-сигнала и ЧМШ-помехи (идентификатор ss):

$$Up := \frac{1}{4} \quad D := 1000 \quad fp := 65\times10^{3}$$

$$Ump_k := rnd(Um_k) + um$$

$$\Phi p_k := rnd(Ump_k)\pi$$

$$ump := max(Ump) \quad m1_k := \frac{Ump_k}{ump}\frac{D}{F_k}$$

$$s_j := \cos\left(2\pi fpt_j + \sum_{k=1}^{N} m1_k \sin(2\pi F_k t_j + \Phi p_k)\right)$$

На рис. 1 представлены результаты моделирования аддитивной смеси АМ-сигнала, гауссова шума и ЧМШ-помехи.

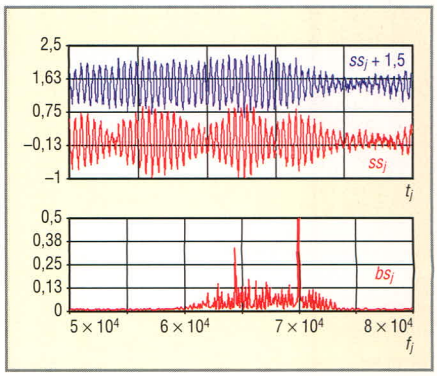


Рис. 1. Результаты моделирования аддитивной смеси АМ-сигнала, гауссова шума и ЧМШ-помехи

Единственное, что осталось сделать, – это записать в файл результат формирования временного представления аддитивной смеси для её использования в качестве входного сигнала в системе схемотехнического моделирования РЭУ. В ССМ DesignLAB предусмотрен источник сигнала из файла, при этом данные в файле необходимо представить в следующем формате:

```
(<отсчёт времени 1> , <отсчёт
амплитуды 1>)
(<отсчёт времени 2> , <отсчёт
амплитуды 2>)
. . .
(<отсчёт времени N> , <отсчет
амплитуды N>).
```

Для того чтобы наш аддитивный сигнал выглядел в файле подобным образом, добавим в модель следующий программный код:

$$i := 0..1 \quad sig_{j,i} := if(i = 0, t_j, ss_j)$$

$$\mathrm{WRITEPRN}("sig.dat") := sig$$

Поясним введённые обозначения. Мы сформировали массив всего из двух значений (0 и 1) для индексной переменной i, которая будет участвовать в формировании двумерного массива sig по правилу: если $i = 0$, то в j-элемент массива записываем отсчёт времени t_j, если не равен нулю (равен 1) – то записываем отсчёт аддитивного сигнала ss_j. Затем формируем файл с именем $sig.dat$, он будет размещаться в том же каталоге, что и наш файл с моделью. Следует также сказать о том, что для правильной записи результатов моделирования в файл необходимо в программе MathCAD установить следующие значения системных параметров PRN File Settings: Precision

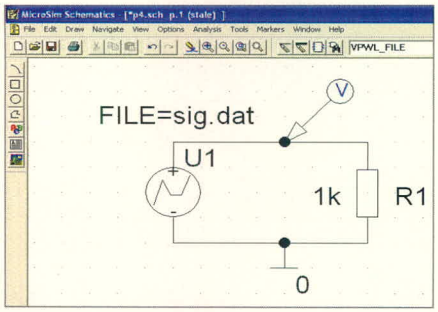


Рис. 2. Испытательная схема с источником сигнала из файла

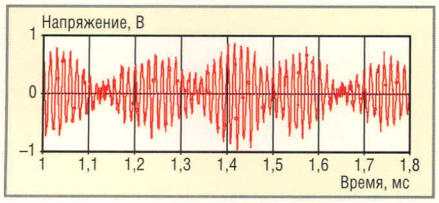


Рис. 3. Результаты моделирования источника сигнала с аддитивной смесью АМ-сигнала и ЧМШ-помехи в системе DesignLAB

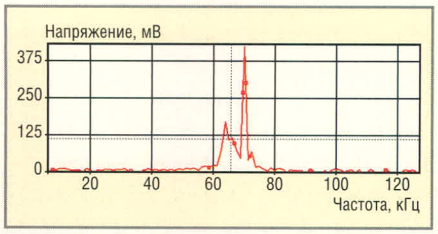


Рис. 4. Результаты спектрального анализа аддитивного сигнала в системе схемотехнического моделирования DesignLAB

(точность отображения) = 10, Column Width (ширина столбца) = 20.

Покажем теперь, как выполнить ввод и моделирование испытательной схемы для проверки источника сигнала в DesignLAB. Введём схему, показанную на рис. 2.

В качестве источника сигнала воспользуемся компонентом VPWL_FILE (источник напряжения, заданный в файле) и установим значение его атрибута File = sig.dat. Сохраним собранную схему, поместив в папку со схемой файл sig.dat, зададим параметры директивы временного анализа и выполним моделирование. В окне программы Probe системы DesignLAB мы увидим точно такой же аддитивный сигнал, который первоначально был создан нами с помощью программы MathCAD (см. рис. 3).

Выполнив быстрое дискретное преобразование Фурье в системе схемотехнического моделирования DesignLAB, получим спектральное представление сигнала, полностью соответствующее тому, которое мы получили с использованием разработанной модели в программной среде MathCAD (см. рис. 4).

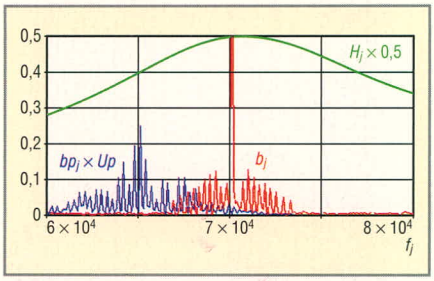


Рис. 5. Аддитивная смесь АМ-сигнала и ЧМШ-помехи на входе избирательной цепи радиоприёмного устройства подавляемой системы связи

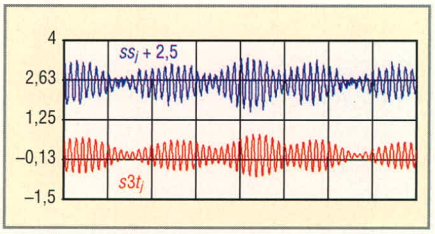


Рис. 6. Аддитивный сигнал до и после фильтрации избирательной цепью

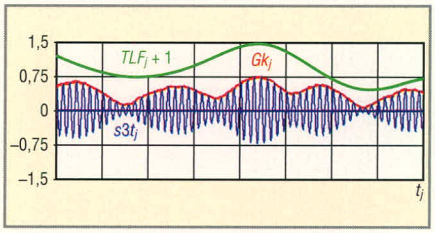


Рис. 7. Временная форма первичного и детектированного сигналов

Покажем возможность осуществления анализа приема АМ-сигнала в условиях воздействия ЧМШ-помехи с использованием разработанного источника сигнала. Для этого примем следующие ограничения и допущения:

- в качестве избирательной цепи радиоприёмного устройства АМ-сигнала будем использовать простой колебательный контур;
- детектирование АМ-сигнала и его фильтрацию будем осуществлять с использованием математических операций, которые детализируем далее;
- при анализе результатов приёма сигнала будем использовать функцию ошибок, значения которой положим отличными от нуля при превышении разности отсчётов исходного и детектированного сигналов некоторого порога.

Зададим параметры элементов колебательного контура *R*, *L*, *C*, рассчитаем его комплексную передаточную характеристику *h* и вычислим его добротность *Qk* и резонансную частоту *fp*:

$$R := 500 \quad C := 20 \times 10^{-9} \quad L := 0,253 \times 10^{-3}$$

$$w_0 := \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad fp := \frac{w_0}{2\pi} \quad Qk := R\sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$h_j := \frac{1}{1 + \sqrt{-1}Qk\left(\frac{-w_0}{2\pi f_j} + 2\pi\frac{f_j}{w_0}\right)}$$

$$h2_j := |h_j| \quad z := \max(h2) \quad H_j := \frac{h2_j}{z}$$

Выведем на график спектры сигналов и помехи, амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) контура (см. рис. 5).

Используя спектральный метод анализа [7] прохождения сигналов через цепи, вычислим комплексный спектр смеси *R3* на выходе избирательной цепи радиоприёмного устройства подавляемой системы связи. Выполнив обратное альтернативное преобразование Фурье *icfft*(*x*) [6], получим массив комплексных отсчетов аддитивной смеси *S3t* на выходе во временной форме (см. рис. 6):

$$R3_j := Sw3_j \cdot \overline{h_j} \quad r3_j := |R3_j|$$

$$a3 := \max(r3) \quad Sp3_j := \frac{r3_j}{a3}$$

$$S3t := icfft(R3) \quad s3t_j := Re(S3t_j)$$

$$z3 := \max(s3t) \quad s3t_j := \frac{s3t_j}{z3}$$

На рис. 6 показаны результаты фильтрации аддитивной смеси сигнала и помехи, из которых видно, что в выходном сигнале значительно ослаблено влияние шумов (высокочастотной составляющей).

Затем выполним детектирование АМ-сигнала, используя математическую операцию выделения модуля, что соответствует принципу детектирования амплитудно-модулированных сигналов – выделению огибающей модулированного сигнала. Программный код такой операции запишется следующим образом:

$$G3_j := |S3t_j| \quad g := \max(G3) \quad Gk_j := \frac{G3_j}{g}.$$

Из графика (см. рис. 7) видно значительное влияние ЧМШ-помехи – в детектированном сигнале появились отклонения амплитуды, которых нет в первичном сообщении.

Выполним фильтрацию детектированного сигнала *Gk*, исключив из его

спектра гармонические составляющие, частоты которых превышают верхнюю частоту спектра первичного сигнала F_N (см. рис. 8):

$$Us := cfft(Gk) \quad uv_j := |Us_j|$$

$$m2 := \max(uv) \quad uv := \frac{uv_j}{m2}$$

$$fil_j := if\left(0 < f_j \le \right.$$

$$\left. \le F_N, Us_j \exp\left(-\sqrt{-1 \times 0{,}21}\right), 0\right)$$

$$fit := icfft(fi1) \quad Ufil_j := Re(fit_j)$$

В результате в переменной *Ufil* будут содержаться отсчёты детектированного сигнала после фильтрации. Для дальнейшей обработки принятого сигнала (анализа результата подавления принятого сообщения) необходимо привести первичный и детектированный сигналы к единому масштабу по амплитудной оси. Приводимый программный код осуществляет эту операцию для первичного сигнала *TLF* и детектированного *Ufil*:

$$mu := \max(Ufil) \quad mim := \min(Ufil)$$

$$mu := if(|mu| > |mim|, mu, |mim|)$$

$$Ufil_j := \frac{Ufil_j}{mu}$$

$$mt := \max(TLF) \quad mit := \min(TLF)$$

$$mt := if(|mt| > |mit|, mt, |mit|)$$

$$TLF_j := \frac{TLF_j}{mt}$$

$$mf := \max(Gk) \quad Ud_j := \frac{Gk_j}{mf}$$

На рис. 9 показаны первичный *TLF*, детектированный *Ud* и отфильтрованный *Ufil* сигналы в нормированном виде.

Заключительным шагом разработки модели является формирование функции ошибок *Oz* путём подсчёта количества отсчётов, в которых разность амплитудных значений первичного *TLF* и детектированного *Ufil* сигналов превышает пороговое значения (примем его равным 0,15 относительно единицы). Максимум функции ошибок *su* далее следует разделить на общее количество отсчётов моделируемого фрагмента *Nn* и принять решение – есть эффект от воздействия помехи или нет:

$$Oz_j := if(|TLF_j - Ufil_j| > 0{,}15, 0, 2)$$

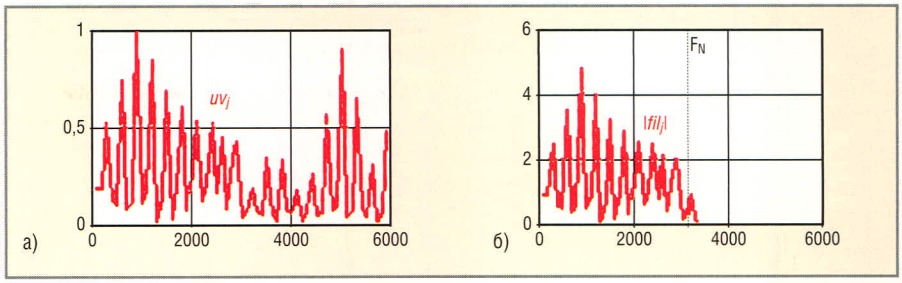


Рис. 8. Результаты фильтрации детектированного сигнала

(а) Спектр детектированного сигнала; (б) спектр детектированного сигнала после фильтра

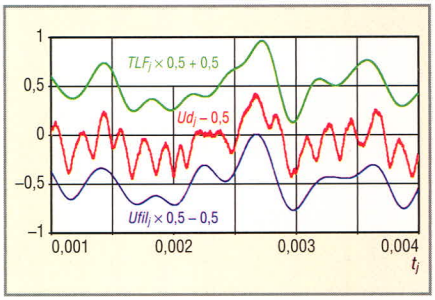


Рис. 9. Первичный *TLF*, детектированный *Ud* и отфильтрованный *Ufil* сигналы в нормированном виде

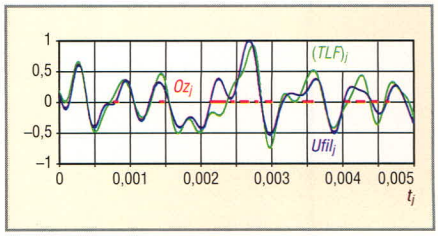


Рис. 10. Результаты анализа воздействия ЧМШ-помехи на АМ-сигнал с использованием разработанной модели

Вероятность разборчивости *Pp* = 0,737; результат подавления *Kp* = "NO EFFECT"

$$su_0 := 0$$

$$su_j := if(Oz_j = 0, \max(su) + 1, 0)$$

$$sum := \max(su)$$

На рис. 10 показаны результаты анализа воздействия ЧМШ-помехи на АМ-сигнал.

Конечно, принятые допущения и ограничения модели не позволяют в полной мере и с высокой степенью достоверности осуществить подобный анализ – это тема отдельной работы. Наша задача заключалась в том, чтобы разработать модель источника сигнала, позволяющую управлять параметрами модулированных сигналов и преднамеренных помех при моделировании различных приёмных устройств в реальных условиях работы, и показать возможность и направление дальнейшего развития модели.

Применяя модели других аналоговых сигналов, рассмотренные в работе [1], читатель без труда сможет модифицировать программный код представленной модели для создания источников аддитивных сигналов, имитирующих реальные условия работы радиоприёмных устройств систем связи с аналоговой модуляцией.

Модель частотно-модулированной полосовым шумом помехи

Наряду с ЧМШ-помехой для подавления широкополосных аналоговых сигналов в станциях помех предусмотрена помеха в виде несущей, модулированной по частоте ограниченным по амплитуде частотно-манипулированным двухполосным шумом с эффективной девиацией частоты $DF = 8 \pm 1{,}6$ кГц [6]. Такая помеха носит название ЧМШП (частотно-модулированная полосовым шумом). Граничные частоты первой и второй полос шума установлены $\Delta Sb_1 = 1{,}1...1{,}5$ кГц и $\Delta Sb_2 = 1{,}9...2{,}3$ кГц соответственно. Манипуляция полосового шума осуществляется хаотической импульсной последовательностью, которую можно получить с использованием алгоритма формирования последовательности со случайным следованием единичных и нулевых посылок [2]:

$$S_{\text{ХИП}}(t_i) = \sum_{k=0}^{N_n - 1} \sum_{n=0}^{N_u - 1} \begin{bmatrix} t_3 + \frac{T_n}{N_u} n + Pk \le t_i < t_3 + \frac{T_n}{N_u}(n+1) + Pk, \\ f\begin{Bmatrix} \text{rnd}(1) \ge 0{,}5, \\ 1, \\ 0 \end{Bmatrix}, \\ 0 \end{bmatrix}, \qquad (5)$$

где t_3 – длительность интервала задержки кодовой посылки относительно момента времени $t_i = 0$; N_u – количество импульсов в посылке; T_n – длительность кодовой посылки; N_n – количество посылок в последовательности; P – период повторения посылок.

Для построения источника помехи ЧМШП воспользуемся разработанной моделью ЧМШ-помехи. В этой модели в качестве модулирующего напряжения будем использовать частотно-манипулированный полосовой шум (ЧМнПШ). Алгоритм формирования ЧМнПШ запишем с использованием выражения (5), введя соответствующие обозначения:

$$\text{ЧМнПШ}(t_i) = \sum_{k=0}^{N_n-1}\sum_{n=0}^{N_u-1} f\left[\begin{array}{l} t_3 + \dfrac{T_n}{N_u}n + Pk \le t_i < t_3 + \dfrac{T_n}{N_u}(n+1) + Pk, \\ f\left[\begin{array}{l} \text{rnd}(1) \ge 0{,}5, \\ Re\left\{IFFT\left[H_1(j\omega)FFT\left(Sb_i(t_i)\right)\right]\right\}, \\ Re\left\{IFFT\left[H_2(j\omega)FFT\left(Sb_i(t_i)\right)\right]\right\} \end{array}\right] \\ 0 \end{array}\right], \qquad (6)$$

где $H_1(jw)$, $H_2(jw)$ – комплексные передаточные функции фильтров, обеспечивающих выделение полос шума в соответствии с описанием помехи ЧМШП; $Sb(t_i)$ – вектор значений первичной шумовой последовательности с нормальным законом распределения, $FFT(x)$ и $IFFT(x)$ – функции прямого и обратного быстрого преобразования Фурье.

Сформируем массив шума с нормальным законом распределения Q, введём граничные частоты полос $f11, f12, f21, f22$ и выполним фильтрацию шума в частотной области.

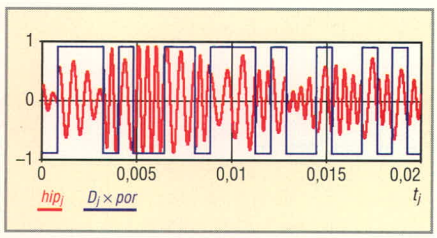


Рис. 11. Временное представление двухполосного шума и хаотической импульсной последовательности

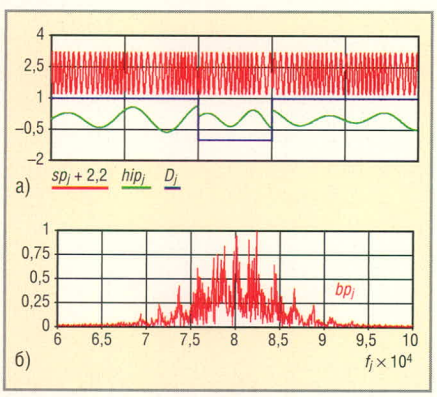


Рис. 12. Временное (а) и спектральное (б) представления ЧМШП-помехи и полосового шума

После обратного преобразования Фурье массивы $Sq1$ и $Sq2$ будут содержать необходимые для формирования помехи шумовые фрагменты:

$$Q := morm(20001,0,1)$$

$$f11 := 1100 \quad f12 := 1500 \quad f21 := 1900$$

$$f22 := 2300 \quad SQ := cfft(Q)$$

$$SQ1_j := if\left(f11 < f_j < f12, SQ_j, 0\right)$$

$$SQ2_j := \text{if}\left(f21 < f_j < f22, SQ_j, 0\right)$$

$$sq1 := icfft(SQ1) \quad Sq1_j := Re\left(sq1_j\right)$$

$$sq2 := icfft(SQ2) \quad Sq2_j := Re\left(sq2_j\right)$$

$$sm1 := \max(Sq1) \quad Sq1_j := \frac{Sq1_j}{sm1}$$

$$sm2 := \max(Sq2) \quad Sq2_j := \frac{Sq2_j}{sm2}$$

Затем введем порог por для ограничения пик-фактора шума, пересчитаем с его учётом значения массивов $Sq1$ и $Sq2$, зададим длину dS элементарного импульса хаотической импульсной последовательности (ХИП) и сформируем её (идентификатор hip) в соответствии с алгоритмом, описанным в [2]:

$$pop := 09 \quad Sq1_j := if\left(\left|Sq1_j\right| >\right.$$

$$\left. > \text{por}, \text{if}\left(Sq1_j > 0, \text{por}, -\text{por}\right), Sq1_j\right)$$

$$Sq2_j := \text{if}\left(\left|Sq2_j\right| >\right.$$

$$\left. > \text{por}, \text{if}\left(Sq2_j > 0, \text{por}, -\text{por}\right), Sq2_j\right)$$

$$dS := 8 \times 10^{-4} \quad dL := dS \times 10^6$$

$$b := 0, dL..20000 \quad rb := 0..dL$$

$$Rn_b := \text{rnd}(10\pi Q_1) \quad y_b := \Phi\left(\sin\left(Rn_b\right)\right)$$

$$Y_{(b+rb)} := y_b$$

$$D_j := if\left(Y_j > 0{,}5, 1, -1\right)$$

$$hip_j := \text{if}\left(D_j = 1, Sq1_j, Sq2_j\right)$$

На рис. 11 показан первичный сигнал (двухполосный шум), которым теперь необходимо промодулировать несущую частоту в соответствии с принципом частотной модуляции.

В заключение введём несущую частоту помехи fp, девиацию DF, параметр нелинейности модулятора a и сформируем массив ЧМШП помехи sp:

$$fp := 80 \times 10^3 \quad DF := 8000 \quad a := \frac{1}{2000}$$

$$sp_j := \cos\left(2\pi fpt_j + aDFhip_j\right)$$

На рис. 12 показаны временное и спектральное представления ЧМШП помехи.

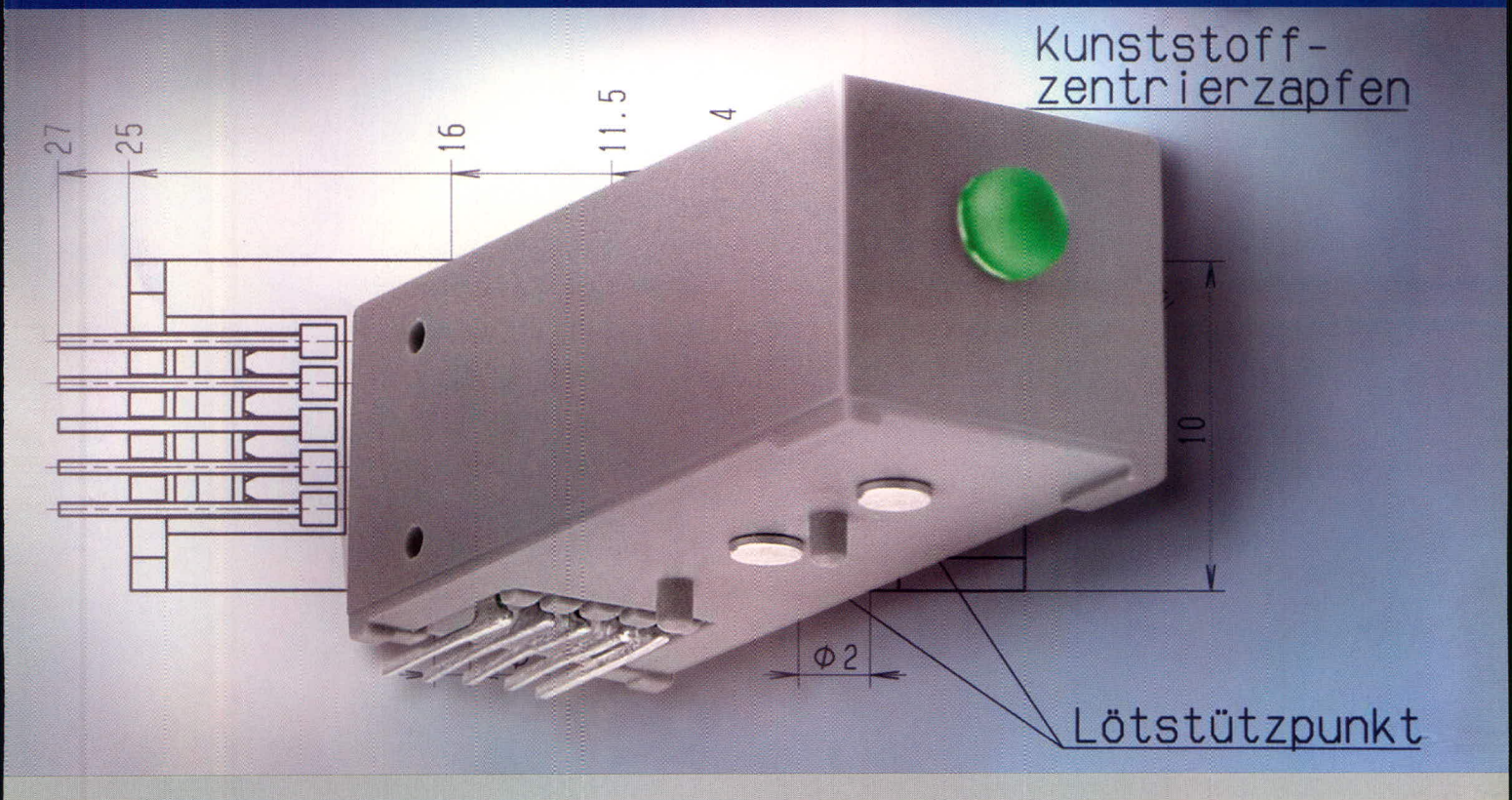
Используя представленные в работе модели преднамеренных помех, возможно создание источников аддитивных сигналов, имитирующих реальные условия работы радиоприёмных устройств систем аналоговой радиосвязи в сложной электромагнитной обстановке.

Литература

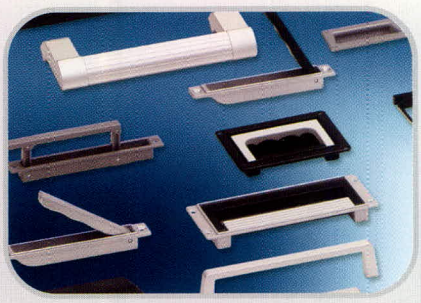
1. *Антипенский Р.В.* Моделирование источников аналоговых сигналов. Современная электроника. 2007. № 4.
2. *Антипенский Р.В.* Моделирование источников сигналов с дискретной модуляцией. Современная электроника. 2007. № 8.
3. *Антипенский Р.В.* Моделирование источников сложных сигналов. Современная электроника. , 2007. № 9.
4. *Антипенский Р.В.* Моделирование источников импульсно-модулированных сигналов. Современная электроника. 2008. № 2.
5. *Saffe R.C.* Random Signals for Engineers using MATLAB and Mathcad. Springer-Verlag, 2000.
6. *Мельников В.Ф., Линник В.А., Воронин Н.Н., Грачёв В.Н.* Основы построения комплексов и средств радиоподавления радиосвязи. Часть 2. Воронеж: ВВВИУРЭ, 1993.
7. *Гоноровский И.С.* Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Радио и связь, 1986.

MENTOR
INNOVATIONS FOR THE FUTURE

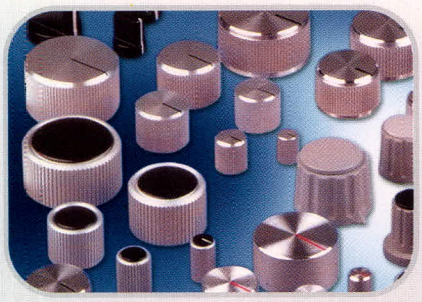
Бесконтактные сенсорные переключатели



- Принцип бесконтактного переключения (емкостной или оптический принцип)
- Возможность регулировки чувствительности
- Возможность поставки во влагозащищенном исполнении
- Температурный диапазон от -40 °C до +85 °C
- Пригодны для автоматической сборки
- Малые размеры (10 * 10 * 25 мм)
- Возможность монтажа внутри корпуса изделия позволяет делать выбор любого дизайна изделия и обеспечивает защиту от вандализма



приборные ручки



регулировочные ручки

светопроводники и системы на их основе

ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ПОСТАВЩИК ПРОДУКЦИИ MENTOR В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ

PROSOFT®

(495) 232-25-22 • info@prochip.ru • www.prochip.ru

Реклама

«ЭкспоЭлектроника» и «ЭлектронТехЭкспо»: демонстрационная площадка высоких достижений электронной промышленности

С 15 по 18 апреля 2008 г. прошли международные выставки «ЭкспоЭлектроника» и «ЭлектронТехЭкспо», ставшие уже традиционными мероприятиями индустрии профессиональной электроники. Организаторами проектов выступили компания «Примэкспо» и её официальный партнёр – компания ITE Group plc.

За 11 лет своего существования выставка «ЭкспоЭлектроника» стала крупнейшим отраслевым событием в России и Восточной Европе. Выставка «ЭлектронТехЭкспо» в этом году прошла уже в 6-й раз, за годы совместной работы с «ЭкспоЭлектроникой» данный проект вырос по площади и в этом году занял 34% экспозиции.

Цифры и факты

В этом году свою продукцию и услуги представили 509 компаний из 26 стран мира. «ЭкспоЭлектроника» – выставка международная. «За» её международность как количественные показатели – доля зарубежных экспонентов составила 36,9%, – так и качественные – ежегодные национальные стенды лидеров электронной отрасли (Германии, Гонконга, Тайваня, Республики Корея, Китая). За дни работы выставок их посетили более 20 000 специалистов. Общая площадь экспозиции составила 20 775 кв.м.

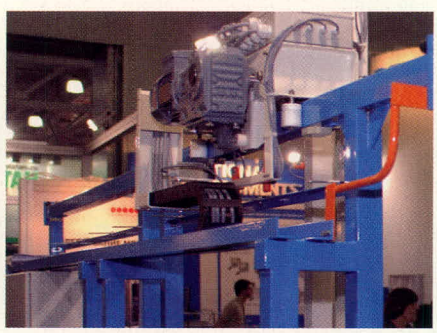
Экспозиция выставок

«ЭкспоЭлектроника» и «ЭлектронТехЭкспо» в очередной раз представили деловой общественности состояние российской электронной промышленности.

Центральное место экспозиции выставки «ЭкспоЭлектроника» практически полностью было занято крупнейшими дистрибьюторами, которые представили свои услуги по поставке компонентов и комплектующих, а также профессионально консультировали посетителей выставки.

Более 50 предприятий российской промышленности были представлены на масштабном коллективном стенде радиоэлектронного комплекса России, площадь которого составила более 200 кв. м.

С каждым годом возрастает активность и зарубежных производителей, свидетельствующая об интересе к развивающемуся рынку России. В этом году в выставке приняли участие 185 иностранных компаний, выступивших со своими собственными экспозициями в отличие от вендоров мирового уровня, абсолютное большинство которых было представлено на стендах элитных дистрибьюторов.



О потребностях России в сфере профессиональной электроники говорит и заметный рост числа компаний, предоставляющих широкий спектр услуг контрактного производства: от изготовления печатных плат до сборки сложнейшей аппаратуры.

На выставке «ЭлектронТехЭкспо» по традиции можно было найти всё необходимое для производства профессиональной электроники – от розничной покупки контрольно-измерительных приборов до комплексного оснащения производственных площадок.

Стратегический плацдарм на рынке электронной промышленности

Выставки также стали местом освещения стратегии развития российской электронной промышленности, принятой до 2025 г. Тема официальной пресс-конференции выставок говорит сама за себя: «Электронная промышленность России на новом рубеже». Дискуссия, развернувшаяся между государственными чиновниками и представителями СМИ, свидетельствует о политике информационной открытости Роспрома в большинстве вопросов, интересующих деловую общественность.

Деловая программа

Традиционно выставки сопровождались масштабной деловой программой, включающей в себя 26 тематических мероприятий: пресс-конференции ведущих мировых производителей, научные конференции, деловые встречи, семинары и презентации. Результатом стало увеличение числа семинаров и презентаций, проводимых компаниями-участницами.

В следующем году выставки пройдут с 13 по 16 апреля, в павильоне №3 МВЦ «Крокус Экспо».

VIII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

ufi Approved Event

ПОД ПАТРОНАТОМ ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННОЙ ПАЛАТЫ РФ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ «РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ. АВТОМАТИЗАЦИЯ»

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ
КОМПЛЕКТУЮЩИЕ
ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ
МАТЕРИАЛЫ
КОНСТРУКТИВЫ
ТЕХНОЛОГИИ
ОБОРУДОВАНИЕ
ПРИБОРЫ

9–12 ДЕКАБРЯ 2008

Санкт-Петербург, Петербургский СКК
тел./факс: (812) 777 0407, 718 3537
e-mail: radel@orticon.com
www.farexpo.ru

Radel

Организаторы:

FarEXPO IFE PROFESSIONAL EXHIBITION ORGANIZER

Техно&Ком

Реклама

Вас приглашают:

DIAL ELECTROLUX
ЮЕ-Интернейшнл
GEFEED
ASSEMRUS
ARGUSSOFT
VITAL-IC
LionTech
СПРИНГ ЭЛЕКТРОНИКС
www.platan.ru ПЛАТАН
OSTEC ПОВЕРХНОСТНЫЙ МОНТАЖ
ДИПОЛЬ
ЭЛТЕХ
УНИВЕРСАЛПРИБОР
РЕЗОНИТ

CREE®
LED Light

МОЩНЫЕ СВЕТОДИОДЫ ОСВЕТИТЕЛЬНОГО КЛАССА:

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, СТАБИЛЬНОСТЬ ЦВЕТОПЕРЕДАЧИ, НАДЁЖНОСТЬ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

ОСОБЕННОСТИ

- **Все оттенки белого цвета свечения:**
  - холодный белый от 5000 K до 10000 K
  - естественный белый от 3700 K до 5000 K
  - теплый белый от 2600 K до 3700 K
- **Самые высокие значения светового потока:**
  - холодный белый 114 Лм @ 350 мА
  - естественный белый 87,4 Лм @ 350 мА
  - теплый белый 80,6 Лм @ 350 мА
- **Гарантия стабильности цветовых характеристик**
- **Снижение светового потока не более 30% за 50000 часов**
- **Соответствие самым высоким стандартам светодиодной индустрии**

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

- **Наружное освещение:**
  парковое, уличное, пешеходные переходы
- **Переносные прожекторы и фонари**
- **Системы общего освещения:**
  ЖКХ, автомобильные парковки
- **Подсветка витрин, рекламных щитов**
- **Архитектурная и ландшафтная подсветка**
- **Автономные системы освещения с питанием от солнечных батарей**
- **Аварийное освещение**

Преимущества освещения на основе светодиодных ламп Cree:

>> Высокая световая отдача: более 100 Лм/Вт @ 350мА
>> Высокое качество света: CRI > 80
>> Самая высокая надежность в отрасли
>> Экологическая безопасность: не содержит ртути, свинца, других тяжелых металлов
>> Энергетическая эффективность
>> Работоспособность при экстремально низких температурах: до –190°C*

*По результатам исследований ФТИ имени А.Ф. Иоффе

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР CREE В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ

PROSOFT® АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

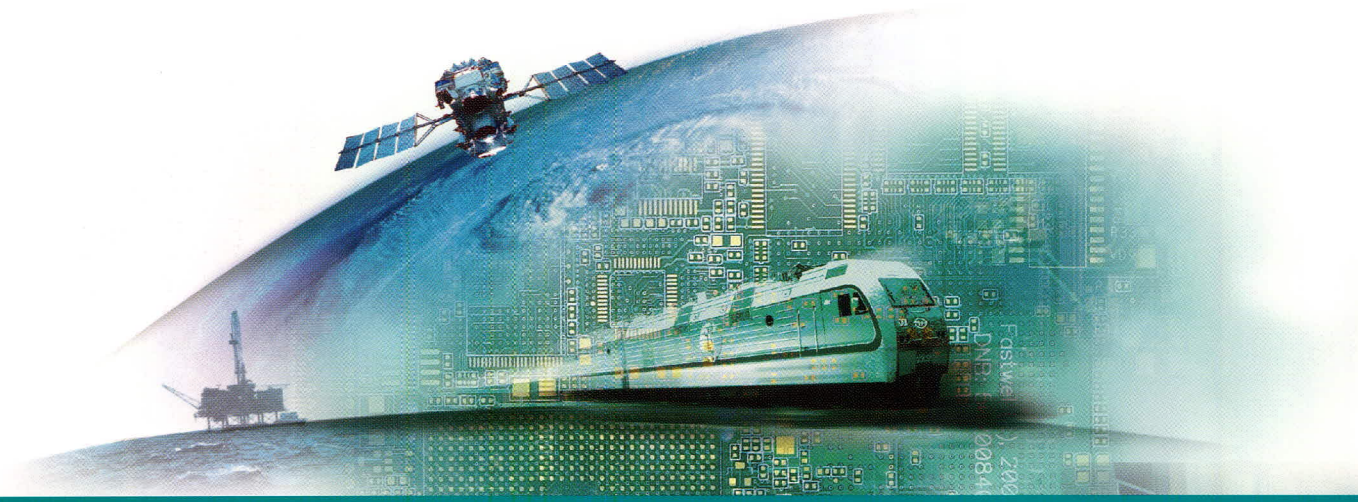
Телефон: (495) 232-2522 • info@prochip.ru • www.prochip.ru • www.cree.ru

реклама

Fasteko

ФОРМУЛА УСПЕХА:

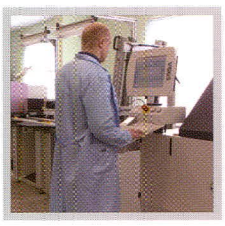
ИДЕИ ЗАКАЗЧИКА,
РЕАЛИЗАЦИЯ – ФАСТЕКО

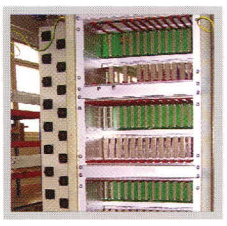


КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ

СРЕДНЕЙ И ВЫСШЕЙ КАТЕГОРИИ СЛОЖНОСТИ

- **Приоритеты** — проектам полного цикла производства
- **Комплексные проекты:** от разработки опытного образца до выпуска серийных изделий
- **Лицензии и сертификаты** на производство электронного оборудования
- **Планирование поставок** готовых изделий по графикам заказчика





- Автоматизированный монтаж печатных плат любой сложности, все типы плат и компонентов.
- Корпусная сборка электронных узлов, крейтов, шкафов и блоков; сборка, тестирование и программирование промышленных компьютеров и контроллеров без ограничений в технологиях.
- Поставка печатных плат любой сложности, соответствие стандартам IPC и ГОСТ. Консультации, доработка.
- 100% комплектование электронными компонентами производственных программ. Регистрация проектов, долгосрочные программы, склад.
- 100% контроль качества: оптический и рентген-контроль, паспортизация изделий на всех этапах производства, служба контроля качества, ОТК.
- Изготовление лицевых приборных панелей, шильдов, деталей корпусов, радиаторов.
- Изготовление кабелей, жгутов.
- Дизайн-центр по разработке электронного оборудования: от модулей до программно-аппаратных комплексов.

реклама

Представительства:
МОСКВА Тел.: (495) 739-0775 • Факс: (495) 739-0776 • E-mail: product@fasteko.ru • www.fasteko.ru
НОВОСИБИРСК Тел./факс: +7(383) 330-65-56 • E-mail: procomp@i-techno.ru • www.i-techno.ru
МИНСК Тел./факс: +3(751) 728-96-333 • E-mail: smt@elticon.ru • www.elticon.ru

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ВАШИХ ЗАДАЧ

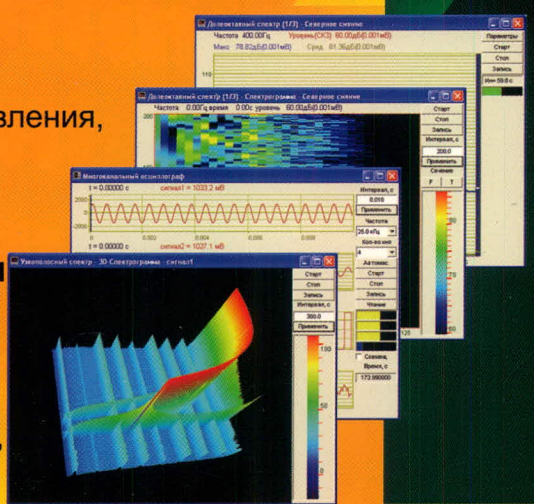
УНИВЕРСАЛЬНАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

Модули АЦП ЦАП
ZET 210
ZET 220
ZET 230

На шине
USB 2.0
LAN 10/100

Просто подключив ZET 210, 220 или 230 к персональному компьютеру, Вы получаете более 100 приборов в одном маленьком корпусе:

- вольтметр постоянного и переменного тока,
- узкополосный анализатор спектра,
- многоканальный цифровой осциллограф,
- термометр термосопротивлений и термопар,
- измеритель нелинейных искажений,
- измеритель сопротивления и ёмкости,
- измеритель индуктивности и волнового сопротивления,
- генератор сигналов различной формы,
- тензометр;



Вы сможете воспользоваться набором таких средств анализа и обработки данных, как:

- спектральный анализ,
- статистическая и цифровая обработка сигналов,
- фильтрация сигналов,
- быстрое преобразование Фурье.

Zet

141570, Московская обл., Солнечногорский р-н, п. Менделеево, ЗАО "ЗЭТ"
т./ф. (495) 744-81-60, т. (495) 922-03-56, (499) 130-94-29;
info@zetms.ru, www.zetms.ru