

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

9
2014



В номере:

- Силовые модули IGBT от Mitsubishi Electric
- STM32F429I в качестве осциллографа
- КПА для тестирования приёмников КА
- Может ли быть энергетической плотности много?
- Магнитотерапевтическая установка с двумя индукторами
- Altium: навстречу российскому пользователю

и многое другое



Широкая полоса.

Анализатор сигналов серии UXA

Полоса анализа в режиме реального времени: 510 МГц

Динамический диапазон, свободный от побочных составляющих: более 75 дБн

Фазовый шум: -136 дБн/Гц на частоте 1 ГГц при отстройке 10 кГц

Емкостной сенсорный экран с диагональю 35,8 см (14,1 дюйма) и удобным интерфейсом пользователя



Детальный анализ.

Новый UXA — самый высокопроизводительный в мире широкополосный анализатор сигналов.

Благодаря полосе анализа в режиме реального времени до 510 МГц и лучшим в отрасли показателям по фазовым шумам UXA обеспечивает детальное представление трудноуловимых широкополосных сигналов и позволяет обнаруживать скрытые дефекты в разработках. Удобный пользовательский интерфейс и сенсорный экран облегчают настройку измерений. Проверьте работоспособность своего устройства. Выберите UXA и убедитесь в его возможностях.

Посмотрите видеоролики и загрузите рекомендации по применению по ссылке www.keysight.com/find/widebandUXA



8 800 500 9286 (звонок по России бесплатный)

Просканируйте код для просмотра видеоролика.



Unlocking Measurement Insights

© Keysight Technologies, Inc. 2014

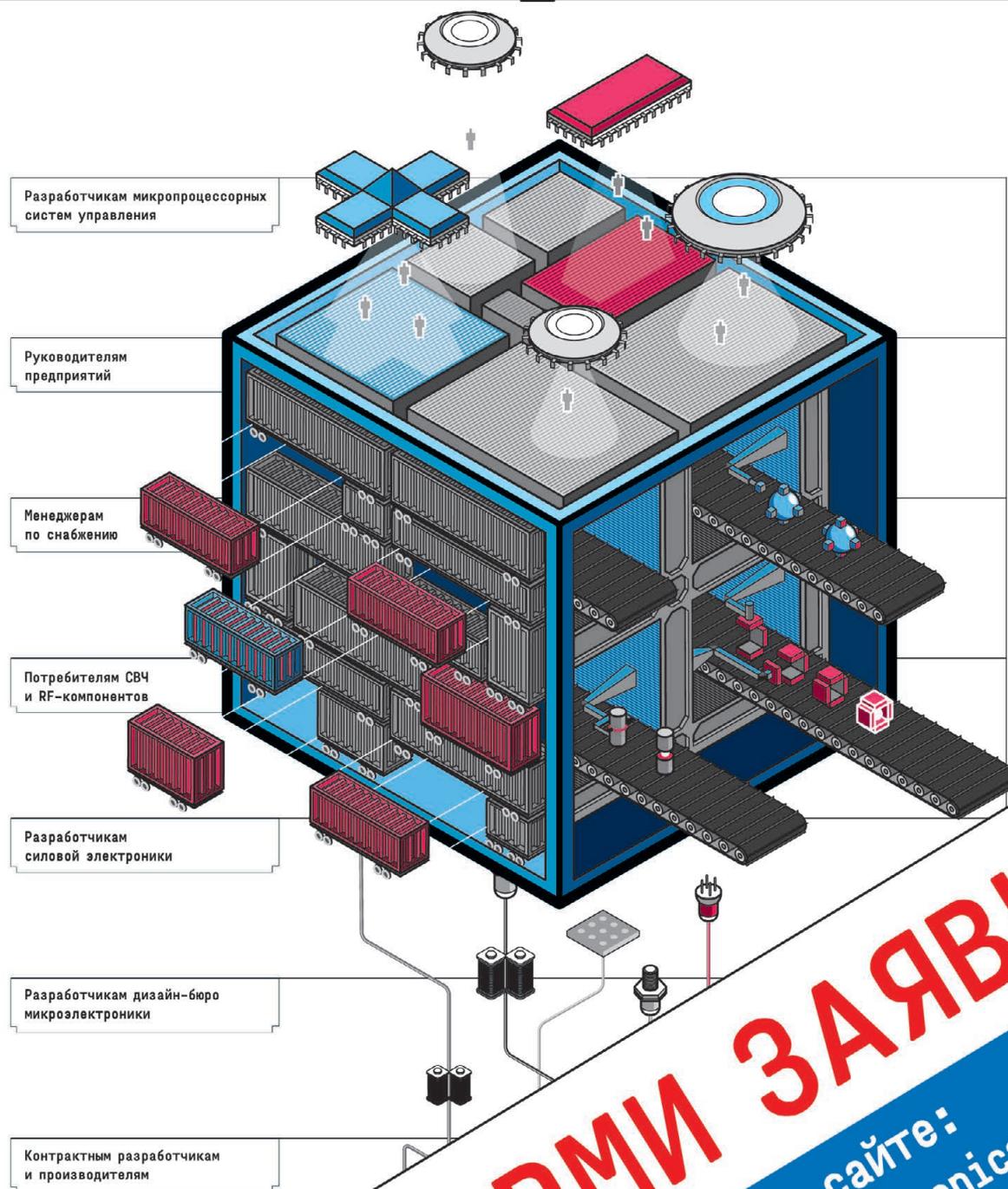
Реклама

НОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА / РОССИЯ

24-26 МАРТА 2015

МОСКВА
ЭКСПОЦЕНТР
НА КРАСНОЙ ПРЕСНЕ

главная российская выставка электронных компонентов и модулей



ОФОРМИ ЗАЯВКУ
На сайте:
www.new-electronics.info

Главный редактор
Алексей Смирнов

Заместитель главного редактора
Александр Хлынов

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

Литературный редактор
Ольга Семёнова

Вёрстка
Марина Петрова

Обложка
Дмитрий Юсим

Распространение
Ирина Лобанова
(info@soel.ru)

Реклама
Ирина Савина
(advert@soel.ru)

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



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

Отпечатано: ООО ПО «Периодика»
Адрес: 105005, Москва, Гарднеровский пер.,
д. 3, стр. 4
http://www.printshop13.ru

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, 2014

9/2014 Contents

MARKET

Russian Market News	4
Rise of the Solar Energy Market	10

MODERN TECHNOLOGIES

ARINC 818 Adds Capabilities for High-Speed Sensors and Systems. Part 2	14
<i>Tim Keller, Paul Grunwald</i>	
Technology of PCB Production for High Power Semiconductor Devices. Part 1	18
<i>Ivan Krasnyi, Yurii Nepochatov, Svetlana Kumachova, Yulia Shvetsova</i>	

ELEMENTS AND COMPONENTS

Modern 32-bit ARM Microcontrollers Series STM32: Basic Timers	26
<i>Oleg Val'pa</i>	
IGBT Power Modules by Mitsubishi Electric Corporation	30
<i>Yurii Petropavlovskii</i>	
New High-Speed Solid-State Switches	36
<i>Sergei Poplavnyi</i>	
Import Substitution Ware by «Voronezh Plant of Semiconductor Devices – Assemble»	38

DEVICES AND SYSTEMS

The Debug PCB STM32F429I as Oscilloscope	40
<i>Valentin Yurzin, Sergey Nedorezov</i>	
Control and Check Equipment for Spacecraft's Navigation Receivers Testing	46
<i>Aleksandr Savin, Vladimir Guba, Olesya Bykova</i>	
Digital Storage Semiconductor Curve Tracer L2-100 TEK0	48
<i>Dmitriy Lisovskiy, Mikhail Ragozin</i>	
Could It Be that Energy Density Is Too Much?	52
<i>Aleksandr Goncharov, Andrey Kuznetsov, Ivan Lukyanov</i>	

ENGINEERING SOLUTIONS

Magnetotherapy Set with Two Inductors	58
<i>Sergey Shishkin</i>	

DESIGN AND SIMULATION

Examining Interactive Software Assistants	66
<i>Kace Drettlein</i>	
Embedded SW Optimization and Integration with Virtual HW Models Using Vista Virtual Prototyping Simulation	68
<i>Anna Sergeeva</i>	

EVENTS

The Emergence of Radio Electronics	76
<i>Vladimir Bartenev</i>	
Import Substitution's Problem – Ineffective Communication	78
OSTEC: New Solutions in Production Organization	78
Forum «Altium Towards the Russian User – 2014». How Was It	80

MAGAZINE SUBJECT INDEX 2014

84

Содержание 9/2014

ПОДПИСКА 2015



Концепция распространения журнала – бесплатная подписка для специалистов. Условие сохранения такой подписки – своевременное её продление на каждый последующий год. Редакция напоминает о необходимости продления подписки на 2015 год. Всё больше подписчиков сообщают нам о фактах пропажи журнала на почте или из почтового ящика. Редакция гарантирует только отправку журнала бесплатному подписчику, но не может гарантировать его доставку. Риск пропажи журнала можно уменьшить. Во-первых, можно обратиться в отдел доставки вашего почтового отделения и оформить получение журнала до востребования. Во-вторых, можно оформить платную подписку на журнал, и в этом случае почта будет нести ответственность за его доставку.

ПЛАТНАЯ ПОДПИСКА

Преимущества:

- подписаться может любой желающий, тогда как бесплатная подписка оформляется только для специалистов в области электроники. Поступающие в редакцию подписные анкеты тщательно обрабатываются, и часть их отсеивается;
- журнал будет гарантированно доставлен, тогда как при бесплатной подписке редакция гарантирует только отправку, но не доставку журнала;
- эту подписку могут оформить иностранные граждане.

«Роспечать»

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

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

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

«Урал-Пресс»

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

Читатели из дальнего зарубежья

могут оформить подписку через агентство

«МК-Периодика»

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

РЫНОК

- 4 **Новости российского рынка**
10 **Взлёт рынка солнечной энергетики**

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 14 **Расширение возможностей стандарта ARINC 818 для работы с высокоскоростными датчиками и системами. Часть 2**
Тим Келлер, Пол Грюнвальд
18 **Технологии изготовления плат для высокоомощных силовых полупроводниковых устройств. Часть 1**
Иван Красный, Юрий Непочатов, Светлана Кумачёва, Юлия Швецова

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- 26 **Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: базовые таймеры**
Олег Вальпа
30 **Силовые модули IGBT корпорации Mitsubishi Electric**
Юрий Петропавловский
36 **Новые быстродействующие твердотельные коммутаторы**
Сергей Поплавный
38 **Импортозамещающие изделия производства ОАО «Воронежский завод полупроводниковых приборов – сборка»**

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- 40 **Отладочная плата STM32F429I в качестве осциллографа**
Валентин Юрзин, Сергей Недорезов
46 **Контрольно-проверочная аппаратура для тестирования навигационных приёмников космических аппаратов**
Александр Савин, Владимир Губа, Олеся Быкова
48 **Цифровой запоминающий характериограф полупроводниковых приборов Л2-100 ТЕКО**
Дмитрий Лисовский, Михаил Рагозин
52 **Может ли быть энергетической плотности слишком много?**
Александр Гончаров, Андрей Кузнецов, Иван Лукьянов

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

- 58 **Магнитотерапевтическая установка с двумя индукторами**
Сергей Шишкин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 66 **Автоматизация измерений: упрощение процесса**
Кэйс Дрейтлейн
68 **Оптимизация разработки программ для встраиваемых систем в симуляторе Vista Virtual Prototyping**
Анна Сергеева

СОБЫТИЯ

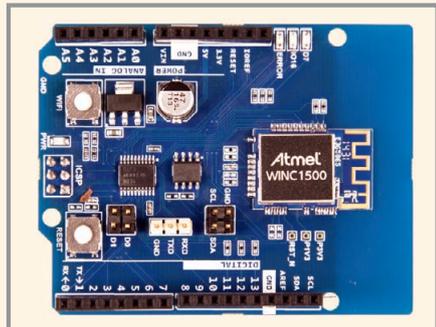
- 76 **Рождение радиоэлектроники**
Владимир Бартнев
78 **Проблема импортозамещения – неэффективный процесс коммуникации**
78 **Остек: новые решения в организации производства**
80 **Форум «Altium: навстречу российскому пользователю – 2014». Как это было**
84 **СВОДНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛА ЗА 2014 ГОД**

Новости российского рынка

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

Новые чипсеты и модули Wi-Fi стандарта 802.11b/g/n от Atmel

Компания Atmel расширила семейство продукции Wi-Fi, выпустив новые серии модулей и SoC (систем-на-кристалле) чипсетов, соответствующих стандарту IEEE 802.11 b/g/n для приложений IoT (Интернет вещей).



Чипсеты WILC1000 и WINC1500 выпускаются в корпусе QFN40 и оптимизированы для приложений с батарейным питанием. В одном приборе интегрированы усилитель мощности, малошумящий усилитель (LNA) и функции управления питанием. Обеспечивается высокая производительность при малом количестве внешних компонентов. Для работы требуется лишь внешний тактовый генератор с поддержкой широкого диапазона частот 12...32 МГц.

Максимальная скорость передачи данных 72 Мбит/с достигается в однопотоковом режиме 802.11n, обеспечивая мощность выходного сигнала 15,8 дБм при максимальном токе потребления всего 150 мА, что является лучшим показателем среди аналогичных решений. Чувствительность в том же режиме 802.11n составляет -71 дБм при максимальном потреблении 60 мА.

WILC1000 является контроллером линии и оптимизирован для работы с внешним микропроцессором под управлением ОС, включающей сетевой стек. В то же время WINC1500 является полноценным сетевым контроллером, содержащим стек протоколов TCP/IP и TLS в интегрированной Flash-памяти, благодаря чему может работать под управлением любого 8- или 32-разрядного микроконтроллера.

Модули на базе чипсетов WILC1000 и WINC1500 с габаритами 22 × 15 мм оснащены PCB-антенной и могут работать под управлением любого внешнего микроконтроллера или микропроцессора, подключаемого по интерфейсам UART или SPI.

Получить консультацию, а также приобрести микросхемы и модули можно у специалистов компании Rainbow Electronics.

www.rtcs.ru

Тел./факс: (495) 665-1001

Новые поворотные переключатели HBD от GIGAVAC

Компания GIGAVAC объявила о расширении линейки своей продукции серий поворотных переключателей HBD. Благодаря новой запатентованной технологии обеспечивается беспрецедентная защита от агрессивных сред. Все модели серии HBD соответствуют требованиям стандартов IP67 и IP69.

Переключатели серии HBD доступны в четырёх исполнениях – HBD21, HBD31, HBD41 и BD, и могут переключать ток в 200, 300, 400 и 500 А соответственно.

При небольшом весе и компактности (10 × 12 см) поворотные герметичные переключатели серии HBD обеспечивают низкое падение напряжения при номинальном токе (менее 50 мВ), при любых погодных условиях, воздействии солёного тумана и температуре -55...+85°C. Корпус переключателей изготавливается из композитных материалов, что обеспечивает дополнительную защиту от влаги и солнца, и позволяет устанавливать данные переключатели практически в любом месте.

Полные спецификации на изделия серии HBD доступны по адресу www.gigavac.com/catalog/pp/manual-disconnect-switches.html.



Переключатели, как и вся продукция компании GIGAVAC, производятся под строгим контролем в соответствии с требованиями стандарта ISO 9001. Перед отгрузкой заказчику вся продукция компании GIGAVAC (реле, контакторы и переключатели) проходит дополнительную 100% проверку. Таким образом, обеспечивается высочайший уровень качества продукции отгружаемой заказчику.

Компания ЗАО «Аппаратура Систем Связи» является официальным дистрибьютором компании GIGAVAC.

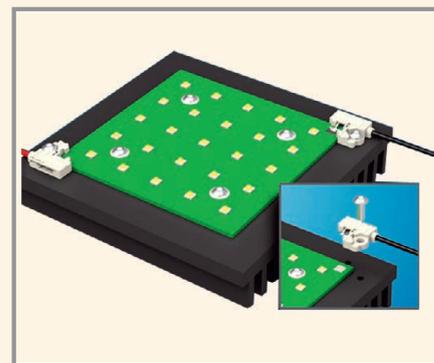
www.escltd.ru

Тел.: (495) 925-5013

Панельки для светодиодов

Светодиодные панельки серии Scalable разработаны для подключения COB светодиодов различного типа (COB – кристалл на плате) и создания светодиодных линеек или панно.

Панельки Scalable от TE Connectivity могут использоваться с 24 типами корпусов светодиодов различных производителей. Такие панельки позволяют напрямую подключать светодиоды к поверхности охладителя без пайки с помощью двух стандартных винтов M4 или M3. Электрическое подключение светодиода обеспечивается проводом, монтируемым методом роке-ин (установка зачищенного провода в отверстие без дополнительного крепления).



Панельки для светодиодов выпускаются в одиночном и парном исполнении для использования в различном осветительном оборудовании на светодиодах. Одиночные панельки имеют два угловых держателя с рамой по периферии светодиода. Парная панелька обладает большей гибкостью. Для монтажа одного светодиода потребуются две одинаковых угловых панельки.

Панелька состоит из корпуса и встроенного электрического контакта. Максимально допустимая толщина светодиодной подложки составляет 2 мм. Панельки могут иметь дополнительную термopружину для светодиодов с толщиной платы менее 1,5 мм, которая обеспечивает хорошую теплопередачу.

Панельки имеют центрирующий штифт для их правильного позиционирования на поверхности охладителя, отверстие для винта (в комплект поставки не входит), с помощью которого они крепятся на радиатор, L-образный профиль, монтируемый по периметру корпуса светодиода и отверстие для подключения провода. Стрелка на корпусе отверстия показывает направление подсоединения проводника. Одиночные панельки имеют встроенные держатели, которые удерживают две части панельки вместе.

Новости российского рынка

К панельке подключаются медные провода размером 22–18 AWG с диаметром изоляции не более 2,1 мм.

Основные характеристики панелек:

- рабочее напряжение 250 В AC/DC;
- рабочий ток 3 А, макс.;
- рабочая температура –40...+105°C.

<http://platan.ru>

Тел.: (495) 970-0099, 737-5999

(Москва),

(812) 232-8836 (СПб)

XP Power: 40-ваттные DC/DC-преобразователи для РЖД

Компания XP Power объявила о начале поставок DC/DC-преобразователей серии RDC40 с выходной мощностью 40 Вт, которые служат дополнением серий RDC20, RDC30 и RDQ100/150.

Новые модули, выполненные в металлических герметизированных корпусах, разработаны для применения в электронной аппаратуре железнодорожного транспорта и других промышленных приложениях. Эти весьма эффективные преобразователи, предназначенные для монтажа на печатную плату, характеризуются КПД до 90%, соответствуют требованиям стандарта EN50121-3-2 к электромагнитной совместимости для аппаратуры подвижного состава и способны работать в широком диапазоне входного напряжения.

Модули преобразователей поставляются в вариантах с двумя диапазонами входных напряжений. Преобразователи с номинальным значением напряжения 72 В способны работать в диапазоне напряжений 36...140 В, а модули с номинальным значением входного напряжения 110 В способны поддерживать стабильное выходное напряжение при изменении входного напряжения в пределах 55...176 В.



В сочетании с небольшими размерами 25,4 × 50,8 × 10,16 мм и высоким КПД модули характеризуются высокой удельной мощностью с минимальными тепловыми поте-

рями. При конвекционном отводе тепла модули серии RDC40 способны функционировать в широком диапазоне температур –40...+85°C при максимальной температуре корпуса +105°C. Установка радиатора повышает верхний предел температуры, а полная мощность обеспечивается до температуры +50°C (или до +60°C с дополнительным радиатором).

Серия RDC40 включает 7 моделей с различными выходными напряжениями для каждого диапазона входных напряжений, включая одно- и двухканальные модели. Предлагаются одноканальные модели с выходными напряжениями 3,3; 5; 12 и 15 В, и двухканальные модели ±12 и ±15 В.

Регулировка выходного напряжения в диапазоне ±10% от номинального значения обеспечивается подключением внешнего резистора к одноканальным моделям. Все модели оснащены входом дистанционного включения/выключения, защитой от перенапряжения, перегрузки и короткого замыкания. Применение основной изоляции обеспечивает гальваническую развязку между первичной и вторичной цепью 1500 В (постоянный ток), а между первичной цепью и корпусом/вторичной цепью и корпусом – 1600 В.

Модули серии RDC поддерживаются 3-летней гарантией.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Низкопрофильные высокоэффективные 225-ваттные AC/DC

Компания XP Power расширила серию источников питания ECP225 рядом высокоэффективных низкопрофильных источников питания AC/DC ECP225-A.

Модули ECP225-A подобны источникам питания ECP225, но отличаются размерами площади основания (127 × 76,2 мм) и дополнением канала 5 В / 2 А для обеспечения работы в дежурном режиме. Другие технические характеристики, включая ультранизкий профиль (высота 25,4 мм), абсолютно идентичны.

Приборы ECP225-A имеют компактный стандартный для промышленности корпус с габаритными размерами 63,5 × 127 × 25,4 мм.

Представленные источники питания соответствуют требованиям безопасности стандартов UL/IEC/EN 60950-1 к оборудованию информационной технологии, и самых последних жестких стандартов

ANSI/AAMI IS 60601-1 и IEC/EN60601-1 (3-е издание), распространяющихся на безопасность медицинских электрических приборов и аппаратуры, что позволяет применять модули серии ECP225 в аппаратуре информационных технологий, промышленном и медицинском оборудовании.

Модели ряда ECP225-A характеризуются очень высоким КПД до 94% и входной мощностью в режиме холостого хода < 0,5 Вт, что позволяет квалифицировать их как изделия Green Power (соответствие самым последним стандартам, устанавливающим требования к эффективности использования энергии).

Доступны пять одноканальных моделей с выходными напряжениями 12, 15, 24, 28 и 48 В. Функция регулировки выходного напряжения обеспечивает диапазон регулирования выходного напряжения ±5% от номинального значения, что позволяет компенсировать потери на соединительных проводниках.



Дополнительный специальный канал 12 В / 0,5 А, предназначенный для питания вентилятора, является стандартным для всех моделей.

В условиях свободного конвекционного отвода тепла обеспечивается мощность в нагрузке до 150 Вт, а применение прину-

Новости российского рынка

дительно воздушного охлаждения потоком 10 CFM (фут³/мин) позволяет обеспечить максимальную мощность 225 Вт.

Модули питания серии ECP225 характеризуются широким диапазоном рабочих температур $-20...+70^{\circ}\text{C}$ (без понижения мощности до порогового значения $+50^{\circ}\text{C}$).

Уровень кондуктивных помех соответствует требованиям стандартов EN55011 и EN55022 Class B. Уровень помех излучения соответствует ограничениям Class A.

Модули поддерживаются 3-летней гарантией производителя.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

58" ЖК-дисплей с форматом изображения QFHD

Компания LITEMAX Electronics Inc. представила большеформатный (размер по диагонали 58") TFT-дисплей DLO5802-INB-K01 с форматом изображения Quad Full High Definition (QFHD).



Высокая яркость 400 кд/м^2 , обеспечиваемая светодиодной системой подсветки, позволяет считывать изображение с экрана даже при солнечном освещении. Встроенный драйвер системы подсветки обеспечивает регулировку яркости в широком диапазоне. В конструкции дисплея применяются светофильтры поляризаторы с высоким коэффициентом пропускания, что обеспечивает низкое энергопотребление. Запроектирован интерфейс HDMI 1.4.

Основные свойства:

- считывание изображения при прямом солнечном свете;
- светодиодная система подсветки;
- низкая потребляемая мощность;
- высокая равномерность изображения;
- низкий уровень генерируемых электромагнитных помех;
- широкий диапазон регулировки яркости;

- широкий угол обзора;
 - длительный срок службы.
- Технические характеристики:
- рабочее поле экрана $1270,08 \times 721,44 \text{ мм}$;
 - яркость экрана 400 кд/м^2 ;
 - разрешение 3840×2160 пикселей (QFHD);
 - контрастность 4000:1;
 - шаг пиксела $0,334 \times 0,334 \text{ мм}$;
 - угол обзора 176° в горизонтальной и вертикальной плоскостях;
 - количество воспроизводимых цветов $1,07 \times 10^9$;
 - время электрооптического отклика 9,5 мс;
 - потребляемая мощность 170 Вт;
 - габариты: $1323,1 \times 777,55 \times 71,3 \text{ мм}$;
 - вес 26 кг.

Анонсируемые дисплеи предназначены для применения в информационных киосках, системах digital signage, игровых аппаратах, студийной аппаратуре.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

Синтезатор опорной частоты 0,5...250 МГц

ООО «АДВАНТЕХ» (Advantex), российский разработчик и производитель СВЧ-узлов и систем, представляет синтезатор частот DSG-31M-RF, который предназначен для формирования сигнала перестраиваемой опорной частоты.

Анонсируемый синтезатор характеризуется низким уровнем фазовых шумов, малым шагом перестройки частоты, небольшими габаритными размерами, возможностью подстройки фазы и синхронизации от внешнего опорного сигнала. Представленный прибор может быть использован в паре с синтезатором LNO-62M-RF (от 100 МГц до 12 ГГц) в качестве опции дополнительного подавления «шпор» вблизи кратных частот.



Основные характеристики:

- диапазон частот 0,5...250 МГц;
- шаг перестройки $< 0,001 \text{ Гц}$;
- уровень фазового шума $< -145 \text{ дБн/Гц}$ при отстройке 10 кГц @ 100 МГц;

- уровень негармонических составляющих -95 дБн в полосе $\pm 250 \text{ кГц}$;
- регулировка фазы 360° с шагом $0,02^{\circ}$;
- выходная мощность от $+3$ до $+13 \text{ дБм}$ (выходы 1 и 2), от 0 до $+10 \text{ дБм}$ (выход 3);
- внутренний опорный генератор 10 МГц;
- частота внешнего опорного сигнала 1–250 МГц (шаг 1 МГц);
- интерфейс управления SPI;
- габаритные размеры (В × Ш × Г) – $13,0 \times 87,5 \times 185,0 \text{ мм}$.

www.advantex.ru
Тел.: (495) 721-4774

Современные аналоги устаревших ламп накаливания типа СМ

Основными производителями ламп накаливания с приёмкой «5» в 2000-х годах были Томский и Уфимский электроламповые заводы, ГУП РМ «Лисма». Начиная с 2005 года, выпуск данной продукции был прекращён. В результате многие потребители ламп накаливания столкнулись с проблемой – где найти замену вышедшим из строя лампам, в частности, лампе СМ (самолётная миниатюрная).

ЗАО «Протон-Импульс» (г. Орёл) проводит опытно-конструкторскую работу, в рамках которой разрабатывается полупроводниковая лампа ЛП-03 с приёмкой «5».

Светодиодная лампа предназначена для использования в светильниках местной подсветки типа КСЛТ-64 вместо ламп накаливания СМ-28-5 и СМ-28-10. Лампа может иметь байонетный цоколь В15s либо Ва15d (по запросу потребителей).

Основные характеристики:

- габаритные размеры лампы – $51 \times 39 \text{ мм}$;
- напряжение питания – $22...32 \text{ В}$;
- потребляемая мощность – не более 1 Вт;
- цвет свечения – белый холодный;
- освещённость на расстоянии 0,5 м на оси – не менее 30 лк;
- тип кривой силы света – косинусный;
- масса – 0,05 кг (не более).

Опытный образец лампы в составе оборудования электростанции ЭД100-Т400-1РА зав. № ВП8345 ЛЛАН испытания выдержал и соответствует требованиям Программы и методики предварительных испытаний БЦЖИ.561812.028 ПМ.

Показатели и характеристики изделия соответствуют утверждённым тактико-техническим требованиям и требованиям программы испытаний в части освещённости.

www.proton-impuls.ru
Тел.: (4862) 76-2421



СЕРЬЕЗНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ СЕРЬЕЗНЫХ СИСТЕМ

- ~ Выходная мощность 3000 Вт ~
- ~ Выходной ток до 125 А ~
- ~ Трёхфазное входное напряжение $\approx 323...437$ В, $\approx 187...253$ В ~
- ~ Рабочий температурный диапазон $-50^{\circ}\text{C}...+85^{\circ}\text{C}$ ~
- ~ Категория качества ВП ~
- ~ Гарантия 20 лет ~



Новости российского рынка

САПР

Cadence Design Systems Inc.: новые приложения для OrCAD

Компания «Оркада», официальный дистрибьютор компании Cadence Design Systems, Inc. на территории России, объявляет о выпуске новых приложений под брендом OrCAD.

Речь идёт о новых трёх приложениях.

OrCAD Documentation Editor – это приложение снизит нагрузку на инженера при подготовке документации: чертежа детали, сборочного чертежа, подготовке спецификации и так далее.

Возможна полная адаптация приложения под российские стандарты. Создание документации начинается с помощью специального мастера непосредственно из окна OrCAD/Allegro PCB Editor. На выходе инженер получает полностью оформленный чертёж согласно заранее подготовленным шаблонам оформления. На чертёж можно вынести абсолютно любой слой и вид платы, что напоминает работу в механической САПР, когда из 3D-вида формируется 2D-изображение.

Удобные настройки, интуитивно понятный интерфейс, гиперссылки, возможность подсветки компонентов и цепей из списка, вывод спецификации, настройка шаблона для любого документа и многие другие функции позволяют значительно снизить временные затраты на подготовку документации на печатную плату.

OrCAD Team Design – это приложение идеально подходит для работы команды разработчиков. OrCAD Team Design полностью встраивается в интерфейс схемотехнического редактора OrCAD Capture (Allegro Design Entry CIS) и позволяет осуществлять системный контроль за проектами.

С помощью инструментов администрирования главный инженер проекта может легко распределять права доступа пользователей к различным частям проекта – отдельным страницам, функциональным блокам, схемам. Закрытые для доступа схемы можно просматривать в режиме «только чтение».

Ведётся постоянный контроль за тем, кто вносил или вносит изменения в ту или иную часть проекта, недоступные для редактирования схемы также можно просматривать в режиме «только чтение».

Ведётся контроль изменений в библиотеках OLB на уровне каждого компонента. Поддерживаются как простые многослойные схемы, так и проекты со сложной иерархией.

OrCAD Library Builder – это уникальное по своим характеристикам приложение.

Благодаря ему работа над созданием даже самых сложных многовыводных компонентов не будет занимать много времени.

Программа распознаёт таблицы и диаграммы с описанием выводов из технических описаний в формате PDF и формирует на основе этой информации готовый символ.

Вторая часть программы – это мощный калькулятор посадочных мест с большим набором готовых шаблонов корпусов компонентов. На выходе инженер получает готовое посадочное место и 3D-модель в формате STEP.

Программа обладает мощной системой проверок, включая проверку соответствия схемотехнического символа компонента и его посадочного места.

За дополнительной информацией можно обращаться к специалистам компании «Оркада» по телефонам: +7 (495) 943-5032, +7 (499) 136-3213 или e-mail: info@orcada.ru.

Ищете недорогую САПР печатных плат?

OrCAD™ Standard

CADENCE PCB SOLUTIONS

- редактор схем Capture
- редактор топологии PCB Editor

Всего за **99000*** рублей

Техподдержка Обучение Дизайн-проекты
+7 (495) 943-50-32, www.orcada.ru

оркада

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР

*Указана окончательная цена на одну лицензию, без учета НДС. Срок действия цены с момента публикации до 31.12.2014 г. Подробности на сайте www.orcada.ru

Новости российского рынка

«Родник» объявляет о выходе новой версии Altium Designer 15

Компания «Родник», официальный реселлер компании Altium Ltd., анонсирует выход новой версии программы Altium Designer 15.

Новая версия одной из самых популярных САПР печатных плат в мире была представлена в Москве – на Форуме «Altium: навстречу российскому пользователю».

Altium Designer 15 продолжает развиваться в направлении, обозначенном в предыдущей версии программы. Релиз нацелен на повышение производительности разработки плат и поддержку современных технологий электроники.

Уже известно, что в редакторе появится новый инструмент Pin Pair, созданный для описания правил выравнивания Т-образных цепей. Для передачи данных на производство в новой версии программы можно будет использовать современные стандарты обмена данными.

Также на форуме была представлена новая версия системы Altium Vault 2.0, обеспечивающая максимальный контроль над процессами проектирования. Основ-

ным трендом Altium Vault 2.0 является ориентация на крупные предприятия, для которых появились возможности сетевой установки/обновления Altium Designer, многопользовательская работа с проектами, расширенные функции администрирования и работы с хранилищем.

Altium Vault – инструмент для администраторов, позволяющий организовать работу большого числа инженеров в рамках предприятия по единым корпоративным стандартам. Для разработчиков Altium Vault служит централизованной системой управления данными о проектах, работающей на локальном (внутрисетевом) сервере и хранящую в себе всё – от отдельных компонентов до полных проектов.

В системе Altium Vault 2.0 сделаны следующие изменения:

- повышена эффективность работы с библиотеками (упрощена работа с редактором компонентов, расширены возможности группового редактирования и минимизирован процесс передачи библиотечных элементов в хранилище и из него);
- добавлена функция управления проектами (можно управлять группами разработ-



чиков: каждое вносимое имеет именной характер, есть функция комментариев, для добавления которых не нужно сохранять файл и делать новую ревизию);

- возможна сетевая установка (отдельный раздел панели управления предлагает администраторам указать параметры установки и загрузки Altium Designer, а также последующих обновлений программы; удалённая сетевая установка гарантирует одинаковую версию на всех рабочих местах, причём с идентичными настройками).

Более подробную информацию о программе можно получить у специалистов отдела Систем автоматизированного проектирования НПП «Родник», а также на сайте компании – www.rodnik.ru.



Внедрение САПР - дело непростое.
Хотите купить не просто диск, а сразу получить систему,
готовую к эффективному использованию?

Altium Designer

от НПП «Родник»:
все включено!



- Altium Designer
- Комплект библиотек
- Техническая поддержка
 - Обучение
 - Внедрение на предприятии

Altium

С 1991 года
РОДНИК
СИСТЕМНЫЙ ИНТЕГРАТОР

Тел.: +7 (499) 613-7001, www.rodnik.ru

Взлёт рынка солнечной энергетики

Представители фотоэлектрической промышленности поймали новый «солнечный ветер», который может вернуть солнечную энергетику на прежние высоты.

Кризис в фотоэлектрической промышленности постепенно подходит к концу. Несмотря на то, что спрос на солнечные модули в Европе продолжает падать, спрос на них в ряде других регионов наоборот быстро растёт – отличная новость для производителей солнечных панелей и оборудования для их изготовления. Даже производители тонкослойных модулей, которых рынок уже практически списал со счетов, начали снова инвестировать немалые средства в свои предприятия.

Не далее чем пять лет назад производители солнечных модулей объявляли на весь мир о начале строительства огромных гигаваттных заводов, а научно-исследовательские институты один за другим анонсировали новые рекорды производительности солнечных панелей. Благодаря обильным субсидиям со стороны многих европейских государств, суммарная мощность установленного в Европе оборудования солнечной энергетики выросла в четыре раза, до 70 ГВт/ч, всего за четыре года – с 2008-го по 2011-й. Столь высокий спрос на солнечную энергию внушал отрасли уверенность в завтрашнем дне.

До нас дошли лишь отголоски того бума. Многие страны, поддерживавшие льготные тарифы на солнечную энергию, вынуждены были резко сократить субсидии из-за увеличения издержек на поддержание программы «зелёной» энергетики. В результате темпы роста доли солнечной энергии в Европе в 2013 году упали почти на 40%. Как следствие, с рынка исчезла почти половина производителей солнечной энергии, а поставщики оборудования для её получения отметили снижение продаж. Заводы же по производству солнечных

стёкол и процессоров потеряли важный источник дохода.

Однако те, кто остался на рынке солнечной энергии, наконец-то могут надеяться на то, что лучшие времена вскоре вернуться. Особенно это касается компаний с выходами на международные рынки. «В то время как рынок Германии склонен сокращаться и далее, рынки других стран всё больше полагаются на солнечный свет, чтобы сделать энергоснабжение более безопасным и экологически чистым», – говорит генеральный директор Немецкой ассоциации солнечной энергетики (Bundesverband Solarwirtschaft) Карстен Кёрниг.

Эта точка зрения подтверждается статистикой. В прошлом году в Японии и Китае спрос на модули утроился, в США он вырос на 40%. Китай объявил, что в очередной раз планирует значительно увеличить целевые показатели своей программы усиления солнечной энергетики: к 2017 году выработка всех установленных в Поднебесной солнечных электростанций должна вырасти более чем в три раза. В глобальном масштабе спрос на модули в этом году, как ожидается, вырастет минимум на 20%. Опять же, Китай продолжает увеличивать своё присутствие на рынке производства солнечных панелей. Согласно исследованию, проведённому консалтинговой фирмой Global Data, в этом году в тихоокеанском регионе будет произведено панелей общей мощностью 40 ГВт, из которых 30 ГВт – в Китае. Как пояснил аналитик Global Data Анкит Метур, это означает, что на долю Азии в настоящее время приходится 90% от всего мирового выпуска оборудования для производства солнечной энергии.

Такое развитие событий должно сыграть на руку поставщикам солнечных

панелей. Многие из них обязаны своим экономическим успехом китайским энергетическим концернам, которые в годы бума 2009–2011 гг. закупали у них оборудование на многие миллиарды евро. Тогда такие фирмы, как Centrotherm и Schmid Group отправляли на экспорт в страны Дальнего Востока около 80% всех выпускаемых солнечных панелей и элементов. Сегодня, в связи с растущим спросом на солнечные панели в Азии, компании Centrotherm и Schmid Group могут рассчитывать на рост продаж.

В компании Centrotherm уже отмечают явные признаки подъёма. В конце 2012 года из-за падения продаж фирма была вынуждена объявить себя банкротом, но теперь, благодаря заказам из Китая и Тайваня, её руководство надеется вернуть компанию на рынок. Флориан Вессендорф, управляющий директор Ассоциации производителей оборудования для солнечной энергетики, входящей в Немецкую инженеринговую ассоциацию (German Engineering Association, VDMA), считает, что случай с Centrotherm не будет единичным. Эксперт заявил о перспективности рынка, и добавил, что в деле технологий автоматизации и покрытий у немецких фирм есть явные преимущества: «Электростанции, сделанные в Германии по передовым немецким технологиям, будут высоко цениться».

По мнению одного из докладчиков прошлогоднего форума «Forum Glastechnik» Тимо Фейербаха, в будущем солнечная энергетика сможет стать перспективным рынком сбыта для производителей стекла: «В настоящее время в сегменте производства листового стекла сложилась непростая ситуация – появился избыток мощностей, который можно использовать для нужд солнечной энергетики – бизнеса будущего». На крупнейшей международной выставке в сфере производства стекла Glasstec 2014, которая пройдёт с 21 по 24 октября 2014 года в Дюссельдорфе, компании сделают ставку именно на солнечную энергетику. Благодаря их заинтересованности, стоимость солнечной электроэнергии сократится: используемое в солнечных панелях стекло станет тоньше, а методы его производства и покрытия – эффективнее.

Инновации в сфере технологий производства солнечного стекла и солнечных панелей станут центральной темой проходящей в рамках выставки конференции «Солнечная энергетика и стекло».



Фото: BE ELECTRIC Solarkraftwerke GmbH

Самая большая солнечная электростанция в Европе на кадмий-теллуридных модулях компании First Solar построена разработчиком проектов – компанией Belectric

Эксперты солнечной энергетики и стекольной промышленности встретятся 20 и 21 октября 2014 года. Главной целью встреч станет обмен идеями по созданию прогрессивных производств, а также обсуждение используемых материалов и финансовых затрат – всё это необходимо для плодотворного сотрудничества. В настоящее время солнечная энергетика может конкурировать с традиционной только в некоторых регионах, где количество солнечных дней в году достаточно велико. Чтобы сократить отставание, производители оборудования для солнечной энергетики должны в срочном порядке снизить затраты производства. Достигнуть этого им помогут поставщики комплектующих.

Амбициозные планы строят, в частности, производители тонких плёнок. Снижение цен на обычные кремниевые модули вынудило их отказаться от первоначальной цели – с помощью тонких и недорогих модулей с напылённым покрытием вытеснить с рынка производителей относительно «неуклюжих» кристаллов. Но технология производства тонких плёнок, которая была почти полностью сброшена со счетов, теперь может вернуться, что приведёт к росту спроса на высокотехнологичное стекло. Например, производитель тонких плёнок, бывшая дочерняя компания фирмы Q-Cells – Calyxo, недавно запустила новую линию на 60 мегаватт для производства кадмия теллурида (CdTe). Установлена она на заводе в немецком городе Биттерфельд-Вольфен. Компания инвестировала уже €54 млн в расширение своих производственных мощностей до 85 МВт.

У компании Calyxo были все основания для столь обильных финансовых вливаний. «В среднесрочной перспективе мы сможем снизить производственные затраты до рекордно низкого уровня – менее \$0,50 за один ватт», – заявил генеральный директор компании Флориан Хольцапфель. Для сравнения: по данным исследовательской компании GTM Research (США), производственные затраты при выпуске кристаллических модулей «China Modules» составляют \$0,60 за один ватт.

Оптимизм Calyxo основывается, в первую очередь, на заявлениях, сделанных пионером CdTe-технологии, компанией First Solar. Объявление американцами в марте этого года новых планов по расширению и внедрению инноваций вызвало немедленный рост стоимости акций First Solar. К 2018 году компания планирует увеличить свои производ-

ственные мощности почти в два раза: с нынешних 1,9 до 3,5 ГВт. Как утверждают в компании First Solar, благодаря увеличению энергоэффективности, а также росту объёмов производства и повышению КПД с 13,2 до 17,2%, к 2017 году производственные затраты при выпуске CdTe модулей заметно снизятся.

Самый большой рынок сбыта находится у First Solar прямо под носом. Предусмотренное США направление развития для возобновляемых источ-



Толщина стекла для солнечных панелей составляет всего 2 мм, что экономит материалы и даёт возможность создавать надёжные двустекольные модули



Магнитодиэлектрики MICROMETALS

Применение сердечников Micrometals гарантирует:

- снижение стоимости индуктивных компонентов
- повышение надёжности аппаратуры
- снижение потерь на 30...50% по сравнению с ферритами
- оптимизацию конструкции и уменьшение габаритов индуктивных компонентов



PROCHIP
POWERED BY PROSOFT

Активный компонент вашего бизнеса

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



Реклама

SCHAEFER

НАДЕЖНЫЕ СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

Импульсные источники питания

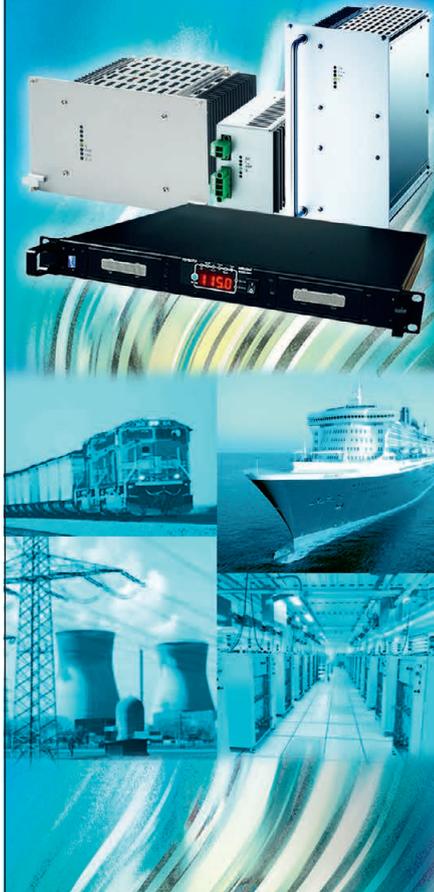
- Преобразователи DC/DC
- Источники питания AC/DC
- Устройства управления зарядом батарей

Импульсные инверторы

- Инверторы DC/AC
- AC/AC-преобразователи

Области применения

- Промышленная автоматизация
- Атомные электростанции
- Железнодорожный транспорт



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР
ПРОДУКЦИИ SCHAEFER

PROSOFT®



Реклама

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

ников энергии заставляет ряд американских поставщиков коммунальных услуг и энергоснабжения заметно увеличить долю «зелёной» энергии в своём «меню». Лучший способ, особенно в солнечном юго-западном регионе США, – это строительство крупных солнечных электростанций. Они уже способны производить один киловатт-час стоимостью менее \$0,08, что дешевле, чем стоимость одного киловатт-часа у традиционных угольных или газовых электростанций.

Значительного роста объёмов продаж ожидают и производители тонкоплёночных модулей на МИГС-основе (медь, индий, галлий и селен). В Solar Frontier, дочерней компании японской Showa Shell, рассказали, что принадлежащий ей МИГС-завод мощностью 900 МВт, расположенный на юге Японии в городе Кунитоми, работал весь прошлый год на полную мощность благодаря высокому спросу на внутреннем рынке. Теперь Solar Frontier планирует построить ещё один завод мощностью 150 МВт на севере Японии. Компания Taiwan Semiconductor Company (TSMC) также хочет увеличить производственную мощность своего завода на Тайване до 1 ГВт, используя МИГС-модули. Корейская фирма Samsung анонсировала запуск в 2014 году своего нового производства мощностью 200 МВт, которая к 2015 году будет увеличена до 1 ГВт. Китайская же энергетическая группа Hanergy планирует увеличить мощность своего завода до 5,25 ГВт.

По мнению эксперта по тонким плёнкам из Manz (швабской компании-изготовителя оборудования) Бернхарда Диммлера, причина расширения производств разными компаниями достаточно весома: «МИГС имеют большой потенциал». Господин Диммлер имеет в виду CIGSfab – производственную линию МИГС, предлагаемую компанией Manz с 2010 года. Этот стандартный завод производственной мощностью 150 МВт позволяет выпускать модули со средним КПД 14% и себестоимостью производства €0,41 за 1 ватт (\$0,57). К 2017 году компания Manz намерена оптимизировать CIGSfab, благодаря чему КПД линии увеличится до 17%, а производственные затраты сократятся на 10%. «Это позволит нам не просто выйти на уровень производителей кристаллов, но и успешно конкурировать с ними», – говорит Диммлер.

Тем не менее, эксперты считают, что игра в догонялки, которую начали производители тонкоплёночных модулей, – не такое уж лёгкое дело. «Их оптимизм

достойн скепсиса. Гонка с конкурентами – производителями оборудования из кристаллического кремния ещё далека от финала», – считает аналитик Иоганн Бернрейтер из Bernreuter Research. Дело в том, что производители кремниевых модулей тоже не сидят сложа руки. В феврале японская корпорация Kyocera и китайская Ja Solar объявили о начале производства мультикристаллических ячеек с КПД 18,6–19%. На уровне модуля эти новые ячейки позволяют достичь КПД более 16%. Обе корпорации собирались начать коммерческое производство ячеек уже летом 2014 года.

В пересмотренном издании Международной дорожной карты технологий солнечной энергетики (ITRPV), опубликованном весной этого года, производители кристаллических ячеек и модулей описывают пути дальнейшего роста эффективности ячеек. Согласно документу, более высокое качество кристалла, оптимизированные электродные процессы, а также улучшение носителя заряда / проводящего излучателя и барьерных слоёв гарантируют более эффективное использование солнечного света.

Вместе с тем производители кристаллов ожидают дальнейшего снижения стоимости производства: с одной стороны, благодаря экономии материала в результате увеличения эффективности технологического процесса, а с другой – из-за снижения производственных затрат в связи с появлением новых процессов производства. Новые методы позволяют не только увеличить эффективность производства, но также внедрить прецизионные процессы обработки, которые позволяют получать ещё более тонкие пластины и более эффективные токопроводящие шины.

Эксперты подчёркивают потенциал стекла в деле оптимизации солнечных панелей. Сегодня уже возможен выпуск стекла толщиной 2 мм, в то время как в солнечных модулях по-прежнему используется стандартное стекло толщиной 4 мм. Кроме того, более тонкое стекло, благодаря новым механизмам покрытия, легче обрабатывать. Успех солнечной энергетики во многом будет зависеть от оптимизации производства, и стекольная промышленность, наряду с другими производителями комплектующих для солнечных панелей, будет играть ключевую роль в решении данной проблемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.glasstec-online.com.

Перевод Игоря Матешева

ДИПОЛЬ



Источники питания Keysight Technologies серии N5700 и N8700

Широкая линейка компактных системных источников питания по доступным ценам

- 46 моделей с выходной мощностью: 750 Вт, 1500 Вт, 3300 Вт и 5000 Вт
- Выход постоянного напряжения до 600 В, тока: до 400 А
- Компактный корпус высотой 1U(4,45 см) или 2U (8,80 см) позволяет экономить внутривстраиваемое пространство
- Встроенные средства измерения напряжения и тока
- Функции защиты от перенапряжения, перегрузки по току и перегрева
- Возможность параллельного или последовательного или последовательного соединения для получения большего тока или напряжения
- Интерфейсы локальной сети LAN, USB и GPIB в стандартной комплектации
- Аналоговый вход для управляющего сигнала

Инновационные решения для электронной промышленности

Санкт-Петербург / Москва / Нижний Новгород
www.dipaul.ru / info@dipaul.ru



Расширение возможностей стандарта ARINC 818 для работы с высокоскоростными датчиками и системами

Часть 2

Тим Келлер, Пол Грюнвальд, Great River Technology

Материал предоставлен ЗАО «Фаворит-ЭК»

Спецификация стандарта ARINC 818 была впервые обнародована в 2006 г. и недавно подверглась существенному обновлению. В первой части статьи (№ 8, 2014) рассматривались все новые возможности, заложенные в спецификацию, и те преимущества, которые они создают для реализации систем разведки, наблюдения и рекогносцировки (ISR) и систем противодействия. В данной части приводится несколько примеров применения.

ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ СТАНДАРТА ARINC 818 №1: ПЛАТФОРМА С ДАТЧИКАМИ ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ ДАТЧИКОВ СИСТЕМЫ ISR

В этом примере рассматривается интерфейс оптических датчиков (смонтированных на платформе, установленной на шарнирном узле) с применением одного выполненного по стандарту ARINC 818 канала связи на коаксиальном кабеле. Используются длинноволновые (LWIR) и коротковолновые (SWIR) ИК-датчики и датчики, действующие в видимой части спектра. Видеотракт работает на скорости 6,375 Гбит/с, а обратный тракт для команд и сигналов управления – на скорости 21 Мбит/с (см. рис. 6). Данная система требует применения специализированного чипсета фирмы Egcologic.

Предполагается, что используются ИК-датчики со следующими характеристиками: разрешение 1000 × 1000, 14-разрядная цветность (чёрно-белый

режим), частота 60 Гц, и каждый из них требует скорости передачи – 110 Мбит/с. Используемая же обычная оптическая камера имеет следующие характеристики: 1080p, 24-разрядная цветность (цветной режим), частота 60 Гц, требуемая скорость передачи 373 Мбит/с. Суммарная скорость передачи должна быть равной 593 Мбит/с ($110 \times 2 + 373$). Если добавить к этому «накладные расходы» протокола ARINC 818, то получается, что требуется скорость передачи – 610 Мбит/с. В системе применяется видеоконцентратор ARINC 818, а информация от каждого из датчиков пакетизируется в кадры ARINC 818. При этом для каждого из датчиков в заголовке пакета указывается поле уникального адреса источника (Source ID Field). ADVB-пакеты поступают на одну линию ARINC 818, которая проходит через контактное кольцо. Сигналы каждого из трёх датчиков могут быть выделены (восстановлены) платой обработки видеоизображений по их адре-

сам (Source ID). Кроме того, в системе имеется возвратный тракт со скоростью передачи 21 Мбит/с, по которому на каждый из датчиков передаются команды и управляющие сигналы.

Преимуществом использования одного ARINC 818-интерфейса является снижение массы системы и количества потребляемой ею энергии. Поскольку в каждом пакете ARINC 818 имеется поле с вычисленным для этого пакета кодом циклического контроля (CRC), пакеты с повреждёнными данными легко выявляются. Согласно протоколу ARINC 818 видеoinформация разбивается на пакеты длиной не более 2112 байтов, поэтому даже если некоторые данные будут повреждены, их доля в видеоизображении будет ничтожно мала.

Описанные три датчика синхронизируются посредством символа SOFi в обратном тракте данных ARINC 818. Благодаря тому что изображения синхронизированы по времени, их слияние – задача достаточно простая.

ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ СТАНДАРТА ARINC 818 №2: ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ДАТЧИК ДЛЯ СЛЕЖЕНИЯ ЗА ЦЕЛЬЮ И ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ

В этом примере в системе используется высокоскоростная ИК-камера высокого разрешения, предназначенная для идентификации и слежения за несколькими представляющими интерес для пользователя целями. В ситуации, когда пользователю особенно интересна одна из целей, формируется область интереса (Region Of Interest, ROI), которая подлежит особому отслеживанию с более высокой частотой обновления информации. Такую систему можно рассматривать в качестве части системы, реализующей подход Tip – Cue – Slew – Find – Fix – Finish («Подозрение (о наличии цели) – Явные признаки (цели) – Наведение (на цель) – Обнаружение – Захват – Уничтожение»). В рас-

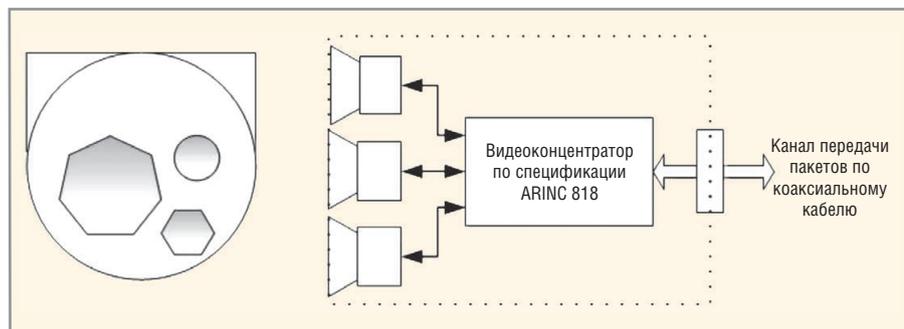


Рис. 6. Иллюстрация платформы с датчиками, содержащей три устройства и интерфейс через один двунаправленный канал связи, работающий со скоростью 6,375 Гбит/с и реализованный на коаксиальном кабеле, который проходит через контактное кольцо



Great River
Technology

Advanced Video and Data Systems

Мировой лидер в разработке систем на основе стандарта ARINC 818 — базового стандарта Интегрированной Модульной Авионики

GRT предлагает следующие решения:

- Платы захвата кадра и генераторы видеосигнала
- Отдельно устанавливаемые высокоскоростные модули генерации сигнала
- Модули преобразования видеосигнала в защищенном исполнении
- Системы записи и воспроизведения
- Коммутаторы



ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР GREAT RIVER TECHNOLOGY



«Фаворит – Электронная Компания»

WWW.FAVORIT-EC.RU тел./факс: +7(495) 627-76-24, г. Москва

Представительство ЗАО «Фаворит – ЭК»
в Республике Беларусь, г. Минск
Тел.: +375 (17) 207-01-85
info@favorit-ec.ru

Представительство ЗАО «Фаворит – ЭК»
в Санкт-Петербурге
Тел.: +7 (812) 449-52-41
www.spbnek.ru • spb@favorit-ec.ru

Представительство ЗАО «Фаворит – ЭК»
в Нижнем Новгороде
Тел.: +7 (910) 886-80-60
alexandra@favorit-ec.ru

Реклама



Рис. 7. Последовательность изображений – первое с полным разрешением и обновлением с частотой 100 Гц, следующие – с обновлением выделенной области интереса с частотой 1000 Гц

смаатриваемом случае речь идёт о том, как спецификация ARINC 818-2 позволяет датчику лучше обнаруживать, классифицировать и отслеживать цель.

Предполагается использование высокоскоростного ИК-датчика с разрешением 2000×2000 , 14-разрядной цветностью (чёрно-белый режим) и с двунаправленным интерфейсом по спецификации ARINC 818. Скорость передачи сигнала от датчика – 8,5 Гбит/с, к датчику – 1,0625 Гбит/с. Вначале датчик работает в режиме полной разрешающей способности 2000×2000 на частоте 100 Гц, что требует скорости передачи 7,34 Гбит/с. Это вполне укладывается в возможности одного канала ARINC 818 (скорость 8,5 Гбит/с) или двух связанных каналов (со скоростью 4,25 Гбит/с каждый). Для того чтобы обеспечивалась требуемая пропускная способность, 14-разрядные пиксели упаковываются вплотную, а не по тому варианту, когда для размещения 14-разрядного пикселя используется 16-разрядное слово. Как показано на рисунке 7, изображение с полным разрешением имеет три области интереса, но одна из них становится областью непосредственной угрозы, требующей принятия мер противодействия. Используя функцию выделения полос/областей интереса, предусмотренную в спецификации ARINC 818, интерфейс передачи только данных от видеопроцессора к датчику выделяет для более плотного отслеживания область интереса размером 512×512 . После этого датчик начинает передавать изображение данной области с частотой 1000 Гц. Это позволяет системе противодействия захватить объект-цель (например, ракету) и вести её с достаточно высокой для приведения в действие средства электронного или лазерного противодействия точностью.

Одной из главных проблем любой системы управления является пробле-

ма минимизации сигнала ошибки – разности между фактическим положением цели и тем её положением, которое формируется в системе в качестве прогноза. Учитывая тот факт, что современные ракеты «земля–воздух» могут развивать скорость до 2380 м/с (число Маха = 7), даже при частоте обновления изображения равной 1000 Гц, изменение положения цели за период смены кадров может достигать 2,38 м (точное значение этого параметра зависит от ориентации отслеживаемой цели). Конечно, современные системы управления умеют обрабатывать алгоритмы оценивания состояния цели (положение/скорость). Однако эти алгоритмы не являются безошибочными, и ввод в контроллер фактических значений положения и скорости цели, а не расчётных их значений, минимизирует ошибку. Система, построенная с применением интерфейса ARINC 818, будет ограничена в большей степени реальной скоростью обновления информации в системе управления или временем, необходимым для преобразования в цифровые данные сигнала с ИК-датчика, чем скоростью передачи данных по каналу ARINC 818. Например, автономная цифровая система управления двигателем (Full Authority Digital Engine Control, FADEC), устанавливаемая на турбинном двигателе самолёта, в общем случае имеет частоту обновления данных всего 5 мс и 20 мс (200 Гц или 50 Гц). Это определяется динамикой (частотной характеристикой) двигателя (противопомпажная защита и защита от превышения частоты вращения вала). А вот динамика летящей ракеты, для обеспечения достаточной точности отслеживания, требует обновления данных с частотой в диапазоне 1000...10 000 Гц. Если бы ИК-датчик и компьютер, обрабатывающий алгоритмы слежения за целью, были бы способны работать с такими частотами, то

со стороны канала связи по спецификации ARINC 818 ничто не препятствовало бы формированию области интереса размерами 128×128 пикселей и с частотой обновления 10 000 Гц. Так что спецификация ARINC 818-2, которая предусматривает двунаправленную связь (позволяющую передавать управляющие сигналы), выделение областей интереса и переменную скорость передачи видеоизображений, имеет два ключевых достоинства:

- построенный на её основе физический интерфейс с датчиком не окажется узким по пропускной способности местом;
- возможность пересылать информацию, отображающую область интереса, создаёт предпосылки к более точному слежению за целью и к устранению соответствующей угрозы.

Возможна некоторая вариация описанного примера, в которой интерфейс ARINC 818 конфигурируется на передачу «комбинации изображений». Отправляются изображения всей картинкой и картинкой области интереса с полным разрешением (например, с частотой обновления 20 Гц) и изображения только одной области интереса с частотой 1000 Гц или даже «одновременно» могут передаваться изображения пяти разных областей интереса с частотой обновления 200 Гц каждая. Такое решение позволило бы сохранять контроль над ситуацией в целом и в то же время внимательно отслеживать цель, представляющую наибольшую угрозу.

ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ СТАНДАРТА ARINC 818 №3: ДАТЧИК С УЛЬТРАВЫСОКОЙ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ ДЛЯ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ЦЕЛЯМИ В ОБШИРНОМ РАЙОНЕ

Спецификация ARINC 818-2 предусматривает расширение диапазона скорости передачи от FC 8x до верхнего

предела FC 32x (28 Гбит/с). Использование ПЛИС (FPGA) нового класса (выпуск которых освоен компаниями Xilinx и Altera) и трансиверов, рассчитанных на скорость 28 Гбит/с, даёт возможность реализовать функцию связи каналов в отношении двух линий. (Напомним, что имеется в виду «расщепление» потока пикселей на потоки нечётных и чётных пикселей или потока видеострок на потоки правых и левых строк). Такое решение позволит выйти на скорость ~50 Гбит/с, в случае использования двух каналов (два оптоволоконных кабеля), или на скорость 100 Гбит/с при использовании четырёх каналов (четыре оптоволоконных кабеля). Например, цветная видеокамера с разрешением 8000 × 8000 с 24-разрядной цветностью при работе на частоте 20 Гц требует пропускной способности равной ~40 Гбит/с. Очевидно, что это требование легко может быть удовлетворено, если реализовать связь на двух оптоволоконных кабелях 32x с применением функции связывания каналов по спецификации ARINC 818. Благодаря применению новых возможностей, заложенных в спецификацию ARINC 818-2 (выделение областей интереса, двунаправленная связь и наличие множества контейнеров), несколько изображений с полным разрешением могут быть «скомбинированы» с изображениями, имеющими меньшую разре-

шающую способность, но характеризующимися более высокой частотой кадров. Поскольку в вышеописанном примере имеется запас по пропускной способности, превышающий 10 Гбит/с, появляется возможность включения в систему дополнительных датчиков со сравнительно малым разрешением с коммутацией их в режиме разделения времени в тот же канал, на котором работает основная видеокамера. Таким образом, будет реализована система интеграции датчиков, подобная той, которая описана в Примере №1.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стандарт Avionics Digital Video Bus («Цифровой видеоинтерфейс авиационного радиоэлектронного оборудования с высокой скоростью передачи данных»), которому присвоено обозначение ARINC 818, первоначально разрабатывался с ориентацией на дисплеи, установленные в кабинах пилотов воздушных судов. В настоящее время, благодаря тому что стандарт обеспечивает высокую пропускную способность и надёжность, он распространился на область высокоскоростных датчиков. Последние изменения, внесённые в стандарт и оформленные в его новой редакции ARINC 818-2, способствовали применению протокола ARINC 818 в системах разведки, наблюдения и рекогносцировки (ISR), а также в системах противодей-

ствия и в других системах, требующих очень высокой пропускной способности. Они также содействовали реализации функции выделения областей интереса, наблюдение за которыми требует очень высокой частоты обновления информации, и функции коммутации нескольких датчиков на один канал связи в режиме разделения времени. Сегодня разработчики систем ISR и систем противодействия наталкиваются на определённые технологические барьеры. В частности, это «узкие места» физических каналов связи по пропускной способности. Происходит это на фоне острой потребности решения двух задач:

- выделение областей интереса, наблюдение за которыми требует высокой частоты обновления информации;
- поддержка работы датчиков с ультравысокой разрешающей способностью.
- На выручку им приходит протокол ARINC 818-2, который позволяет упрощать структуру разрабатываемых систем и способствует оптимизации параметров SWaP («Габариты, масса и мощность»).

ЛИТЕРАТУРА

1. Keller T., Alexander J. ARINC 818 Express for High-Speed Avionics Video and Power Over Coax. Proc. SPIE 8383. Head- and Helmet-Mounted Displays XVII; and Display Technologies and Applications for Defense, Security, and Avionics VI. 2012. 

Новости мира News of the World Новости мира

Скорость самого быстрого в мире чипа составила 1 трлн циклов в секунду

Появился новый чип, который минимум в 250 раз быстрее самого мощного процессора для настольных систем. И этот чип был создан в рамках программы Управления перспективных исследовательских программ Пентагона DARPA под названием Terahertz Electronics (сам чип называется Terahertz Monolithic Integrated Circuit – TMIC), конечной целью которой является «упаковка» вычислительной мощности суперкомпьютера в чип твердотельного однокристального микропроцессора.

Чип, способный выполнять 1 трлн циклов в секунду, является экспериментальным изделием известной американской компании Northrop Grumman. Терагерцовая производительность позволила ему сместить с почётного пьедестала первенства чип, изготовленный в 2012 году, тактовая частота которого

составляла 850 ГГц, а производительность – на 150 млрд циклов в секунду меньше, чем производительность нового чипа.

Современная электроника, построенная на дискретных твердотельных компонентах, пока ещё принципиально не может работать в субмиллиметровом диапазоне электромагнитного спектра. И в первую очередь это связано с недостаточной скоростью работы транзисторов. Все попытки «залезть в терагерцовый диапазон» были основаны на технологиях преобразования переменного тока одной частоты в переменный ток большей частоты. Однако такой подход ограничивает выходную мощность электронных устройств в целом и оказывает негативное влияние на соотношение сигнал-шум. Кроме этого, технологии преобразования частоты увеличивают вес, размеры устройства и количество потребляемой устройством энергии.

В основе чипа TMI лежат абсолютно иные принципы увеличения частоты. А использован-

ные в чипе широкополосные высокочастотные усилители обеспечивают разницу уровней между входными и выходными сигналами всего в 6 дБ при работе на тактовой частоте в 1 ТГц. Этот прорыв может привести к появлению множества революционных технологий, таких как терагерцовые сканеры для систем безопасности, радары для автомобилей-роботов, коммуникационные системы, значительно превосходящие по характеристикам существующие системы и спектрометры, способные с высокой точностью и чувствительностью определять наличие потенциально опасных химических и взрывчатых веществ.

Пока ещё неизвестно, сколько именно потребуется времени для того, чтобы терагерцовые технологии перешли из разряда опытных лабораторных технологий в разряд практических. Первым делом, данные технологии появятся в военной технике.

www.dailytechinfo.org
со ссылкой на gizmodo.com

Технологии изготовления плат для высокомоощных силовых полупроводниковых устройств

Часть 1

Иван Красный, Юрий Непочатов, Светлана Кумачёва, Юлия Швецова (г. Новосибирск)

Одна из самых острых проблем современной электроники заключается в разработке эффективных методов и технологий отвода тепла от радиоэлементов, расположенных на печатной плате, так как несвоевременный отвод тепла приводит к их быстрому перегреву и выходу из строя. Особенно остро эта проблема стоит перед разработчиками силовых полупроводниковых устройств (СПУ), элементы которых работают при огромных мощностях и в экстремальных климатических условиях, что ухудшает характеристики полупроводниковых приборов.

Основными направлениями повышения эффективности теплоотвода от радиоэлементов являются использование конструкционных материалов с максимальной теплопроводностью и повышение эффективности радиаторов за счёт оптимизации их конструкции. Высокая потребность в недорогих силовых полупроводниковых устройствах (СПУ) высокой мощности и высокого качества в различных сферах жизни, таких, как системы управления

энергопотреблением, источники бесперебойного питания, импульсные источники питания, электротранспорт (поезда, электровозы, троллейбусы), системы автономного энергообеспечения (космические и авиационные системы), стимулирует поиск новых технологических решений.

Чтобы эффективно отводить тепло от активных элементов для предотвращения их перегрева, материалы, используемые в силовых полупроводниковых

устройствах, должны обладать высокой теплопроводностью. Поэтому в качестве проводников в СПУ часто используют такие металлы, как медь, алюминий, серебро и золото особо высокой чистоты. Их проводимость выше и выделение тепла на самом проводнике при прохождении через него тока минимально (см. таблицу 1).

Наряду с металлами используются и диэлектрики. Из диэлектрических материалов наиболее подходящими являются различные виды керамики на основе оксида алюминия (Al_2O_3), нитрида алюминия (AlN), окиси бериллия (BeO), карбида кремния (SiC) и нитрида кремния (Si_3N_4) (см. таблицу 2). Использование керамической подложки на основе оксида алюминия или нитрида алюминия в качестве основы печатной платы вместо привычного стеклотекстолита позволяет качественно изолировать токоведущие шины и при этом эффективно отводить тепло от активных радиоэлементов. Примечательно, что за счёт использования керамики значительно повышаются электромеханические характеристики готовой платы.

Самым эффективным сочетанием материалов «проводник–диэлектрик» с учётом параметров «цена–технологичность» для производства печатных плат высокомоощной электроники является металлизированная медью алюмонитридная керамика, а для менее мощных СПУ – алюмооксидная. На сегодняшний день платы из таких материалов широко используются многими производителями силовой электроники. Это позволяет им разрабатывать устройства, обладающие наивысшими характеристиками, что, несомненно, отражается на спросе и популярности выпускаемых изделий.

На данный момент в России есть предприятия, обладающие технологиями производства печатных плат для устройств средней мощности, но нет предприятий, которые бы серий-

Таблица 1. Физические параметры некоторых металлов

Наименование металла	Коэффициент теплопроводности (Вт/м · К)	Удельное сопротивление (10^{-9} Ом · см)	ТКЛР ($10^{-6} \times ^\circ C^{-1}$ до $1000^\circ C$)	Плотность (г/см ³)
Медь	384–410	1,72	16,8	8,94
Алюминий	204–237	2,60	22,2	2,71
Серебро	430–458	1,37	19,5	10,50
Золото	312–320	2,25	14,2	19,30
Вольфрам	125–185	5,5	5,2	19,32
Молибден	118–143	5,4	5,5	10,20
Магний	154–157	4,4	26	1,73
Цинк	103–118	5,9	30	7,13
Иридий	132–147	4,7	6,5	22,65
Никель	68–110	8,7	13,7	8,90

Таблица 2. Физические параметры некоторых керамических материалов

Диэлектрический материал	Коэффициент теплопроводности (Вт/м · К)	Напряжение пробоя (кВ/мм)	ТКЛР ($10^{-6} \times ^\circ C^{-1}$ до $1000^\circ C$)	Плотность (г/см ³)
Алюмооксидная керамика (Al_2O_3)	25–30	17	8	3,96
Алюмонитридная керамика (AlN)	180–240	25	4,5	3,30
Бериллиевая керамика (BeO)	219	25	5	2,85
Карбид кремния (SiC)	90–120	–	4,1	3,21
Нитрид кремния (Si_3N_4)	60–90	20	2,5	3,20

но производили керамические платы, представляющие собой металлизированные медью керамические подложки для высокоомощной и сверхмощной электроники. Причиной этого является отсутствие технологии, позволяющей изготавливать платы из высокопроводящих материалов с требуемыми характеристиками, которые могли бы конкурировать с зарубежными аналогами. В связи с этим отечественные производители силовых приборов в значительной мере зависят от импорта металлизированных медью керамических подложек, что отражается на стоимости готового устройства. Поэтому разработка и внедрение в серийное производство эффективной технологии металлизации медью керамических подложек является приоритетным и актуальным направлением в развитии отечественной силовой электроники. При этом разработанная технология позволит производить конкурентоспособные платы для высокоомощных СПУ, что в свою очередь сделает производителей силовой электроники менее зависимыми от зарубежных поставок.

Методы формирования толстых слоёв меди на керамике

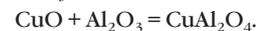
Особенности, которые усложняют процесс получения топологических рисунков электрических схем на керамических подложках, заключаются в том, что слои меди для высокоомощных устройств должны быть толщиной 300 и более микрон. Медь при этом не должна терять своих электрических и теплопроводящих свойств. К тому же наличие любых промежуточных слоёв между керамикой и медью приводит к появлению дополнительных тепловых сопротивлений, что ухудшает теплоотвод от транзисторов, снижает мощность и надёжность СПУ. При такой большой толщине медного слоя разность ТКЛР керамики и меди становится определяющим фактором, влияющим на прочность соединения. Снизить влияние этого фактора возможно за счёт различных технологических решений, которые становятся самостоятельными технологиями.

Сейчас в мире существуют несколько основных методов формирования медных слоёв на керамике:

- DBC (Direct Bonded Copper – прямое медное соединение);
- AMB (Active Metal Braze – пайка активными металлами);
- ХГН (холодное газодинамическое напыление);
- толстоплёночная технология;
- плазменное напыление и реактивное распыление.

Технология DBC

DBC-технология является наиболее популярной технологией среди производителей силовых приборов, которая позволяет получать платы СПУ высокого качества. В основе этой технологии лежат термохимические процессы, суть которых заключается в образовании эвтектической связи между контактируемыми слоями меди и оксида алюминия. Создание эффективной эвтектической связи между этими материалами возможно через оксид меди (CuO), а точнее через промежуточное соединение – алюмомедную шпинель (CuAl₂O₄), которая образуется в процессе взаимодействия оксида меди (II) и оксида алюминия (Al₂O₃) [1]:





НЭВЗ-КЕРАМИКС

Производство технической керамики для электроники и приборостроения

Керамические подложки



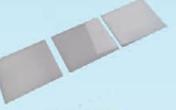
VK-96

Алюмооксидная керамика (Al₂O₃ ≥ 96%) VK-96 используется в различных областях промышленности: производство светодиодных чипов (корпуса, носители), толстоплёночные технологии, микросборки, металлокерамические корпуса и т.д.

Основные характеристики VK-96:

- шероховатость поверхности Ra – до 0,20 мкм;
- прочность на изгиб – не менее 220 МПа;
- теплопроводность – 24 Вт/м·К;
- электрическая прочность – 15 кВ/мм.

Альтернатива керамике VK-94-1 (22ХС)

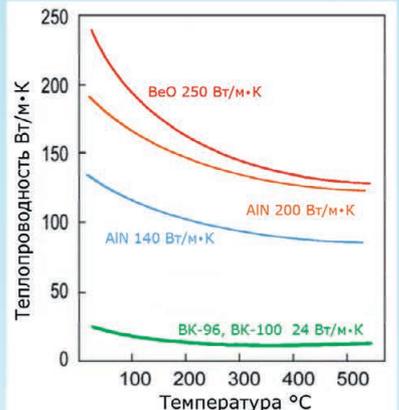


VK-100

Алюмооксидная керамика (Al₂O₃ ≥ 99,8%) VK-100 используется в СВЧ-устройствах, гибридных интегральных модулях, при производстве электронной компонентной базы (ЭКБ), тонкоплёночных технологиях и т.д.

Основные характеристики VK-100:

- шероховатость поверхности: стандарт 13-й класс, Rz – 0,1 мкм; премиум 14-й класс, Rz – 0,05 мкм;
- диэлектрическая проницаемость на f=10 ГГц – 9,8;
- теплопроводность – 29 Вт/м·К;
- электрическая прочность – 17 кВ/мм.



Сравнительные характеристики теплопроводности керамических материалов

Температура (°C)	BeO (Вт/м·К)	AlN 200 (Вт/м·К)	AlN 140 (Вт/м·К)	BK-96, BK-100 (Вт/м·К)
100	~240	~190	~130	~25
200	~180	~150	~100	~24
300	~140	~120	~85	~24
400	~110	~100	~75	~24
500	~90	~85	~70	~24



Нитрид алюминия (AlN)

Нитрид алюминия (AlN ≥ 98,5%) используется в СВЧ-устройствах, мощных полупроводниковых приборах, микросборках, при производстве ЭКБ, термоэлектрических модулях, корпусах светодиодов и т.д.

Основные характеристики AlN:

- теплопроводность – до 180 Вт/м·К;
- электрическая прочность – 20 кВ/мм;
- прочность на изгиб не менее – 250 МПа.

Альтернатива высокотоксичной бериллиевой керамике

ЗАО "НЭВЗ-КЕРАМИКС"
 Россия, 630049, г. Новосибирск, Красный проспект, 220
 Тел./факс: +7 (383) 225-8275, marketing@nevz.ru



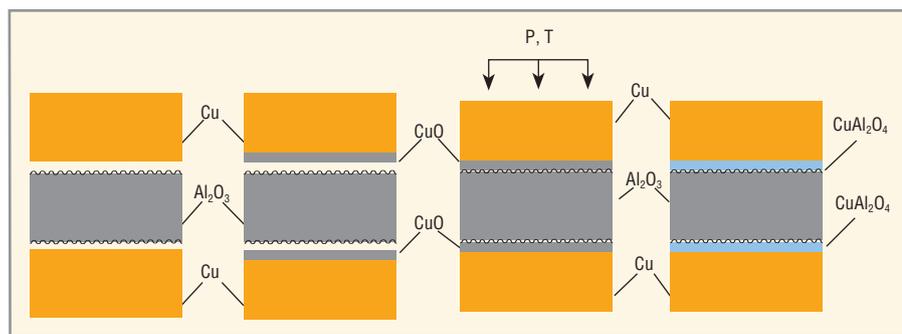


Рис. 1. Принцип DBC-технологии на алюмооксидной керамике

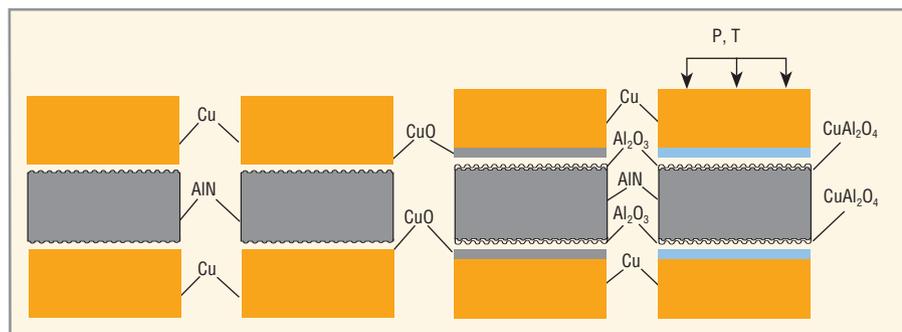


Рис. 2. Принцип DBC-технологии на алумонитридной керамике

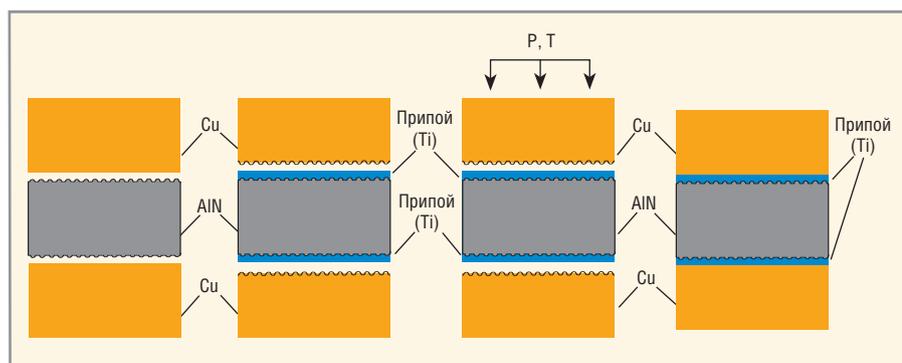


Рис. 3. Принцип AMB-технологии на примере алумонитридной керамике

Слой оксида меди (II) на поверхности медной фольги формируется с помощью нагрева или химических реакций. Для того чтобы обеспечить однородность соединения, поверхность меди должна быть очищена от загрязнений путём травления в растворе азотной или серной кислоты, после чего промыта от остатков травления дистиллированной водой. Поверхность керамики перед соединением также необходимо очистить пескоструйной обработкой. После чего необходимо максимально плотно (с давлением 2–5 МПа/см²) и с одинаковым усилием по всей площади прижать окисленную поверхность меди к керамической подложке и обеспечить условия для образования эвтектического сплава алюмомедной шпинели (выдержать в течение 10 минут при температуре 1065°C), который при остывании формирует прочное соединение (см. рис. 1). Однако за счёт рассогласования ТКЛР соединяемых матери-

алов меди ($16,8 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) и различных видов керамики ($4,5 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ – у алумонитридной и $8,0 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ – у алюмооксидной) при быстром остывании возможно отслоение медной фольги из-за ещё не укрепленной связи. Поэтому после образования эвтектического расплава дальнейшее охлаждение должно проходить максимально плавно со скоростью не более 5°C/мин до 60°C [1].

Во избежание сильного окисления медной фольги данный процесс проводится в инертной среде (азот, аргон). Для более качественного соединения необходимо, чтобы шероховатость соединяемых поверхностей меди и керамики соответствовала 9-му классу чистоты обработки поверхности, который формируется механической или химической обработкой этих поверхностей.

В случае использования более теплопроводящей керамики – алумонитридной (AlN) – на её поверхности необходимо сформировать терми-

ческим или химическим путём тонкий слой (толщиной 1–2 мкм) оксида алюминия (Al₂O₃) и уже с этим слоем создавать эвтектический сплав с CuO (см. рис. 2). При этом поверхность алумонитридной подложки также должна быть предварительно очищена от загрязнений и иметь шероховатость поверхности 9-го класса.

При такой технологии металлизация имеет высокую адгезию к керамике и определяется прочностью соединения алюмомедной шпинели, которая выдерживает большие температурные циклы [2]. Проводимость полученного слоя металлизации определяется качеством медной фольги, которая, как правило, изготавливается из бескислородной меди.

Технология AMB

AMB-технология является дополнением DBC-технологии и призвана решать проблему рассогласования ТКЛР керамики и меди с помощью промежуточных слоёв, которые амортизируют возникающие напряжения в соединении при температурных колебаниях, что позволяет повысить адгезионную стойкость. Данная технология предполагает формирование на поверхности керамики тонкого подслоя из активных металлов или их смесей (см. рис. 3). Для этих целей используются золото, серебро, медь, титан, алюминий, цирконий и платина [1]. Естественно, что каждый дополнительный подслой имеет своё тепловое сопротивление, которое снижает эффективность отвода тепла. Из-за этой особенности технологию AMB чаще всего применяют для металлизации подложек из алумонитрида, так как эта керамика обладает большей теплопроводностью, чем алюмооксидная, что отчасти и компенсирует тепловое сопротивление, создаваемое этим дополнительным подслоем. К тому же производители стараются, по возможности, создавать подслои как можно тоньше. Обычно они имеют толщину не более 15 мкм и создаются путём различных напылений или вжиганием специальных паст или припоев. Наличие в припойном слое пузырей – одна из основных причин локального перегрева термически нагруженных компонентов и выхода их из строя. Различные источники регламентируют максимальное содержание пузырей (каверн) в паяном соединении (не более 5% от общей площади соединения, при том что максимальная площадь любого из

пузырей не превышает 1%). Дальнейшее формирование толстого слоя меди происходит либо путём припайки медной фольги (предварительно прошедшей очистку), либо гальваническим наращиванием.

Для гальванического наращивания меди наиболее часто используют следующие электролиты: сернокислый, борфтористоводородный и сульфатный. В электролиты возможно добавление различных примесей для увеличения рассеивающей способности, а также блескообразующих добавок. Важным моментом при гальваническом наращивании меди является тщательная проработка режима работы гальванической установки при выбранном электролите. Так как каждый электролит обладает своей рассеивающей способностью, то для каждой системы электролитов устанавливаются индивидуальные режимы работы.

При помощи данной технологии возможно получить керамические подложки с медной металлизацией с повышенной адгезией и стойкостью к термоциклированию. Однако при формировании основного слоя меди гальваническим наращиванием слой получается не таким плотным, как при фольгировании, что выражается в высоком удельном сопротивлении. К тому же гальваническое наращивание – долговременный процесс и он ограничен толщиной наращиваемого слоя – 150–200 мкм, так как при больших толщинах значительно ухудшается адгезия. В свою очередь при фольгировании основное внимание уделяется эвтектическим сплавам, формирующим крепкие связи с медью.

Основной сложностью этой технологии является подбор рабочих режимов напылений, гальванического наращивания и наиболее эффективного состава электролита. Такая технология достаточно затратная в силу высокой стоимости оборудования и сложностей, связанных с обеспечением безопасности работы гальванической установки. Поэтому она не нашла широкого применения.

Технология ХГН

ХГН-технология является аналогом АМВ-технологии, с той лишь разницей, что нанесение подслоёв и основного слоя осуществляется высокоскоростным потоком «холодных» частиц порошка, ускоряемых сверхзвуковой струёй азота при температуре, существенно меньшей температуры плавления

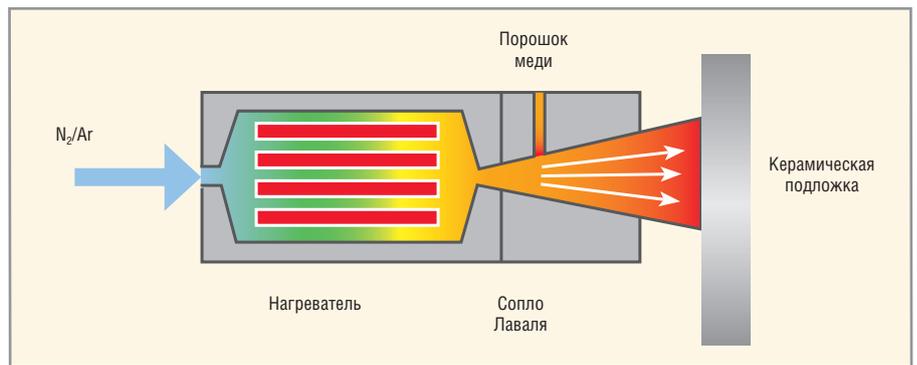


Рис. 4. Принцип ХГН-технологии

напыляемых частиц. Следствием этого является минимизация окислительных процессов. Перед тем как нанести на подложку порошок металла под высоким давлением, его разогревают до температуры 300–500°C, чтобы разогнать частицы металла до критической скорости, при которой они напыляются с максимальным коэффициентом. Разогрев также приводит к увеличению скорости образования химических связей между медью и керамикой. Сама процедура нанесения порошков металлов при помощи технологии ХГН примерно одинакова для всех металлов: температура торможения (температура разогрева подложки перед столкновением с частицами) около 200–300°C, давление струи 1,5–2,0 МПа. Сам процесс напыления состоит из трёх стадий: первая стадия – это разгон и нагрев частиц, вторая – взаимодействие частиц непосредственно с поверхностью подложки (адгезионная стадия) и третья – когезионная стадия, когда покрытие наращивается до необходимой толщины и закрепление частиц происходит на поверхности, сформированной предыдущими частицами (см. рис. 4) [3].

Технология ХГН, так же, как и АМВ, реализуется через подслой, так как при напылении на чистую керамическую поверхность напылённый слой меди высокой адгезии не имеет. Для обеспечения высокой адгезии в качестве подслоя используется либо порошок алюминия, либо слой металлизационной пасты на основе смеси Мо-Мп, которая вжигается в подложку и имеет высокую адгезию к алюминитридной (алюмооксидной) керамике (порядка 30–65 МПа). После формирования Мо-Мп-подслоя наносится порошок меди марки ПМС [4].

В покрытиях после напыления возникают напряжения сжатия или растяжения. Их знак и величина зависят

от материалов покрытия и подложки, а также толщины покрытия. Для технологии ХГН чаще свойственны напряжения растяжения в покрытии (покрытие стремится сжаться после напыления), что объясняется самим процессом формирования слоя: частицы при ударе сжимаются в направлении, перпендикулярном поверхности, и одновременно растягиваются вдоль поверхности. При закреплении в таком состоянии и после снятия ударной нагрузки частица растягивается в направлении, перпендикулярном подложке, и одновременно сжимается вдоль поверхности. Однако силы адгезии к поверхности не позволяют ей этого сделать, что и приводит к тому, что покрытие в целом стремится к сжатию вдоль поверхности. Напылённый по технологии ХГН слой меди является пористым, что создаёт сложности при получении топологического рисунка на плате. Чтобы увеличить плотность этого слоя изделие после напыления отжигают в среде водорода или в вакууме при температуре 900–1000°C [4].

Данная технология позволяет получить медные покрытия на алюминитридной (алюмооксидной) керамике с адгезией 20–45 МПа и с удельным сопротивлением медного слоя порядка $3,2 \times 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{см}$ [4]. Однако наличие Мо-Мп-подслоя создаёт дополнительное тепловое сопротивление, которое ухудшает адгезионные свойства медной металлизации при термоциклировании. Поэтому такие покрытия можно использовать только в маломощных СПУ. Главными преимуществами этой технологии являются её дешевизна, технологичность и высокая скорость получения металлизации.

Толстоплёночная технология

Толстоплёночная технология получила широкое распространение в производстве микросхем. Основной спо-

соб получения покрытий при такой технологии – это нанесение проводящей пасты с последующим её вжиганием. Паста может наноситься одним из трёх методов: ручным, плёночным или трафаретным, что делает этот метод достаточно гибким в его реализации на производстве.

Главной особенностью этой технологии является разработка паст под каждый материал, которые после нанесения и вжигания должны обладать хорошей проводимостью и высокой адгезией к керамике. В данном методе адгезия металлизации к подложке зависит в основном от дисперсности порошка, из которого изготавливается паста, и режима вжигания. Процесс вжигания пасты является самым энергозатратным этапом в этой технологии, что отражается на стоимости готовых изделий.

Эта технология имеет ограничения по толщине получаемых слоёв за одно нанесение, поэтому, для формирования необходимой толщины медного слоя из пасты, её наносят несколько раз подряд [5]. Для того чтобы нанесённая паста не растекалась, её подсушивают перед каждым последующим нанесением. После этого проводят вжигание в инертной среде, во время которого удаляется органическая связка и создаётся некий эвтектический сплав, который при застывании формирует связь. За счёт того что органическое связующее выгорает, медный слой получается рыхлым, что способствует снижению его проводимости и обретению низкой устойчивости к воздействию температур, химических веществ и влаги, а также приводит к неоднородности электрических и физических свойств.

Основным недостатком толстоплёночной технологии является её высокая трудоёмкость и энергозатратность. Достоинствами – несложность технологических операций и возможность сразу формировать топологический рисунок.

Методы тонкоплёночного напыления

Различные методы напыления, широко используемые в микроэлектронике для получения медной топологии (термовакuumное испарение, плазменное напыление, магнетронное распыление и прочие их вариации), оказываются в некоторых случаях не способными сформировать медную металлизацию на керамике с требуемыми параметрами. Часто методы

тонкоплёночного напыления получаются слишком нетехнологичными и затратными при применении в массовом производстве.

Например, любое плазменное напыление подразумевает получение медного слоя из медного порошка, поэтому напылённый слой получается пористым, в результате чего обладает повышенным удельным сопротивлением в сравнении с медной фольгой. К тому же плазменное напыление невозможно на тонкие керамические подложки, поскольку при напылении происходит локальный разогрев, который приводит к разрушению подложки.

Любое напыление из атомной фазы требует большого количества времени для образования слоя меди толщиной 300 мкм, что является неприемлемым при массовом производстве.

В результате подобные технологии напыления используют только для формирования тонких подслоёв (например, в технологии АМВ) для каких-то специфических задач (увеличения адгезии, снижения температуры вжигания, для формирования соединений), что естественно приводит к удорожанию технологии.

Другие методы

Помимо перечисленных основных методов получения толстых слоёв меди на керамических подложках имеются и другие, такие как диффузионная сварка [6], пайка по активной технологии с использованием припоя из титана [1], пайка с использованием пластин из алюминия, ванадия и других металлов [1], центрифугирование [7]. Однако все они, по сравнению с технологией DBC, не нашли широкого применения.

Выводы

Металлизированные толстыми слоями меди керамические подложки можно получать любым из вышеперечисленных методов, но, учитывая особенности каждой технологии, готовые изделия будут отличаться сферами применения и, соответственно, ценовым диапазоном. Однако на основе проведённого анализа методов можно сказать, что наиболее оптимальным сочетанием технических и коммерческих характеристик при металлизации толстыми слоями меди керамических подложек на основе нитрида и оксида алюминия, обладает технология DBC. Недаром этот метод активно применяется в производстве сверхмощных сило-

вых плат крупнейшими зарубежными производителями, такими как «Curamik Electronic», «Ferrotec Nord Corporation», «KEOSERA», «MARUVA» и др.

Полной информации о свойствах металлизированных подложек, созданных по технологии DBC, в литературных источниках и патентной литературе не приводится. Поэтому на базе предприятия «НЭВЗ-КЕРАМИКС» были проведены исследования характеристик керамических DBC-подложек зарубежного производства. В результате этих исследований было установлено, что удельное сопротивление металлизации соответствует сопротивлению, близкому к чистой меди ($\leq 2,2 \text{ Ом} \cdot \text{см}$) и определяется качеством медной фольги. Адгезия медной металлизации толщиной 300 мкм к алюмооксидной подложке составляет порядка 40–60 МПа и к алюмонитридной – 30–40 МПа. Качество состояния поверхности металлизации соответствует 9-му классу. Стойкость металлизации к термоциклированию составляет 250 термоциклов. Такие параметры металлизации отвечают требованиям большинства производителей СПУ, что даёт большое преимущество этой технологии при применении её в массовом производстве электрических плат для силовых устройств.

Подробные результаты анализа структуры и свойств DBC-подложек зарубежного производства будут изложены во второй части статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. *F. Barlow, A. Elsbabini*. Ceramic Interconnect Technology Handbook. CRC. 2007.
2. *Исламгазина Л., Шульц-Хардер Ю., Валев С.* Критерии выбора подложек для силовых модулей. Компоненты и технологии. №3. 2004.
3. *Алхимов А.П., Косарев В.Ф., Фомин В.М., Клишков С.В.* Холодное газодинамическое напыление. Теория и практика. Издательская фирма «Физико-математическая литература» (ООО «Физматлит»). 2010.
4. *Непочатов Ю.К., Куличёва С.А., Косарев В.Ф., Медведко О.В.* Патент (РФ) №2490237 Металлизированная керамическая подложка для электронных силовых модулей и способ металлизации керамики.
5. *Цудзимура Есихико, Накамура Миоки, Фусии Ясухито*. Подложка, способ её получения (варианты) и металлическое соединённое изделие. Патент (РФ) №2196683.
6. *Люшинский А.В.* Диффузионная сварка разнородных материалов. Академия. 2006.
7. *Михеева Е.В., Скулкин Н.М.* Способ металлизации керамики. Патент (РФ) №2164904. ©

0+

ufi
Approved
Event

ЭНЕРГИЯ ВАШЕГО РАЗВИТИЯ

Реклама

СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

**11-я Международная выставка
компонентов и систем
для силовой электроники**

Организаторы:



Тел.: +7 (812) 380 6003/07
Факс: +7 (812) 380 6001/00
E-mail: power@primexpo.ru

POWER ELECTRONICS



25–27 ноября 2014

МЕСТО
ПРОВЕДЕНИЯ | МОСКВА, КРОКУС ЭКСПО

Получите электронный билет!
www.powerelectronics.ru

Новости мира News of the World Новости мира

Высокоскоростной генератор сигналов произвольной формы с частотой дискретизации 65 Гвыб/с от Keysight Technologies

Компания Keysight Technologies пополнила свою линейку генераторов сигналов произвольной формы модульным прибором с диапазоном частот 20 ГГц и частотой дискретизации 65 Гвыб/с.

Новый высокоскоростной широкополосный генератор сигналов произвольной формы M8195A позволяет генерировать цифровые многоуровневые сигналы (например, PAM4, MIPI C-PHY) и тестировать электрические и оптические каналы связи с помощью сложных модулированных сигналов со скоростью 32 Гбод и выше. Это делает M8195A самым универсальным генератором сигналов в отрасли.

Мгновенная полоса от 0 до 20 ГГц позволяет создавать чрезвычайно короткие, но прецизионные импульсы.

Разработчики РЛС, средств РЭБ и беспроводных устройств могут применять гене-

ратор M8195A для создания широкополосных сигналов полосой до 20 ГГц.

Прибор имеет высокую частоту дискретизации, широкую полосу сигнала и самое большое в отрасли число портов. Столь уникальная функциональность позволяет выполнять прецизионные, воспроизводимые измерения при работе с двичными и многоуровневыми сигналами, многоканальными цифровыми интерфейсами, а также когерентными оптическими и широкополосными коммуникационными сигналами.

В генераторе M8195A применяются стандартные методы калибровки и предискажений, позволяющие создавать исключительно чистые сигналы даже при самых высоких частотах дискретизации. Кроме того, инженеры могут использовать эти методы для создания канала с определёнными свойствами между генератором и тестируемым устройством. Аппаратная реализация функций позволяет изменять параметры в процессе работы.

Благодаря памяти сигнала до 16 млрд выборок, M8195A позволяет создавать



длинные, высокореалистичные сигнальные сценарии. Несколько модулей M8195A можно объединить в одном 5-слотовом шасси формата AXIe и получить систему, имеющую до 16 полностью синхронизированных каналов.

Генератор сигналов произвольной формы M8195A предоставляет инженерам возможность:

- генерировать многоуровневые сигналы по четырём каналам (например, PAM4) с программируемыми искажениями и джиттером со скоростью до 32 Гбод;
- генерировать две пары сигналов со сложной модуляцией (четыре канала) для когерентных оптических приложений со скоростью 32 Гбод и выше.

LUMINEO
POWERED BY ВЕЕКО

ДИСПЛЕИ ДЛЯ
от -50°C

О Ф И Ц И А Л Ъ Н Ы Й Д И С Т Р И Б Ъ Ю Т О Р

PROSOFT[®]

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

Реклама

Новости мира News of the World Новости мира

Генератор сигналов произвольной формы M8195A предоставляет инженерам возможность:

- достигать максимальной частоты дискретизации 65 Гвыб/с с аналоговой полосой 20 ГГц одновременно в четырёх прецизионных каналах в каждом слоте AXIe;
- получать выходное дифференциальное напряжение до 2 Впик-пик и подавать регулируемое постоянное смещение в диапазоне от -1 до +3,3 В;
- создавать реалистичные сценарии, благодаря объёму памяти сигнала 16 млрд выборок.

Генератор M8195A работает в модульной системе формата AXIe, предназначенной для высокопроизводительных приборов, и может устанавливаться в 2- или 5-слотовое шасси.

www.keysight.com/find/M8195A

В 2018 году корпоративные расходы на публичные облака достигнут \$127 млрд

В 2014 году расходы компаний на услуги публичного облака достигнут \$56,6 млрд,

а в 2018 году вырастут до \$127 млрд, передаёт Digitimes со ссылкой на IDC. Ежегодный средний рост (CAGR) в течение пяти лет составит 22,8%, что в шесть раз выше, чем в целом по рынку ИТ.

В 2018 году рынок публичного облака для компаний будет составлять до половины мирового рынка программного обеспечения, серверов и систем хранения, если оценивать показатели роста.

В числе факторов роста публичного облака аналитики отмечают внедрение стратегий, опирающихся на облако. Рост будет двусторонним – и со стороны поставщиков инфраструктуры, которые предложат новые решения, и со стороны компаний, которые будут эти решения внедрять.

В IDC говорят, что рынок облачных услуг сейчас входит в стадию инноваций, которая породит взрыв новых решений на базе облака. Многие новые решения будут представлять собой специализированные бизнес-платформы с собственными инновационными сообществами. В результате в компаниях ста-

нут по-новому управлять инфраструктурой, изменится конкурентный ландшафт в разных отраслях экономики. По мере роста числа приложений и различных сфер применения облачные услуги проникнут практически во все сферы экономики, как B2B, так и B2C.

В IDC добавляют, что на рынке публичного корпоративного облака продолжит доминировать подход «ПО как услуга» (SaaS). На эту сферу придётся 70% всех расходов в части облака. В основном это связано с тем, что у большинства клиентов спрос сосредоточен на уровне приложений.

Второй по величине категорией услуг публичного облака станет «инфраструктура как услуга» (IaaS), её ежегодный рост (CAGR) до 2018 года составит 31%. Самые быстрые темпы роста будут у модели «платформа как услуга» (PaaS) и услуг облачного хранения данных, поскольку разработчики быстро внедряют облачные услуги и решения на базе больших данных соответственно.

www.astera.ru

ЖЁСТКИХ УСЛОВИЙ

до +85°C



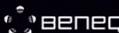
Основные свойства электролюминесцентных дисплеев:

- Кристальная чёткость изображения — отсутствует размытость изображения движущегося объекта при температуре -60°C
- Широкий угол обзора — свыше 160°
- Время отклика менее 1 мс
- Средний срок безотказной работы более 116 000 часов
- Срок эксплуатации не менее 11 лет при 25-30% потере яркости
- Устойчивость к ударным и вибрационным воздействиям
- Низкий уровень электромагнитного излучения
- Компактный корпус и обрамление

Области применения:

- Транспортные средства
- Промышленное оборудование
- Медицинские приборы
- Аппаратура морской техники



POWERED BY 

КОМПАНИИ BENEQ (LUMINEQ)

С.-ПЕТЕРБУРГ Тел.: (812) 448-0444 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru



Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: базовые таймеры

Олег Вальпа (г. Миасс, Челябинская обл.)

В статье приведено описание таймеров 32-разрядных ARM-микроконтроллеров серии STM32 от компании STMicroelectronics. Рассмотрена архитектура и состав регистров базовых таймеров, а также приведены практические примеры программ.

ВВЕДЕНИЕ

Для любого микроконтроллера таймер является одним из важнейших узлов, который позволяет очень точно отсчитывать интервалы времени, считать импульсы, поступающие на входы, генерировать внутренние прерывания, формировать сигналы с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) и поддерживать процессы прямого доступа к памяти (ПДП).

Микроконтроллер STM32 [1] имеет в своём составе несколько типов таймеров, отличающихся друг от друга по функциональному назначению.

Первый тип таймеров является самым простым и представляет собой базовые таймеры (Basic Timers). К данному типу принадлежат таймеры TIM6 и TIM7. Эти таймеры очень просто настраиваются и управляются при помощи минимума регистров. Они способны отсчитывать интервалы времени и генерировать прерывания при достижении таймером заданного значения.

Второй тип представляет собой таймеры общего назначения (General-Purpose Timers). К нему относятся таймеры с TIM2 по TIM5 и таймеры с TIM12 по TIM17. Они могут генерировать ШИМ, считать импульсы, поступающие на определённые выходы микро-

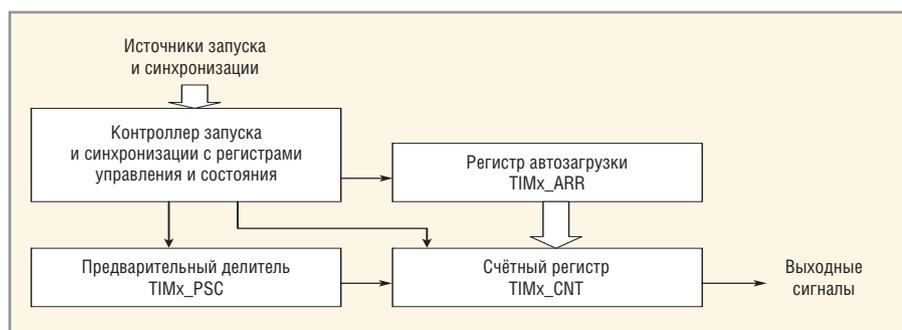
контроллера, обрабатывать сигналы от энкодера и т.п.

Третий тип определяет таймеры с развитым управлением (Advanced-Control Timer). К этому типу относится таймер TIM1, который способен выполнять все перечисленные выше операции. Кроме того, на основе данного таймера можно построить устройство, способное управлять трёхфазным электроприводом.

УСТРОЙСТВО БАЗОВОГО ТАЙМЕРА

Рассмотрим устройство и работу базового таймера, структурная схема которого представлена на рисунке.

Базовый таймер построен на основе 16-битных регистров. Его основой является счётный регистр TIMx_CNT. (Здесь и далее символ «x» заменяет номер 6 или 7 для базовых таймеров TIM6 и TIM7 соответственно.) Предварительный делитель TIMx_PSC позволяет регулировать частоту тактовых импульсов для счётного регистра, а регистр автозагрузки TIMx_ARR даёт возможность задавать диапазон отсчёта таймера. Контроллер запуска и синхронизации вместе с регистрами управления и состояния служат для организации режима работы таймера и позволяют контролировать его функционирование.



Структурная схема базового таймера

Благодаря своей организации счётчик таймера может считать в прямом и в обратном направлении, а также до середины заданного диапазона в прямом, а затем в обратном направлении.

На вход базового таймера может подаваться сигнал от нескольких источников, в том числе тактовый сигнал синхронизации от шины APB1, внешний сигнал или выходной сигнал других таймеров, подаваемый на выходы захвата и сравнения.

Таймеры TIM6 и TIM7 тактируются от шины APB1. Если использовать кварцевый резонатор с частотой 8 МГц и заводские настройки тактирования по умолчанию, то тактовая частота с шины синхронизации APB1 составит 24 МГц.

РЕГИСТРЫ БАЗОВОГО ТАЙМЕРА

В таблице приведена карта регистров для базовых таймеров TIM6 и TIM7.

Базовые таймеры включают в свой состав следующие 8 регистров:

- TIMx_CNT – Counter (счётный регистр);
- TIMx_PSC – Prescaler (предварительный делитель);
- TIMx_ARR – Auto Reload Register (регистр автоматической загрузки);
- TIMx_CR1 – Control Register 1 (регистр управления 1);
- TIMx_CR2 – Control Register 2 (регистр управления 2);
- TIMx_DIER – DMA Interrupt Enable Register (регистр разрешения ПДП и прерываний);
- TIMx_SR – Status Register (статусный регистр);
- TIMx_EGR – Event Generation Register (регистр генерации событий).

Регистры TIMx_CNT, TIMx_PSC и TIMx_ARR используют 16 информационных разрядов и позволяют записывать значения от 0 до 65535.

Частота тактовых импульсов для счётного регистра TIMx_CNT, прошедших через делитель TIMx_PSC, рассчитывается по формуле:

$$F_{cnt} = F_{in} / (PSC + 1),$$

где F_{cnt} – частота импульсов счётного регистра таймера; F_{in} – тактовая

частота; PSC – содержимое регистра TIMx_PSC таймера, определяющее коэффициент деления.

Если записать в регистр TIMx_PSC значение 23999, то счётный регистр TIMx_CNT при тактовой частоте 24 МГц будет изменять своё значение 1000 раз в секунду.

Регистр автоматической загрузки хранит значение для загрузки счётного регистра TIMx_CNT. Обновление содержимого регистра TIMx_CNT производится после его переполнения или обнуления, в зависимости от заданного для него направления счёта.

Регистр управления TIMx_CR1 имеет несколько управляющих разрядов.

Разряд ARPE разрешает и запрещает буферирование записи в регистр автоматической загрузки TIMx_ARR. Если этот бит равен нулю, то при записи нового значения в TIMx_ARR оно будет загружено в него сразу. Если бит ARPE равен единице, то загрузка в регистр произойдёт после события достижения счётным регистром предельного значения.

Разряд OPM включает режим «одно-го импульса». Если он установлен, после переполнения счётного регистра счёт останавливается и происходит сброс разряда CEN.

Разряд UDIS разрешает и запрещает генерирование события от таймера. Если он обнулён, то событие будет генерироваться при наступлении условия генерирования события, то есть при

Листинг 1

```
#define FAPB1 24000000 // Тактовая частота шины APB1
// Функция задержки в миллисекундах и микросекундах
void delay(unsigned char t, unsigned int n)
{
// Загрузить регистр предварительного делителя PSC
If(t == 0) TIM7->PSC = FAPB1/1000000-1; // для отсчёта микросекунд
If(t == 1) TIM7->PSC = FAPB1/1000-1; // для отсчёта миллисекунд
TIM7->ARR = n; // Загрузить число отсчётов в регистр автозагрузки ARR
TIM7->EGR |= TIM_EGR_UG; // Сгенерировать событие обновления
// для записи данных в регистры PSC и ARR
TIM7->CR1 |= TIM_CR1_CEN|TIM_CR1_OPM; // Пуск таймера
// путём записи бита разрешения счёта CEN
// и бита режима одного прохода OPM в регистр управления CR1
while (TIM7->CR1&TIM_CR1_CEN != 0); // Ожидание окончания счёта
}
```

переполнении таймера или при программной установке в регистре TIMx_EGR разряда UG.

Разряд CEN включает и отключает таймер. Если обнулить этот разряд, то будет остановлен счёт, а при его установке счёт будет продолжен. Входной делитель при этом начнёт счёт с нуля.

Регистр управления TIMx_CR2 имеет три управляющих разряда MMS2...MMS0, которые определяют режим мастера для таймера.

В регистре TIMx_DIER используется два разряда. Разряд UDE разрешает и запрещает выдавать запрос DMA (ПДП) при возникновении события. Разряд UIE разрешает и запрещает прерывание от таймера.

В регистре TIMx_SR задействован только один разряд UIF в качестве флага прерывания. Он устанавливается аппаратно, при возникновении события от таймера. Сбрасывать его нужно программно.

Регистр TIMx_EGR содержит разряд UG, который позволяет программно генерировать событие «переполнение счётного регистра». При установке этого разряда, происходит генерация события и сброс счётного регистра и предварительного делителя. Обнуляется этот разряд аппаратно. Благодаря этому разряду можно программно генерировать событие от таймера, и тем самым принудительно вызывать функцию обработчика прерывания таймера.

Карта регистров для базовых таймеров TIM6 и TIM7

Сдвиг	Регистр	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0x00	TIMx_CR1	Резерв																							ARPE	Резерв			OPM	URS	UDIS	CEN	
	Исх.значение																								0				0	0	0	0	
0x04	TIMx_CR2	Резерв																							MMS[2:0]			Резерв					
	Исх.значение																								0 0 0								
0x08	Резерв																																
0x0C	TIMx_DIER	Резерв																							UDE	Резерв			UIE				
	Исх.значение																								0				0				
0x10	TIMx_SR	Резерв																										UIF					
	Исх.значение																											0					
0x14	TIMx_EGR	Резерв																										UG					
	Исх.значение																											0					
0x18	Резерв																																
0x1C	Резерв																																
0x20	Резерв																																
0x24	TIMx_CNT	Резерв															CNT[15:0]																
	Исх.значение																0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0																
0x28	TIMx_PSC	Резерв															PSC[15:0]																
	Исх.значение																0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0																
0x2C	TIMx_ARR	Резерв															ARR[15:0]																
	Исх.значение																0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0																

Листинг 2

```

// Подключение библиотек
#include <stm32f10x.h>
#include <stm32f10x_gpio.h>
#include <stm32f10x_rcc.h>
#include <stm32f10x_tim.h>
#include <misc.h>
// Назначение выводов для светодиодных индикаторов
enum { LED1 = GPIO_Pin_8, LED2 = GPIO_Pin_9 };
// Функция инициализации портов управления светодиодными индикаторами
void init_leds()
{
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOC, ENABLE);
    GPIO_InitTypeDef gpio;
    GPIO_StructInit(&gpio);
    gpio.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP;
    gpio.GPIO_Pin = LED1 | LED2;
    GPIO_Init(GPIOC, &gpio);
}
// Функция инициализации таймера TIM6
void init_timer_TIM6()
{
    // Включить тактирование таймера
    RCC_APB1PeriphClockCmd(RCC_APB1Periph_TIM6, ENABLE);
    TIM_TimeBaseInitTypeDef base_timer;
    TIM_TimeBaseStructInit(&base_timer);
    // Задать делитель равным 23999
    base_timer.TIM_Prescaler = 24000 - 1;
    // Задать период равным 500 мс
    base_timer.TIM_Period = 500;
    TIM_TimeBaseInit(TIM6, &base_timer);
    // Разрешить прерывание по переполнению счётчика таймера
    TIM_ITConfig(TIM6, TIM_IT_Update, ENABLE);
    // Включить таймер
    TIM_Cmd(TIM6, ENABLE);
    // Разрешить обработку прерывания по переполнению счётчика таймера
    NVIC_EnableIRQ(TIM6_DAC_IRQn);
}
// Функция обработки прерывания таймера
void TIM6_DAC_IRQHandler()
{
    // Если произошло прерывание по переполнению счётчика таймера TIM6
    if (TIM_GetITStatus(TIM6, TIM_IT_Update) != RESET)
    {
        // Обнулить бит обрабатываемого прерывания
        TIM_ClearITPendingBit(TIM6, TIM_IT_Update);
        // Инвертировать состояние светодиодных индикаторов
        GPIO_Write(GPIOC, GPIO_ReadOutputData(GPIOC) ^ (LED1 | LED2));
    }
}
// Главный модуль программы
int main()
{
    init_leds();
    GPIO_SetBits(GPIOC, LED1);
    GPIO_ResetBits(GPIOC, LED2);
    init_timer_TIM6();
    while (1)
    {
        // Место для других команд
    }
}

```

Рассмотрим назначение регистров управления и состояния таймера на конкретных примерах программ.

ПРИМЕРЫ ПРОГРАММ

Для запуска таймера необходимо выполнить несколько операций, таких как подача тактирования на таймер и инициализация его регистров. Рассмотрим эти операции на основе примеров программ для работы с таймерами.

Довольно часто в процессе программирования возникает задача реализации временных задержек. Для решения данной задачи необходима функция формирования задержки. Пример такой функции на основе базового таймера TIM7 для STM32 приведён в листинге 1.

Эта функция может формировать задержки в микросекундах или миллисекундах в зависимости от параметра «t». Длительность задержки задаётся параметром «n».

В данной программе задействован режим одного прохода таймера TIM7, при котором счётный регистр CNT выполняет счёт до значения переполнения, записанного в регистре ARR. Когда эти значения сравниваются, таймер останавливается. Факт остановки таймера ожидается в цикле while, путём проверки бита CEN статусного регистра CR1.

Включение тактирования таймеров производится однократно в главном модуле программы при их инициализации. Базовые таймеры подключены к шине APB1, поэтому подача тактовых импульсов выглядит следующим образом:

```

RCC->APB1ENR |= RCC_APB1ENR_
TIM6ENR; // Включить тактирование
на TIM6
RCC->APB1ENR |= RCC_APB1ENR_
TIM7ENR; // Включить тактирование
на TIM7

```

Описанный выше программный способ формирования задержки имеет существенный недостаток, связанный с тем, что процессор вынужден заниматься опросом флага на протяжении всего времени задержки и поэтому не имеет возможности в это время выполнять другие задачи. Устранить такой недостаток можно с помощью использования режима прерываний от таймера.

Функции обработки прерывания для базовых таймеров обычно выглядят следующим образом:

```

void TIM7_IRQHandler()
{
TIM7->SR &= ~TIM_SR_UIF; //
Обнулить флаг
// Выполнить операции
}
void TIM6_DAC_IRQHandler()
{
// Если событие от TIM6
if(TIM6->SR & TIM_SR_UIF)
{
TIM6->SR &= ~TIM_SR_UIF; //
Обнулить флаг
// Выполнить операции
}
}

```

Рассмотрим пример программы для организации задержки на базовом таймере TIM6, которая использует прерывания от таймера. Для контроля выполнения программы задействуем один из выводов микроконтроллера для управления светодиодами индикаторами, которые должны будут переключаться с периодичностью, определяемой программной задержкой, организованной на таймере TIM6.

Пример такой программы приведён в листинге 2.

В данной программе функция задержки вызывается один раз, после чего процессор может выполнять другие операции, а таймер будет регулярно формировать прерывания с заданным интервалом задержки.

Аналогичную программу можно написать и для таймера TIM7. Отличие такой программы будет состоять в именах регистров и названии обработчика прерывания. Обработчик прерывания таймера TIM6 имеет одну особенность, связанную с тем, что вектор обработки прерывания этого таймера объединён с прерыванием от цифро-аналогового преобразователя (ЦАП). Поэтому в функции обработчика прерывания выполняется проверка источника прерывания. Подробнее ознакомиться с таймерами микроконтроллера STM32 можно на сайте St.com [2].

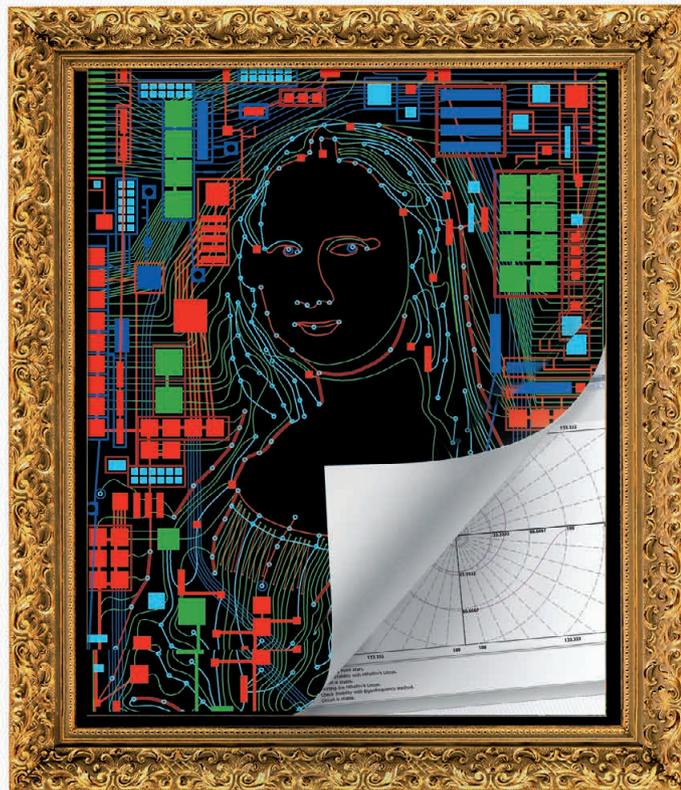
Для таймера существует множество других задач, описанных выше, которые он может успешно решить. Поэтому его применение в программе значительно облегчает нагрузку на процессор и делает программу эффективнее.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.st.com.
2. www.st.com/web/en/resource/technical/document/reference_manual/CD00246267.pdf. ©

EREMEX
 Инновационный подход к проектированию электроники

САПР



Вер. 6.0
TOPOR
 Топологический
 трассировщик
 печатных плат



Вер. 2.1
SIMONE
 Пакет моделирования
 электронных схем



info@eremex.ru • www.eremex.ru

Москва, ул. Профсоюзная, д. 108
 Тел.: +7 (495) 232-18-64

Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, д. 29А
 Тел.: +7 (812) 448-04-44

Реклама

Силовые модули IGBT корпорации Mitsubishi Electric

Юрий Петропавловский (г. Таганрог, Ростовская обл.)

Корпорация Mitsubishi Electric разрабатывает и производит полупроводниковые приборы различных категорий. В статье рассмотрены особенности силовых модулей IGBT.

ВВЕДЕНИЕ

Компания Mitsubishi Electric ведёт свою историю с 1873 года, когда Ятаро Ивасаки (на фото) основал судоходную компанию Mitsubishi Shokai. В 1884 году он взял в аренду государственные верфи в Нагасаки и основал судостроительную компанию Nagasaki Shipyard & Mitsubishi Works, впоследствии переименованную в Mitsubishi Shipbuilding Co., Ltd, а с 1934 года – в Mitsubishi Heavy Industries, одну из крупнейших корпораций, входящую в конгломерат компаний, банков и организаций под общим названием Mitsubishi.

В 1921 году от Mitsubishi Shipbuilding отделилась фабрика в городе Кобэ, производившая электромоторы для океанских судов; предприятие получило название Mitsubishi Electric. В том же году новая компания начала производство и продажу электрических вентиляторов и вышла на рынок бытового электрооборудования. В 1930-е годы компания выпускала, устанавливала и обслуживала лифты и эскалаторы, производила оборудование для электростанций и различных отраслей промышленности.

В 1950-е годы в компании приступили к исследованиям в области полупроводников, в 1953 году был выпущен первый телевизор. В 1960-е годы компания продолжила расширение сфер своей деятельности, и по лицензии RCA в 1960 году был выпущен первый цветной телевизор, в 1961 году – первая в Японии микросхема Molectron 2NA01B



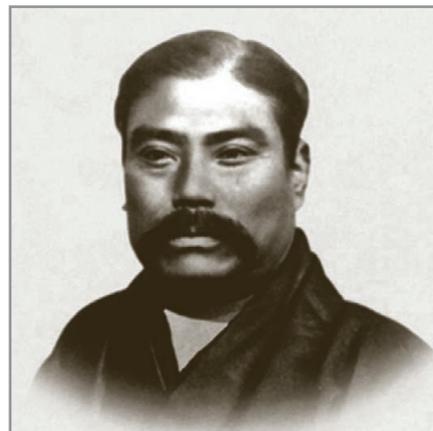
Рис. 1. Первая японская микросхема

(см. рис. 1). Активно развивалось и компьютерное направление. Первый компьютер компании – MELCOM 1101 – был представлен в 1960 году, а в 1969 году выпущен компьютер для малого бизнеса MELCOM83 (см. рис. 2), пользовавшийся большой популярностью у целевых потребителей.

В 1970-е и последующие годы компания реализовала ряд крупных проектов, разработала и запустила в производство множество изделий и технологий в различных областях электротехники, промышленности, вычислительной техники, транспортных средств, авиационного и космического приборостроения. В области разработки и производства полупроводниковых приборов и микросхем компания также находилась на передовых позициях в мире.

В 2003 году корпорациями Mitsubishi Electric (MELCO) и Hitachi было создано совместное предприятие по производству БИС и полупроводниковых приборов – Renesas Technology. В 2010 году произошло слияние Renesas Technology и NEC Electronics Corporation с изменением названия на Renesas Electronics. Однако производство полупроводниковых приборов не ушло из корпорации полностью, и значительная часть этого направления бизнеса продолжает успешно развиваться в рамках MELCO.

Полупроводниковое подразделение MELCO до образования СП Renesas Technology выпускало стандартные и специализированные (ASIC и ASSP) микросхемы, базовые матричные кристаллы, микроконтроллеры, изделия для оптоэлектроники, датчики изображения, ВЧ, СВЧ и силовые полупроводниковые приборы. Значительную часть продаж компании составляли микросхемы DRAM и флэш-памяти. Компании Renesas Technology отошли направления микропроцессоров, ASSP, ASIC и некоторые другие.



Ятаро Ивасаки

MITSUBISHI ELECTRIC в России

Компания Mitsubishi Electric начала поставлять в СССР изделия промышленного назначения в 1970-е годы. В середине 1990-х годов была сформирована сеть сбыта и обслуживания систем кондиционирования воздуха. В 1997 году было открыто представительство ЗАО «Мицубиси Электрик Юроп Б.В.» (Нидерланды) в Москве (МЭЛКО). Впоследствии были открыты филиалы представительства в Екатеринбурге и Санкт-Петербурге.

К 10-летию представительства ассортимент продукции МЭЛКО значительно расширился. Кроме систем кондиционирования, компания поставляет на российский рынок приборы и средства автоматизации промышленного производства, силовые полупроводниковые приборы, проекционную технику, видеостены, светодиодные экраны, системы безопасности и медицинские принтеры [1].

В конце 2011 года «МЭЛКО» и ОАО «Энергомеханический завод» (г. Санкт-Петербург) создали стратегическое партнёрство для поставок на рынок России и СНГ высоковольтного коммутационного оборудования (КРУЭ – комплектных распределительных устройств с элегазовой изоляцией) и базовых элегазовых выключателей. Партнёрство объединило инженерные решения и технологии с глубоким знанием требований российского рынка, широкой сетью продаж и развитой сервисной базой российского завода. Пар-

тнёвство явилось основой для создания совместного производства в России, призванного локализовать сложное энергетическое оборудование [2].

Полупроводниковые приборы

Полупроводниковую продукцию компании Mitsubishi Electric в России представляет ряд дистрибьюторов в Москве и регионах страны, в том числе ООО «ДИАЛ-КОМПОНЕНТ», ПЛАТАН, СИММЕТРОН и ЭФО.

В каталог 2014 года включены шесть категорий полупроводниковых приборов [3]:

- силовые модули – IGBT, HVIGBT, MOSFET, диодные и тиристорные модули, интеллектуальные силовые модули (IPM, DIPIM), модули корректоров коэффициента мощности;
- приборы большой мощности – силовые выпрямительные диоды и тиристоры, транзисторные сборки;
- микросхемы и датчики – высоковольтные микросхемы, транзисторные сборки и датчики;
- ВЧ- и СВЧ-компоненты – GaN, GaAs и кремниевые приборы;
- оптоэлектронные компоненты – лазерные диоды для промышленности, оптоволоконные приборы;
- модули ЖК-дисплеев – стандартные, широкоформатные и специальных форматов.

При производстве современных силовых приборов IGBT компания использует технологию CSTBT (Carrier Stored Trench Gate Bipolar Transistor). Данная технология впервые была применена в силовых модулях пятого поколения (серии A и NF). Стандартная планарная структура затвора IGBT, показанная на рисунке 3а, состоит из четырёх основных резистивных компонентов: сопротивления канала ($R_{\text{канала}}$), области полевого транзистора (R_{JFET}), n-слоя ($R_{\text{n-}}$) и p-n-перехода (R_{PN}). Падение напряжения на сопротивлениях R_{JFET} и $R_{\text{n-}}$ составляет около 50% от всего напряжения насыщения коллектор-эмиттер транзистора $V_{\text{ce}}(\text{sat})$. Задача снижения этой резистивной составляющей и была решена с помощью технологии CSTBT (CS – слой накопления носителей, T – пазовый или траншейный затвор, BT – биполярный транзистор).

Структура CSTBT IGBT пятого поколения (серия NF) показана на рисунке 3б. Она имеет два основных отличия: область JFET полностью удалена за счёт пазовой структуры затвора. В резуль-



Рис. 2. Компьютер MELCOM83

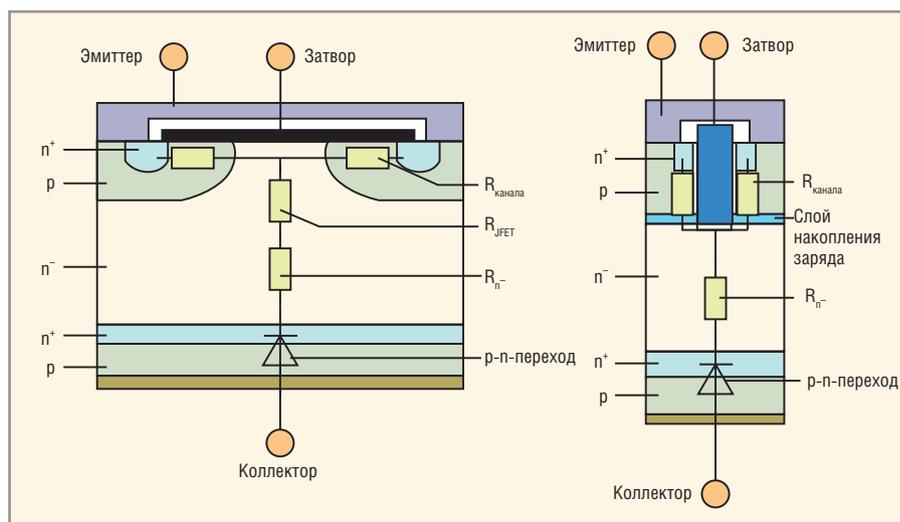


Рис. 3. Структура затворов IGBT:

а – структура планарного затвора IGBT; б – структура CSTBT IGBT 5-го поколения

тате ток может проходить непосредственно из канала в область n-слоя, что исключает одну из составляющих падения напряжения. Также введён новый слой накопления носителей, расположенный вблизи эмиттера и перехватывающий движущиеся заряды. В результате плотность носителей заряда со стороны эмиттера увеличивается, а общее сопротивление n-слоя ($R_{\text{n-}}$) и падение напряжения на нём уменьшаются. По сравнению с приборами, выполненными по стандартной планарной технологии, CSTBT-приборы обеспечивают на 70% меньшее напряжение насыщения $V_{\text{ce}}(\text{sat})$, что позволяет значительно уменьшить статические и динамические потери переключения [4].

Шестое поколение IGBT приборов компании (серии NX, MPD), также выполненное на основе технологии CSTBT, отличается меньшим расстоянием между пазовыми затворами на кристалле, выращенном на более тонких полупроводниковых пластинах. Кроме того, в новых приборах оптимизирована технология PCM (Plugged Cell Merged), используемая в IGBT с высокой плотностью ячеек на кристалле, а также оптимизирован состав добавок в слое CS. Структуры IGBT пятого и шестого поколений показаны на рисунке 4. В модулях шестого поколения используются и новые антипараллельные диоды, показанные на рисунке 5.

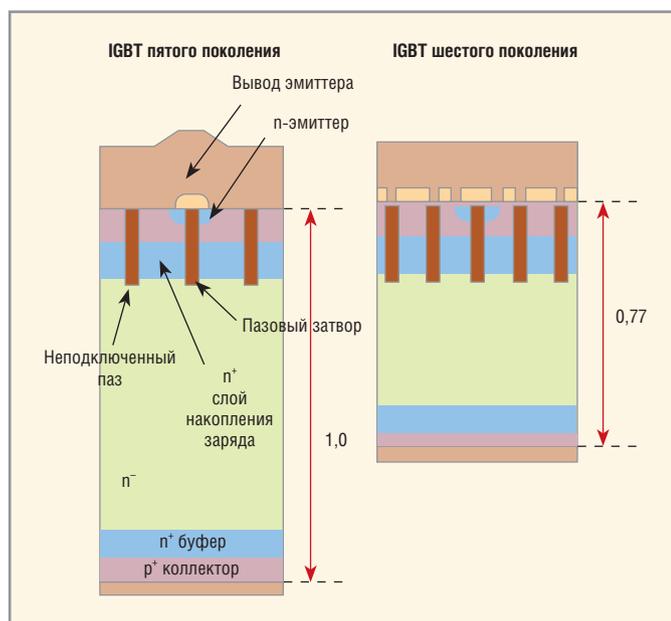


Рис. 4. Структуры IGBT пятого и шестого поколений

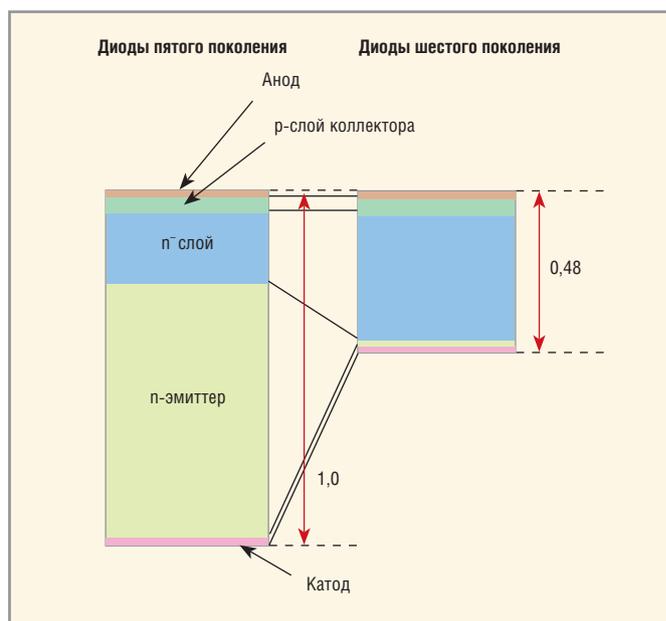


Рис. 5. Структуры диодов модулей IGBT



Рис. 6. Модуль CM600DY-24A

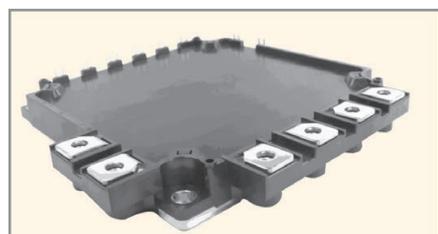


Рис. 7. Модуль CM150RXL-34SA

Модули IGBT шестого поколения серии NX, в сравнении с аналогами пятого поколения серии A, имеют следующие преимущества [5]:

- примерно на 0,55 В меньшее напряжение насыщения $V_{ce}(sat)$ (при $T_j = 125^\circ\text{C}, I_c = 150\text{ A}$);
- на 25% меньшую энергию выключения E_{off} (14,5 мДж/импульс против 19,4 мДж/импульс при $I_c = 150\text{ A}, V_{ce} = 600\text{ В}, T_j = 125^\circ\text{C}$);
- на 60% меньший заряд затвора Q_g (650 нК/импульс против 1130 нК/импульс);
- примерно на 0,3 В меньшее прямое напряжение V_f на антипараллельных диодах (при $I_f = 150\text{ A}, T_j = 125^\circ\text{C}$);

- на 15–18% меньшую общую мощность потерь при частотах переключения 5–10 кГц.

В каталоге компании 2014 года представлено около двухсот типов модулей IGBT нескольких серий в категориях MP (серийное производство), New (недавно разработанные приборы), DVLP (разрабатываемые приборы, один тип – CM900DUC-24S) и NRND (приборы, не рекомендуемые для использования в новых разработках). Классификационные параметры модулей IGBT категории New приведены в таблице. В данную категорию включены модули 6/6.1 поколения семейства S, серий NX, NF/A и MPD, выпущенные в 2013–2014 годах.

Компания Mitsubishi Electric имеет долю в акционерном капитале компании Powerex Inc. (США), также выпускающей силовые полупроводниковые приборы, разработанные MELCO, под одноклассовыми наименованиями. Рассмотрим особенности некоторых модулей IGBT Mitsubishi Electric (Powerex).

Модуль CM600DY-24S – полумост из двух CSTBT IGBT и двух антипараллельных диодов в стандартных изолированных корпусах, используемых в модулях полумостов Mitsubishi Electric (Powerex) различных серий. На рисунке 6 показан внешний вид модулей CM600DY-24A фирмы Powerex (пятое поколение, серия A); габариты корпусов 110 × 80 × 29 мм. Модули предназначены для приводов двигателей переменного тока, систем управления движением и сервосистем, мощных источников питания и других силовых приложений. Основные парамет-

ры приборов (исключая приведённые в таблице):

- максимальная температура кристаллов при кратковременных перегрузках – 175°C;
 - напряжение насыщения $V_{ce}(sat)$ – не более 2,25 В, типовые значения – 1,85 В (при $T_j = 25^\circ\text{C}$), 2,05 В (при $T_j = 125^\circ\text{C}$), 2,1 В (при $T_j = 150^\circ\text{C}$);
 - входная/выходная ёмкости – не более 60/12 нФ; заряд затвора – 1400 нК ($V_{ce} = 600\text{ В}, I_c = 600\text{ А}, V_{ge} = 15\text{ В}$), сопротивление затвора – 3,3 Ом;
 - время нарастания/спада импульсов – не более 200/300 нс; время восстановления обратного сопротивления диодов t_{rr} – не более 300 нс;
 - энергия включения/выключения на импульс – 66/80 мДж ($I_c = 600\text{ А}, V_{ce} = 600\text{ В}, V_{ge} = \pm 15\text{ В}, R_g = 0$, индуктивная нагрузка);
 - тепловое сопротивление – не более 37 К/кВт (переход IGBT/корпус), 60 К/кВт (переход диода/корпус), 18 К/кВт (корпус/теплоотвод с пастой);
 - резьба силовых выводов – M6.
- Модуль CM150RXL-34SA – трёхфазный инвертор с антипараллельными диодами, плюс тормозной прерыватель со встроенным терморезистором. Внешний вид прибора показан на рисунке 7, габариты корпуса – 121 × 121 × 17 мм, резьба силовых выводов – M5. Основное назначение модулей – приводы трёхфазных двигателей переменного тока с регулировкой скорости вращения. Параметры прибора, отличающиеся от параметров рассмотренного выше модуля:
- напряжение насыщения $V_{ce}(sat)$ – не более 2,5 В;

- входная/выходная ёмкости – не более 40/3,3 нФ, заряд затвора – 820 нК ($V_{cc} = 600 \text{ В}, I_c = 150 \text{ А}, V_{ge} = 15 \text{ В}$);
- время нарастания/спада импульсов – не более 100/600 нс;
- энергия включения/выключения на импульс – 26/46 мДж ($V_{cc} = 1000 \text{ В}, I_c = 150 \text{ А}, V_{ge} = \pm 15 \text{ В}$);
- тепловое сопротивление – не более 0,1 К/Вт (переход IGBT/корпус), 0,16 К/Вт (переход диода/корпус).

Модули серии NX поколения 6.1 (окончания наименований S1, см. таблицу) были представлены в конце 2013 года и включены в каталог компании 2014 года. Модули этой версии выполнены в корпусах, показанных на рисунке 8 а–в и имеющих габариты 152 × 62 × 17 мм, 122 × 62 × 17 мм и 137 × 77 × 17 мм, соответственно. Новые приборы позволяют существенно упростить разработку силовых инверторов средней мощности для промышленных приложений. Модули характеризуются низким профилем корпусов, одними из лучших в классе температурными параметрами за счёт применения керамических подложек на основе нитрида алюминия (AlN) и очень малыми потерями. Это позволяет создавать экономичные, эффективные и надёжные силовые преобразователи для систем управления двигателями, ветро- и солнечных генераторов

электроэнергии (PV Inverters), источников бесперебойного питания, импульсных источников питания и медицинского оборудования.

Модуль CM100RX-24S1 – трёхфазный инвертор, плюс прерыватель со встроенным терморезистором. Структура и назначение выводов прибора показаны на рисунке 9. Основные параметры модуля (исключая приведённые в таблице):

- напряжение насыщения – не более 2,25 В при температуре кристаллов T_j до 175°C;
- входная/выходная ёмкости IGBT инверторов – не более 10/2 нФ, заряд затвора – 210 нК;
- время нарастания/спада импульсов – не более 200/300 нс;
- энергия включения/выключения на импульс – 5,9/9,7 мДж ($V_{cc} = 600 \text{ В}, I_c = 100 \text{ А}, V_{ge} = 15 \text{ В}, T_j = 150^\circ\text{C}, R_g = 6,2 \text{ Ом}$, индуктивная нагрузка);
- тепловое сопротивление – не более 0,24 К/Вт (переход IGBT/корпус).

В 2009 году компания начала разработку и производство новых силовых модулей IGBT большой мощности серии new-MPD (Mega Power Dual), рассчитанных на ток/напряжение до 2500 А/1200 В и 1800 А/1700 В. Использование таких модулей позволяет отказаться от параллельного включения и, тем самым, упростить конструкцию

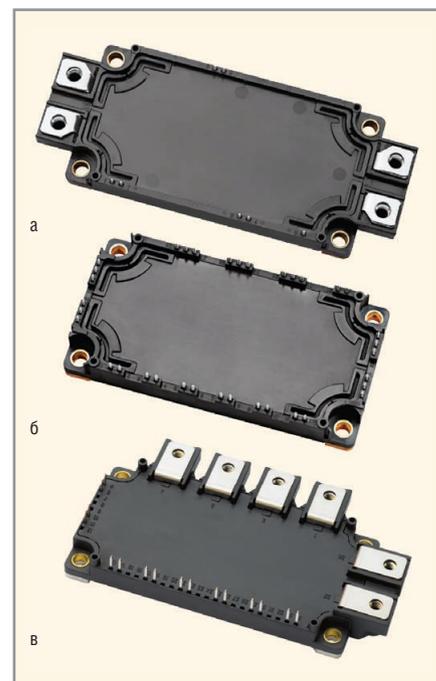


Рис. 8. Модули серии NX

преобразователей, снизив общую стоимость оборудования. В разработанных модулях New-MPD применяются IGBT шестого поколения, выполненные по технологии CSTBT, а также новые антипараллельные диоды с низкими потерями. Новые модули обеспечили общее снижение потерь примерно на 25% по сравнению с модулями MPD предыдущего пятого поколения при одинаково-

Классификационные параметры модулей IGBT категории New

Тип прибора	Конфигурация	V_{ces} (В)	I_c (А)	Напряжение изоляции (В)	P_c (Вт)	V_{ce} (sat) (В)	V_{ce} (В)	Серия	Поколение	Корпус
CM100RX-24S1	R	1200	100	4000	625	1,7	2,6	NX	6.1	рис. 8в
CM100TX-24S1	T									рис. 8б
CM150DX-34SA	D	1700	150		1500	1,9	4		6	
CM150RX-24S1	R				935	1,7	2,6		6.1	рис. 8в
CM150RXL-34SA	R	1700			1500	1,9	4		6	
CM150TX-24S1	T	1200			935	1,7	2,6		6.1	рис. 8б
CM200DX-34SA	D	1700	200		2000	1,9	4		6	
CM200RXL-24S	R				1500	1,7	1,7			
CM225DX-24S1	D	1200	225		1250	1,8	2,65		6.1	рис. 8а
CM2500DY-24S			2500		11535	2,15	2,15		MPD	6
CM300DX-24S1			300	1850	1,7	2,5	6.1	рис. 8а		
CM300DX-34SA	C1	1700	300	2500	3000	1,9	4	NX	6	
CM400C1Y-24S									NF/A	
CM450DX-24S1	D	1200	450	4000	2775	1,5	2,5	6.1	рис. 8а	
CM450DXL-34SA					4410	1,9	4	6		
CM450DY-24S					2500	1,7	1,7	NF/A		
CM600DX-24S1	D	1200	600	4000	3330	1,85	2,7	6.1	рис. 8а	
CM600DXL-34SA					5760	1,9	4	NX		
CM600DY-24S					1200	2500	1,7	1,7	NF/A	6
CM75MXA-34SA	M	1700	75	4000	830	1,9	4	NX	6	
CM75RX-34SA	R									

Конфигурации приборов: D, C1 – два IGBT с антипараллельными диодами; T – шесть IGBT с антипараллельными диодами; R – шесть IGBT с диодами, плюс прерыватель; M – шесть IGBT с диодами, плюс прерыватель, плюс 3-фазный диодный выпрямитель.

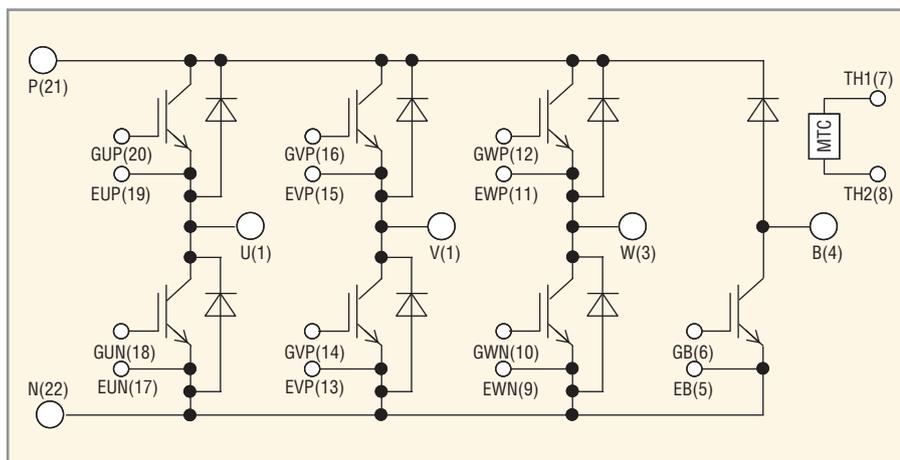


Рис. 9. Структура модуля SM100RX-24S1

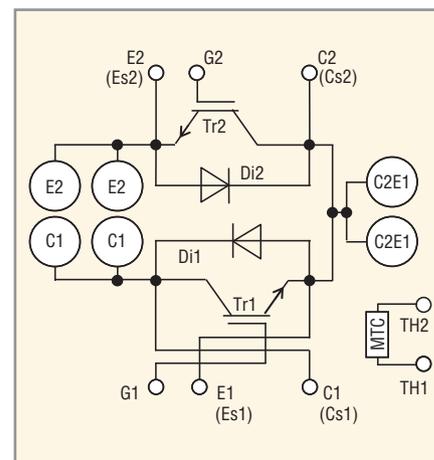


Рис. 10. Структура модулей New-MPD

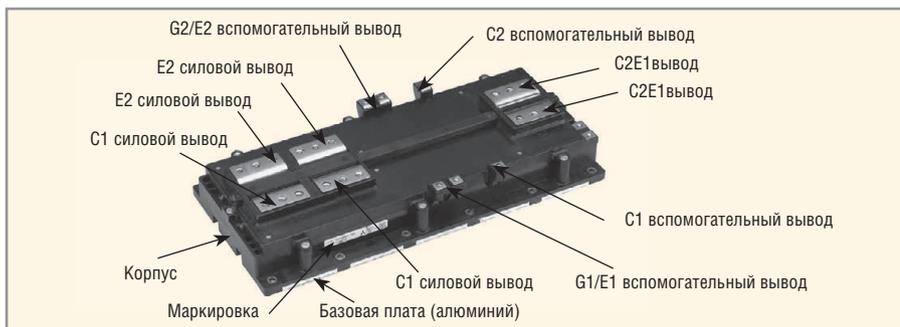


Рис. 11. Модули New-MPD

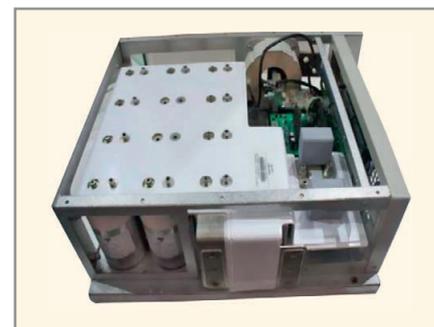


Рис. 12. Блок MPDStack



Рис. 13. Драйвер на модуле New-MPD

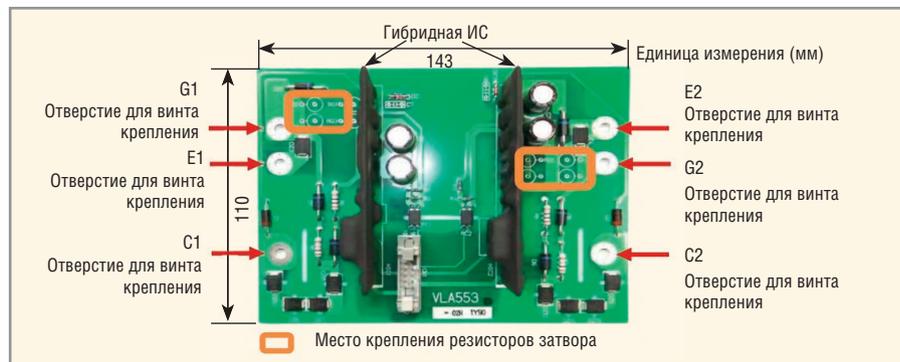


Рис. 14. Драйвер VLA553

вых значения dv/dt . При этом максимальная температура кристаллов повышена до 175°C.

С целью увеличения количества термоциклов и уменьшения теплового сопротивления для модулей была разработана новая базовая пластина из алюминия, в которой исключены паяные соединения – вместо них применена технология прямой сварки. Основание новых приборов разделено на секции, что улучшило тепловой контакт с радиатором.

Индуктивность внутренних соединений в новых модулях удалось уменьшить до 5 нГн за счёт усовершенствованной четырёхуровневой структуры шины. Силовые шины постоянного и переменного тока разнесены на поверхности корпуса на достаточное

расстояние, что упрощает проектирование шины постоянного тока. Управляющие выводы расположены на центральной части корпуса, это позволяет устанавливать платы драйверов непосредственно на модуль.

Модули SM2500DY-24S и SM1800DY-34S – полумосты на основе CSTBT IGBT серии S (тип New-MPD) большой мощности, включённые в каталог компании 2014 года. Структура модулей показана на рисунке 10, внешний вид приборов – на рисунке 11. Целевой областью применения модулей SM1800DY-34S являются системы ветроэнергетики, SM2500DY-24S – солнечной энергетики.

Для облегчения проектирования возобновляемых источников электроэнергии компания MELCO разработа-

ла силовой блок MPDStack™ на основе модулей New-MPD с паспортной мощностью 1 МВт, предназначенных для преобразователей энергии турбин ветровых электростанций. В состав блока входят полумосты SM1800DY-34S с водяной системой охлаждения, полипропиленовые конденсаторы, подавитель помех, драйвер и датчики схем защиты. Внешний вид блока MPDStack™ показан на рисунке 12.

Для модулей New-MPD компания Isahaya Electronics Corporation (IDC, Япония) разработала драйверы затворов VLA553-01R (для SM2500DY-24S) и VLA553-02R (для SM1800DY-34S). Драйверы выполнены на печатных платах с размерами 143 × 110 мм, рассчитанных на установку поверх модулей (см. рис. 13). Внешний вид драйве-

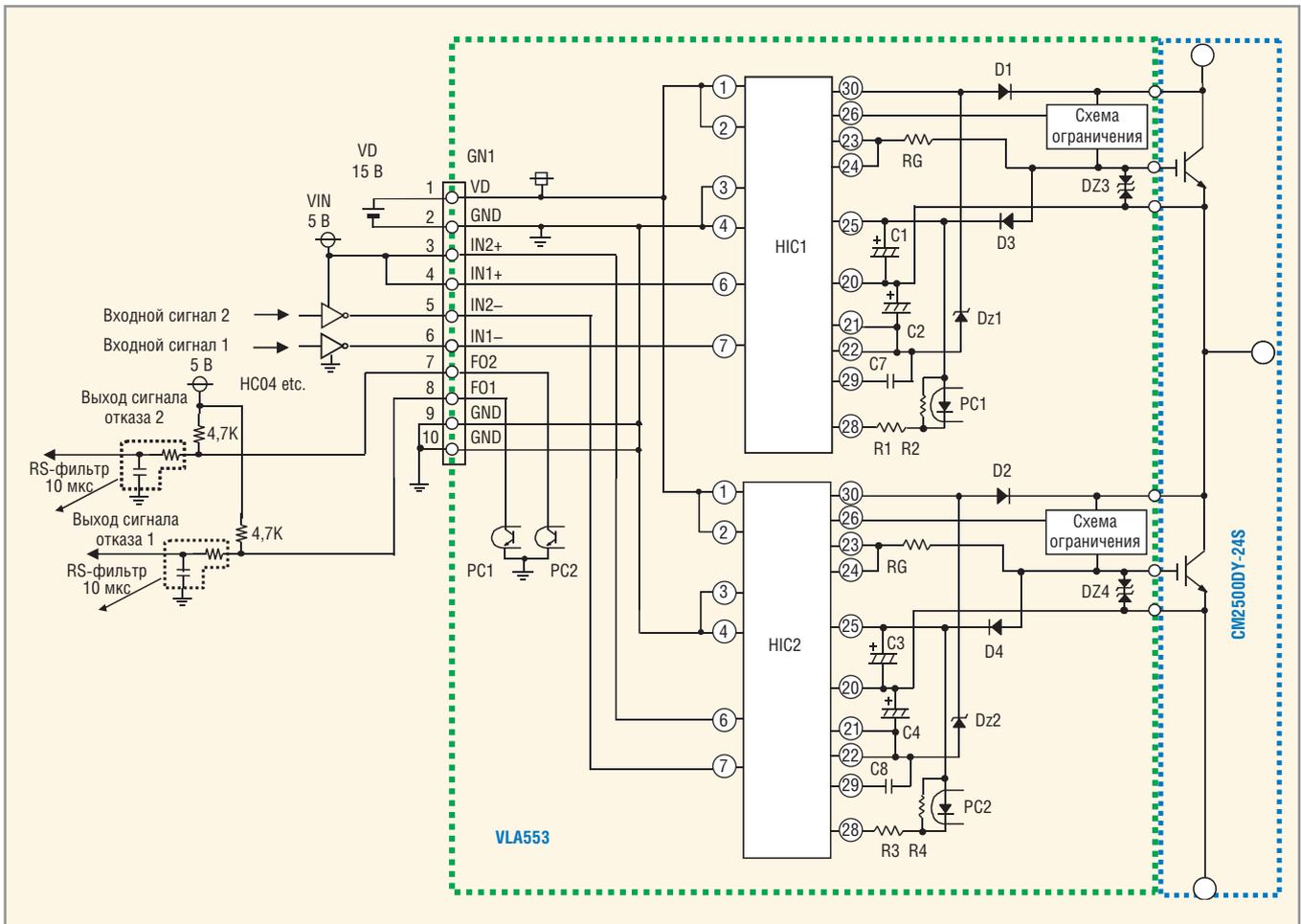


Рис. 15. Типовое включение драйвера VLA553

ров показан на рисунке 14, структурная схема и типовое включение – на рисунке 15. Основу приборов составляют гибридные микросхемы HIC1, HIC2 типа VLA552 (разработка IDC), предназначенные для использования в качестве драйверов затворов n-канальных IGBT с напряжением U_{ces} до 1700 В и током коллектора до 3600 А. Драйверы VLA553 также обеспечивают защиту от коротких замыканий, мягкое выключение при коротких

замыканиях (Soft Shut-Down) и функцию активного ограничения (Active Clamping Function) [6].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полупроводниковая продукция компании Mitsubishi Electric имеет немало полезных особенностей, позволяющих приборам работать в специфических условиях не только средней полосы России, но и в её северных районах, а также на юге страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.mitsubishielectric.ru/about.
2. www.mitsubishielectric.ru/press/release/detail/35.
3. www.mitsubishielectric.ru/production/detail/2.
4. www.pwr.com/pwr/app/Char-Modeling%20of%20LPT%20CSTBT%20IGBT.pdf.
5. www.mitsubishielectric.com/semi-conductors/files/manuals/igbt_nx_note_e.pdf.
6. www.mitsubishielectric-mesh.com/download/document/20130712Zldmc.pdf.



КОМПАС ЭЛЕКТРО

научно-производственная компания

ООО «Компас Электро» - ваш надежный партнер в сфере разработки и производства изделий



Услуги

- Профессиональное изготовление нестандартных и специализированных жгутов проводов, в том числе с применением технологии автоматического оплетения медными и полиэфирными нитями
- Серийная поставка высококачественных жгутов типа usb, ethernet, hdmi и прочих
- Сборка электронных узлов и блоков

+7 (495) 240-89-75

125565, Москва, Ленинградское шоссе 92а

www.kompasel.ru

info@kompasel.ru

Реклама

Новые быстродействующие твердотельные коммутаторы

Сергей Поплавный (г. Орёл)

Твердотельные реле обеспечивают электрическую изоляцию между цепями контроля и силовыми цепями. Автор представляет класс твердотельных реле, предназначенных для управления системами питания.

До недавнего времени задача управления системами питания решалась при помощи электромагнитных механических реле. Известные недостатки электромагнитных реле, такие как невысокая скорость работы, ограниченность электрического и механического ресурса, радиопомехи во время замыкания и размыкания контактов, возникновение проблем во время коммутации высоковольтных и индуктивных нагрузок на постоянном токе, привели к созданию функционально эквивалентных электронных приборов – твердотельных реле (ТТР) с гальванической развязкой.

Применение в конструкции ТТР современных решений в области микроэлектроники позволило осуществить переход к силовым коммутаторам в интегральном исполнении, использование которых в рамках гибридной технологии позволило

придать им дополнительные функциональные возможности и сервисные функции. Современные ТТР уже по всем параметрам превосходят электромагнитные механические реле. Их отличают следующие свойства:

- высокое быстродействие;
- низкое электропотребление (на 95% меньше, чем у обычных реле);
- большая надёжность и долговечность (свыше миллиарда срабатываний);
- отсутствие механических деталей, подверженных износу;
- большой температурный диапазон эксплуатации;
- неизменное контактное сопротивление в течение всего срока службы;
- отсутствие шума, дребезга и «пригорания» контактов при коммутации;
- совместимость по входу с логическими микросхемами стандартных серий;
- большая виброустойчивость и ударопрочность;

- высокое сопротивление изоляции корпуса;
- высокий уровень изоляции между входными и коммутируемыми цепями;
- возможность работы во взрывоопасной среде (отсутствие дугового разряда).

Твердотельное реле наряду с основной функцией по применению в аппаратуре – коммутация или гальваническая развязка – позволяет диагностировать состояние коммутируемой нагрузки, информировать о её статусе и предотвращать перегрузку в коммутируемой цепи.

Одним из предприятий, выпускающим полупроводниковые приборы силовой электроники модульного типа с выходными каскадами на тиристорах и IGBT-транзисторах (биполярный транзистор с изолированным затвором), является ЗАО «Протон-Импульс» (г. Орёл). В настоящее время предприятие завершает разработку четырёх новых базовых исполнений ТТР с различными величинами коммутируемого тока и напряжения (см. таблицу 1). Электрические, механические и надёжностные характеристики этих приборов позволя-

Таблица 1. Базовые исполнения ТТР

Исполнения ТТР	Коммутируемое напряжение, В	Коммутируемый ток, А	Напряжение изоляции, В	Напряжение управления и питания, В
ТТР 1	100	100	3000	27
ТТР 2	200	60		
ТТР 3	400	20		
ТТР 4	600	10		

Таблица 2. Основные параметры ТТР

Наименование параметра и единица измерения	Обозначение параметра	Норма		Режим измерения
		не менее	не более	
Напряжение изоляции, В	$U_{из}$	3000	–	$I_{ут} \leq 10 \text{ мкА}$, $t = 5 \text{ с}$
Сопротивление изоляции, Ом	$R_{из}$	5×10^{10}	–	$U_{из} = 500 \text{ В}$
Напряжение питания, В	$U_{пит}$	18	36	$U_{пит} = 27 \text{ В}$
Ток потребления в выключенном состоянии, мА	$I_{пот}$	–	1	
Динамический ток потребления во включённом состоянии, мА	$I_{пот}$	–	50	$U_{пит} = 27 \text{ В}$, $U_{вх} = 0 \text{ В}$
Входной ток низкого уровня, мкА	$I_{вх0}$	–	1	
Входной ток высокого уровня, мА	$I_{вх1}$	–	5	$U_{пит} = 27 \text{ В}$, $U_{вх} = 27 \text{ В}$
Время включ./выключ., мкс	$t_{вкл}^*$, $t_{выкл}$	–	30	$U_{пит} = 27 \text{ В}$, $U_{ком} = 10 \text{ В}$, $R_H = 51 \text{ Ом}$
Время нарастания/спада, мкс	$t_{нар}^*$, $t_{сп}$	–	1,5	
Время задержки защитного отключения, мкс	$t_{зз}$	–	6	
Ток утечки на выходе, мкА	$I_{ут.вых}$	–	20	$U_{пит} = 27 \text{ В}$

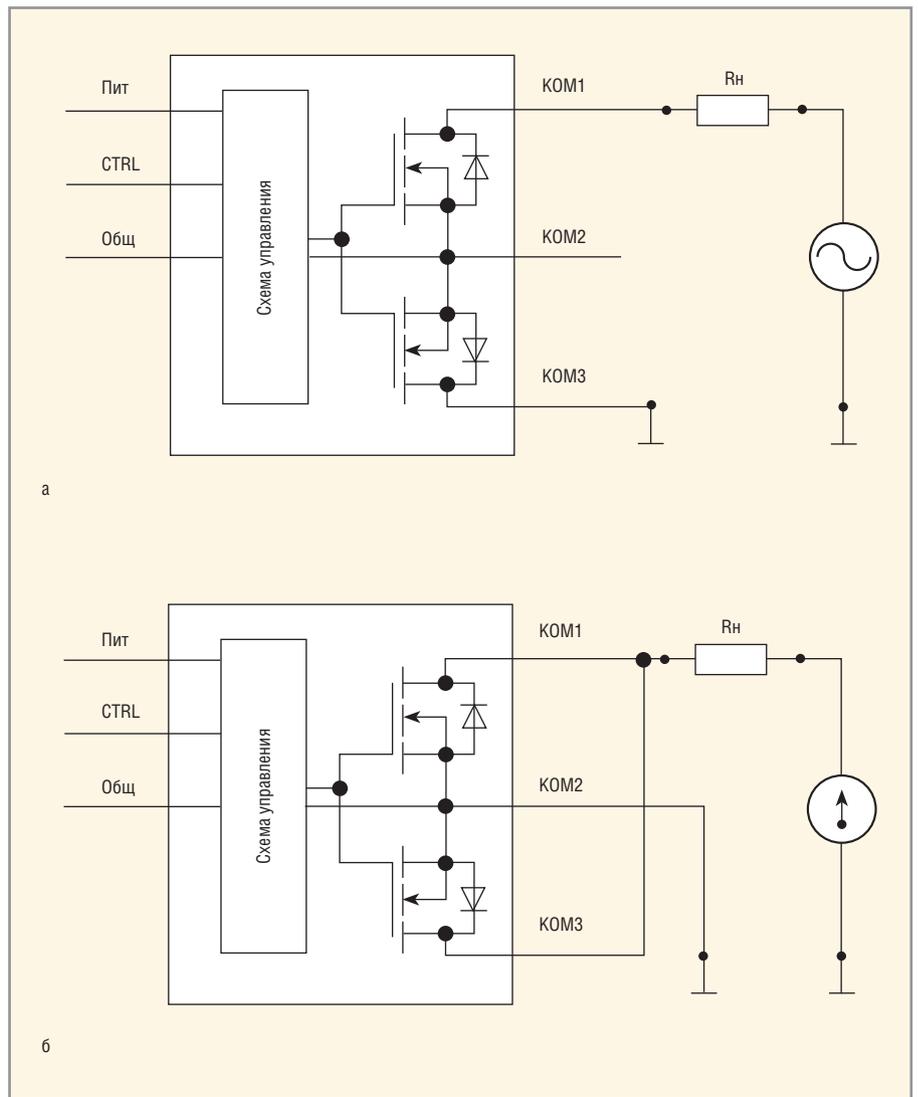
ют использовать их в изделиях специального назначения. Кроме того, в этих приборах возможно добавление функций контроля статуса выхода и защиты от перегрузки в коммутируемой цепи.

Применяемая в ТТР базовая схема силового транзисторного ключа является универсальной. Она позволяет применять эти приборы для коммутации как переменного, так и постоянного тока в двухполярном и однополярном включениях (см. рисунок). Соответственно, последовательное подключение двух ТТР при подаче противофазных сигналов управления позволяет производить переключающую коммутацию в одной цепи. Аналогично решается задача для трёх и более цепей включения либо переключения.

В ходе работы над новыми ТТР предусмотрены следующие конфигурации узлов:

- DC/DC-преобразователь, управляемый ШИМ-контроллером, включающий трансформатор на ш-образном сердечнике с зазором, обеспечивающий повышенную стойкость к воздействию электромагнитных помех, и выпрямитель на диодах Шоттки;
- схемы разряда, обеспечивающие требуемые времена фронтов, задержек включения и выключения каналов ТТР;
- схемы контроля и формирования сигнала о статусе коммутируемой нагрузки, контроля и защиты при коротком замыкании в нагрузке и срабатывания защиты, управляемой аналоговыми компараторами.

Новые ТТР изготовлены на базе кристаллов n-канальных силовых транзисторов, выполненных по технологии n-MOP с вертикальным каналом, с технологическими нормами не более



Двуполярное (а) и однополярное (б) включение ТТР

1,0 мкм, ультранизким сопротивлением канала и высокой стойкостью к воздействию специальных факторов – ЗУС, 1К. Основные параметры разрабатываемого ряда ТТР приведены в таблице 2.

В заключение следует особо отметить, что данные ТТР охватывают боль-

шой диапазон коммутируемых токов и напряжений с необходимым уровнем защиты, что позволяет использовать их в различных изделиях специального назначения. Сейчас, когда объявлено о необходимости импортозамещения электронных приборов, это особенно важно.



ПРОТОН-ИМПУЛЬС

**19 - летний опыт
производства и разработки**

**302040, Россия, Орёл,
ул. Лескова, 19
Факс/тел.: +7(4862) 41-01-90,
49-87-10
www.proton-impuls.ru**

**Твердотельные реле
Силовые модули
Светодиодное освещение:**
лифтовое, уличное, для помещений и транспорта

Разработка и производство электротехнических изделий по проектам потребителей

Приёмка "5"
микросборки
излучатели полупроводниковые
лампы полупроводниковые

Реклама

Импортозамещающие изделия производства ОАО «Воронежский завод полупроводниковых приборов – сборка»

Аналог	Тип
10BF40	2Д675А94
10BQ015	2ДШ2123В94
10BQ040	2ДШ2123Г94
10BQ040	2ДШ2123Г95
10BQ100	2ДШ2123Д94
10BQ100	2ДШ2123Д95
10СТQ150	КД269Д
10СТQ150	КД269ДС
10СТQ150	КД269Д91
123NQ100	МПД1-120-1
129NQ150	МПД1-120-1,5
183NQ100	МПД1-180-1
189NQ150	МПД1-150-1,5
1N5817	2ДШ2123А95
203СМQ100	МД4-200-1
203СNQ100	МПД4-240-1
209СМQ150	МД4-200-1,5
209СNQ150	МПД4-240-1,5
20СТQ150	КД271Д
20СТQ150	КД271ДС
2N1390	2Т301Д
2N2947	2Т903Б
2N3733	КТ907А
2N3733	2Т907А
2N3799	2Т689АС
2N3903	1НТ251
2N3905	2ТС622А
2N3905	2ТС622А1
2N4123	2Т690АС
2N5177	КТ909А
2N5177	2Т909А
2N5590	КТ920В
2N5590	КТ925В
2N5590	2Т925В
2N5635	КТ934А
2N5635	2Т934А
2N5636	КТ934Б
2N5636	2Т934Б
N5637	КТ934В
2N5637	2Т934В
2N5641	КТ922А
2N5641	2Т922А
2N5642	КТ922Б
2N5642	2Т922Б
2N5643	КТ922В
2N5643	2Т922В
2N6080	КТ920Б
2N6080	2Т920Б
2N6081	КТ920В
2N6081	2Т920В

Аналог	Тип
2N6362	КТ930А
2N6362	2Т930А
2N6364	КТ930Б
2N6364	2Т930Б
2N6369	КТ931А
2N6369	2Т931А
2SC517	2Т903А
30BF40	2Д676А94
30СPQ060	2ДШ2125ГС92
30СPQ100	2ДШ2125ДС92
30СPQ150	2ДШ2126АС92
30EPF06	2Д678БС93
30СТQ045	КД272Б
30СТQ045	КД272БС
30СТQ080	КД272В
30СТQ080	КД272ВС
30СТQ100	КД272Г
30СТQ100	КД272ГС
31DQ03	2ДШ2124А94
31DQ04	2ДШ2124Б94
31DQ06	2ДШ2124В94
31DQ10	2ДШ2124Г94
35СGQ150	«ТУЛА-ВП»
40СТQ045	КД273Б
40СТQ045	КД273БС
40СТQ045	КД273БС91
43СТQ100	КД273Г
43СТQ100	КД273ГС
43СТQ100	КД273ГС91
43СТQ150	КД273Д
43СТQ150	КД273ДС
43СТQ150	КД273ДС91
50SQ080	2ДШ2125А92
50SQ100	2ДШ2125Б92
63СPQ100	2ДШ2134АС4
80EВU02	«ТИКСИ-ВП»
8ТQ080	КД270В
8ТQ080	КД270ВС
8ТQ100	КД270Г
8ТQ100	КД270ГС
8ТQ100	2ДШ2125В92
APT15D40K	2Д677А92
APT15D60K	2Д677Б92
BLX-96	КТ983А
BM40-12	КТ958А
BM40-12	2Т958А
BU941	КТ8232А1
DB104S	2М142А
DB105S	2М143А
DM10-28	КТ962А

Аналог	Тип
DM10-28	2Т962А
DM20-28	КТ962Б
DM20-28	2Т962Б
DM40-28	КТ962В
DM40-28	2Т962В
EPF10K200S(E)	ПЛИС 5576ХС4Т
EPF10K50	ПЛИС 5576ХС1Т
EPF10K50E	ПЛИС 5576ХС6Т
HFA08TB120	КД640К
HFA08TB120	КД640КС
HFA08TB60	КД640В
HFA100MD60C	МДЧ4-100-6-А6
HFA105NH60	МПДЧ1-100-6-А6
HFA120MD40C	МДЧ4-120-4-А6
HFA140MD60C	МДЧ4-140-6-А6
HFA15TB60	КД641В
HFA160MD40C	МДЧ4-160-4-А6
HFA16ТА60С	КД640ВС
HFA16ТА60С	2Д640ВС
HFA16ТА60С	2Д640ВС91
HFA180MD60C	МДЧ4-180-6-А6
HFA200MD40C	МДЧ4-200-4-А6
HFA25TB60	КД644Е
HFA25TB60	КД644ЕС
HFA30ТА60С	КД641ВС
HFA30ТА60С	2Д641АС
HFA30ТА60С	2Д641АС91
HFA70NH60	МПДЧ1-75-6-А6
HFA90NH40	МПДЧ1-90-4-А6
HGTP14N40F3VL	КЕ705В
IDT74LVCH16244	5574АП5У
IDT74LVCH16245	5574ИН1У
IDT74LVCH16373	5574ИР1У
IDT74LVCH16374	5574ИР2У
IDT74LVCH16543	5574ИН3У
IDT74LVCH16952	5574ИН4У
IN5817	2ДШ2123А94
IN5819	2ДШ2123Б94
IR4426	«ДРАЙВЕР-1ВП»
IR4427	«ДРАЙВЕР-1ВП»
IR4428	«ДРАЙВЕР-1ВП»
IRF044	2П782Ж1
IRF1310N	2П769Е
IRF140	2П769В1
IRF150	2П790А92
IRF150	2П790А1
IRF240	2П767В1
IRF240	2П793Б1
IRF250	2П793А92
IRF250	2П793А1

Аналог	Тип
IRF350	2П794А92
IRF350	2П794А1
IRF350	2П794Б1
IRF440	2П770К92
IRF440	2П770К1
IRF440	2П795Б1
IRF450	2П795А1
IRF520	КП769А
IRF520	2П769А
IRF5210	2П7229А
IRF5210	2П7229Б
IRF530	КП769Б
IRF540	КП769В
IRF540	КП769В91
IRF540	2П769В
IRF540	2П769Д
IRF540S	2П769В91
IRF620	КП767А
IRF620	2П767А
IRF624	КП767Г
IRF630	КП767Б
IRF634	КП767Д
IRF640	КП767В
IRF640	КП767В91
IRF640	2П767Ж
IRF640	2П767В
IRF640S	2П767В91
IRF720	КП768А
IRF720	2П768А
IRF721	КП768Б
IRF722	КП768В
IRF723	КП768Г
IRF730	КП768Д
IRF731	КП768Е
IRF732	КП768Ж
IRF733	КП768И
IRF7350	2ПЕ101АС9
IRF7350	2ПЕ102АС9
IRF7350	2ПЕ103АС9
IRF740	КП768К
IRF740	КП768К91
IRF740	2П768П
IRF740	2П768К
IRF740S	2П768К91
IRF741	КП768Л
IRF742	КП768М
IRF743	КП768Н
IRF820	КП770А
IRF821	КП770Б
IRF822	КП770В
IRF823	КП770Г
IRF830	КП770Д
IRF831	КП770Е

Аналог	Тип
IRF832	КП770Ж
IRF833	КП770И
IRF9640	2П7229В2
IRF9640	2П7229В
IRF9640	2П7229В91
IRFK4H054	МТКП1-150-0,6
IRFK4H250	МТКП1-80-2
IRFK4H350	МТКП1-50-4
IRFK4H450	МТКП1-36-5
IRFM054	2П782Ж2
IRFM150	2П790А4
IRFM250	2П793А4
IRFM450	2П795А4
IRFM5210	2П7229А2
IRFM5210	2П7229Б2
IRFN140	2П769В92
IRFN240	2П767В92
IRFN450	2П795А92
IRFP150	КП790А
IRFP150	2П790А
IRFP250	КП793А
IRFP250	2П793А
IRFP350	КП794А
IRFPE30	2П707В2
IRFR120	2П769А9
IRFR220	2П767А9
IRFR320	2П768А9
IRFY140С	2П769В2
IRFY240С	2П767В2
IRFY440С	2П770К2
IRFZ20	КП782В
IRFZ24	КП782Г
IRG4PH50UD	2Е901А
IRGB14С40L	КЕ705А
IRZ30	КП782Д
IRZ34	КП782Е
IXGH16N170	2Е901Б
IXLF19N250А	2Е901В
LD1084	1335ЕР1П
LD1084V18	1335ЕН1.8П
LD1084V25	1335ЕН2.5П
LD1084V33	1335ЕН3.3П
LD1084V50	1335ЕН5П
LM317Т	КР142ЕН12А
LM317Т	КР142ЕН12Б
LM79L05	1334ЕИ5Т
LP2950	1334ЕН2.85Т
LP2950	1334ЕН3Т
LP2950	1334ЕН3.3Т
LP2950	1334ЕН5Т
MBR1515СТ	КД270Б
MBR1515СТ	КД270БС
MBR20100СТ	КД271Г

Аналог	Тип
MBR20100СТ	КД271ГС
MBR20200СТ	КД271Е
MBR20200СТ	КД271ЕС
MBR20200СТ	КД271ЕС91
MBR20200СТ	2ДШ21265С92
MBR2045СТ	КД271Б
MBR2080СТ	КД271В
MBR2080СТ	КД271ВС
MSC1075М	КТ984А
MSC1075М	2Т984А
MSC1250М	КТ984Б
MSC1250М	2Т984Б
MURG3020	2Д678АС93
PKR40F	2М144А
PKR60F	2М145А
SN54LVC125	5574ЛП8Т
SN54LVC245	5574ИИ2Т
SN54LVC374	5574ИР23Т
SN54LVC541	5574АП4Т
VC7805	КР142ЕН5А
VC7805	КР142ЕН5В
VC7806	КР142ЕН5Б
VC7806	КР142ЕН5Г
VC7809	КР142ЕН8А
VC7809	КР142ЕН8Г
VC7812	КР142ЕН8Б
VC7812	КР142ЕН8Д
VC7815	КР142ЕН8В
VC7815	КР142ЕН8Е
VC7820	КР142ЕН9А
VC7820	КР142ЕН9Г
VC7824	КР142ЕН9Б
VC7824	КР142ЕН9Д
VC7824	КР142ЕН9Е
VC7824	КР142ЕН9К
VC7827	КР142ЕН9В
VS-15СТQ040-N3	КДШ145АС
VS-15СТQ040-N3	КДШ145АС91
VS-16СТQ100G-N3	КДШ145ВС
VS-16СТQ100G-N3	КДШ145ВС91
VS-25СТQ040-N3	КДШ146АС
VS-25СТQ040-N3	КДШ146АС91
VS-30СТQ060-N3	КДШ146БС
VS-30СТQ060-N3	КДШ146БС91
VS-30СТQ100-N3	КДШ146ВС
VS-30СТQ100-N3	КДШ146ВС91
VS-60СРQ150-N3	КДШ147ГС
VS-63СРQ100-N3	КДШ147ВС
VS-6WQ04FN-M3	КДШ144АС9
VS-6WQ06FN-M3	КДШ144БС9
VS-6WQ10FN-M3	КДШ144ВС9
КР142ЕН18А	LM337Т
КР142ЕН18Б	LM337Т



ОАО «ВЗПП-С»

• г. Воронеж, Ленинский просп., 119А
• Тел./факс: +7 (473) 223-6951; +7 (473) 223-6916

• www.vzpp-s.ru
• market@vzpp-s.ru

Отладочная плата STM32F429I в качестве осциллографа

Валентин Юрзин, Сергей Недорезов (г. Апатиты, Мурманская обл.)

Статья содержит материалы, которые могут быть полезными при изучении микроконтроллеров с архитектурой ARM Cortex-M4. Приведена информация, необходимая для начала работы с отладочной платой STM32F429I-Discovery, и краткое описание работы встроенных в микроконтроллер АЦП, графического ускорителя и флэш-памяти.

Компания STMicroelectronics представила в конце 2013 года отладочную плату STM32F429 в серии Discovery [1]. Новая версия платы предоставляет больше возможностей, так как содержит цветной графический ЖК-дисплей. Для оценки производительности системы отображения и АЦП (ADC – Analog-to-Digital Converter) микроконтроллера авторами статьи было написано приложение, которое превращает отладочную плату в цифровой осциллограф.

Постановка задачи

Задача осциллографирования заключается в том, чтобы преобразовывать аналоговый сигнал на входе АЦП в цифровой код и выводить его на дисплей в реальном масштабе времени. Отображение данных на ЖК-дисплее будет формироваться условными «кадрами», примерно такими же, как в обычных мониторах с частотой развертки 50–100 Гц. Для этого создан массив, который заполняется данными из АЦП и выводится на дисплей с интервалом 10–20 мс. Рисование кадра и его стирание занимает определенное время,

поэтому требуется найти оптимальное решение для прорисовки дисплея.

Аналого-цифровой преобразователь имеет несколько режимов работы с использованием прямого доступа к памяти ПДП (DMA – Direct Memory Access), которые будут проверены на производительность. Чтобы оперативно изменять режимы работы осциллографа, используется электромеханическое устройство ввода (энкодер). Для сохранения некоторых текущих параметров управления понадобится флэш-память контроллера. Полный текст программы осциллографа приведён в дополнительных материалах к статье, доступных для скачивания на сайте журнала.

Краткое описание платы STM32F429I-Discovery

Отладочная плата STM32F429I-Discovery от компании STMicroelectronics предназначена для оценки высокопроизводительного микроконтроллера STM32F429ZIT6. Плата оснащена всем необходимым для начала разработки собственных приложений и содержит микроконтроллер STM32F429ZIT6 в корпусе LQFP-144,

2,4-дюймовый цветной графический ЖК-дисплей (240 × 320 пикселей) с сенсорной панелью, 64 Мбит внешней памяти типа SDRAM, 3-осевой гироскоп МЭМС, интерфейс USB OTG, индикаторные светодиоды, управляющие кнопки и встроенный программатор – отладчик ST-LINK/V2 с интерфейсом SWD (см. рис. 1). Большое количество демонстрационных приложений с исходными кодами доступно на интернет-странице компании-производителя [2].

Особенности микроконтроллеров STM32F429/439

Микроконтроллеры семейства STM32F4 построены на базе процессора ARM Cortex-M4, который представляет собой высокопроизводительный 32-битный RISC-процессор с поддержкой инструкций цифровой обработки сигналов (DSP) и вычислений с плавающей точкой. Для оптимизации работы с памятью микроконтроллеры семейства снабжены ускорителем (ART Accelerator). В своём классе приборы STM32F429/STM32F439 в настоящий момент обладают максимальной производительностью и широким набором периферии (см. рис. 2).

Процессор ARM Cortex-M4 работает на частоте 180 МГц, достигая производительности 210 DMIPS. Объём флэш-памяти расширен до 2 Мбайт, а ОЗУ – до 256 кбайт. Появилась новая периферия: последовательный звуковой интерфейс SAI и контроллер внешней памяти Flexible Memory Controller (FMC), поддерживающий ИС памяти типа SDRAM. Самыми важными усовершенствованиями линейки МК являются интегрированный контроллер ЖК-дисплея и графический ускоритель Chrom-ART (DMA2D) (см. рис. 3).

Контроллер дисплея LTDC обеспечивает 24-битный RGB-интерфейс и все необходимые сигналы для взаимодействия с ЖК-панелями с разрешением до 640 × 480 (480 строк по 640 пикселей). Он имеет два экранных слоя с буферами FIFO (64 × 32 бит), до восьми форматов цвета на каждый слой, включая ARGB8888, RGB888, RGB565, ARGB1555, ARGB4444, L8, AL44, AL88 и таблицу цве-

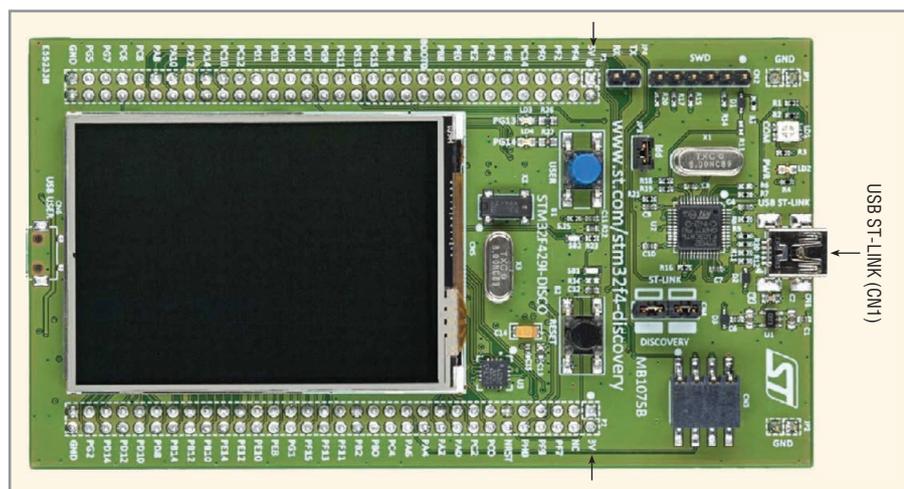


Рис. 1. Отладочная плата STM32F429I-Discovery

тов (Color Look-Up Table) с поддержкой до 256 24-битных цветов на каждый слой [4].

ПОДКЛЮЧЕНИЕ ПЛАТЫ И СОЗДАНИЕ ПРОЕКТА В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ IAR EMBEDDED WORKBENCH

Одной из причин популярности микроконтроллеров STMicroelectronics является доступность готовых программных решений и библиотек для различных сред разработки и отладки программного обеспечения (Keil uVision, IAR и др.) [2]. Перед началом работы следует установить 30-дневную версию среды разработки IAR Embedded Workbench для ARM-процессоров, которую компания IAR Systems предоставляет для свободного скачивания. Для подключения платы к ПК через отладчик ST-LINK требуется кабель USB с разъёмами USB типа A и mini-USB типа B; второй порт USB предназначен для непосредственного подключения к микроконтроллеру STM32F429ZI.

Для работы с платой необходимо установить драйверы операционной системы, а также загрузить и установить программу STM32 ST-Link Utility. Среда программирования IAR Embedded Workbench содержит функцию прошивки микроконтроллеров. Существуют и отдельные программы, которые предназначены для работы с памятью микроконтроллеров, например, ST Visual Programmer [3].

Создание нового проекта проще всего начать с готового примера [2]. Скопируем пример Touch_Panel в новый каталог и откроем его для работы. Сенсорную панель использовать не будем, поэтому удалим код инициализации и функцию вызова TP_Config(void). В данном примере уже подключены все необходимые библиотеки для работы с ЖК-дисплеем:

```
#include "stm32f4xx.h" #include <stdio.h> #include "stm32f429i_discovery.h"; #include "stm32f429i_discovery_lcd.h" #include "stm32f429i_discovery_ioe.h".
```

Дополним код счётчиком миллисекунд. Для этого в файле main.h объявим экспорт функции void TimingDelay_Decrement(void); в файле main.c создадим функцию void TimingDelay_Decrement(void) и объявим перемен-

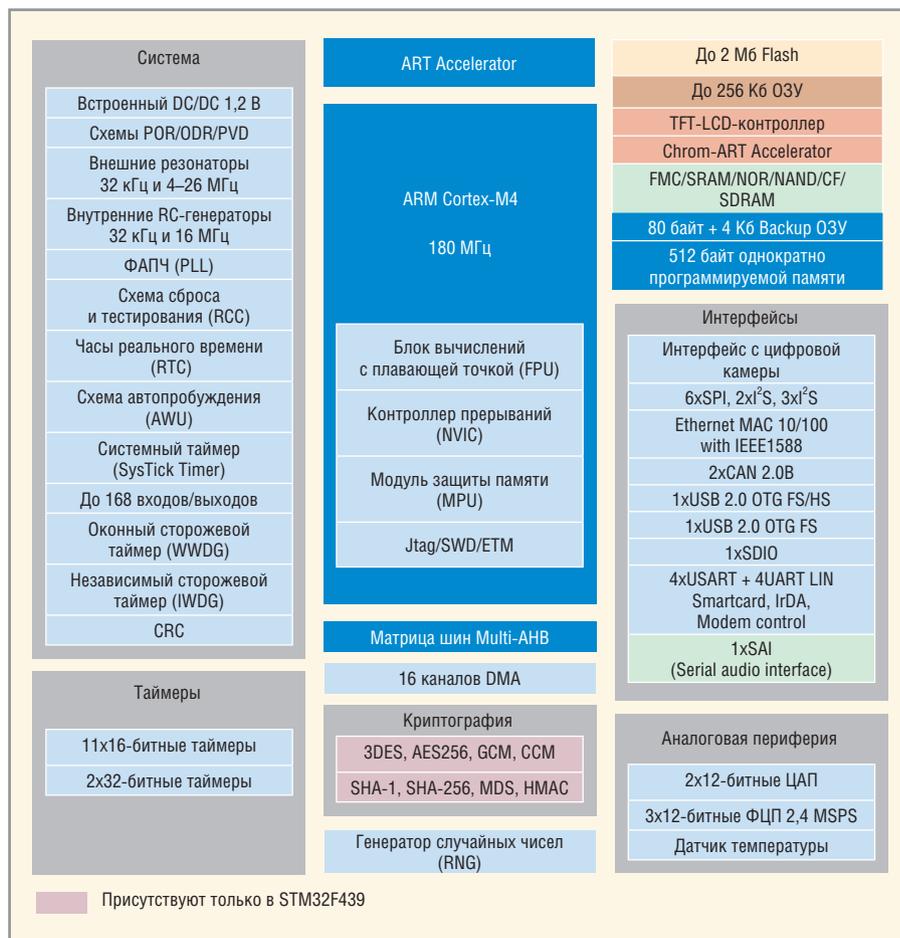


Рис. 2. Структурная схема микроконтроллера STM32F429

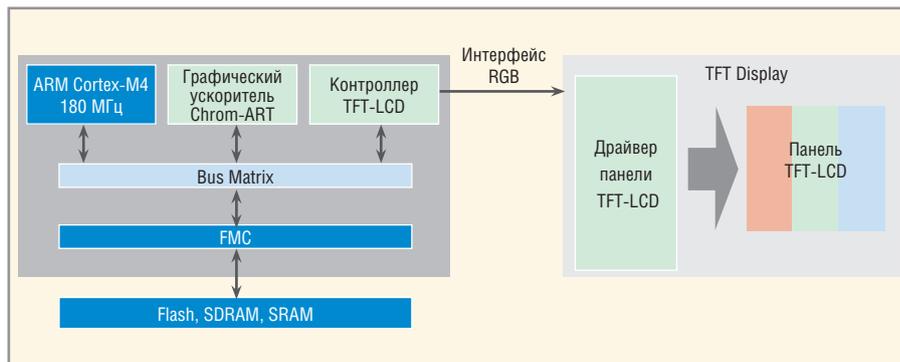


Рис. 3. Функциональная схема контроллера графического ЖК-дисплея

ную uint16_t TimingDelay = 2000. В файле stm32f4xx_it.c заполним пустую функцию void SysTick_Handler(void) {TimingDelay_Decrement();}.

Теперь приложение будет генерировать прерывания каждые 5 мкс, а переменной TimingDelay присвоено значение, которое будет определять время обновления ЖК-дисплея.

РАБОТА С ЖК-ДИСПЛЕЕМ

На плате установлен графический ЖК-дисплей (типа TFT) с разрешением 240 × 320 пикселей. При выполнении какой-либо графической функции активизируется модуль прямого доступа к памяти DMA2D, который и является

графическим ускорителем Chrom-ART. Он представляет собой специализированный контроллер ПДП, созданный для работы с графикой дисплея, и выполняет операции заливки изображения заданным цветом, копирование исходного изображения в заданную область памяти с дополнительным преобразованием формата цвета пикселей, смешивание изображений с дополнительным преобразованием формата цвета пикселей. Контроллер внешней памяти SDRAM повышает производительность при построении графических изображений.

Нарисуем осциллограмму из 285 пикселей по оси X вдоль длинной части

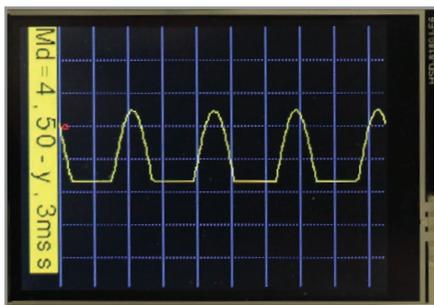


Рис. 4. Время прорисовки экрана дисплея составляет 3 мс

дисплея. В оставшуюся часть дисплея выведем текстовую строку по оси Y, где будут отображаться параметры развёртки, значение уровня захвата сигнала (красный кружок в левой части экрана) и режим отображения (Md = 1, 2, 3, 4). Установку цвета фона и текста производят функции:

```
LCD_SetBackColor(LCD_COLOR_YELLOW);
LCD_SetTextColor(LCD_COLOR_BLACK);
```

За вывод служебной строки с данными в нужную позицию отвечает функция:

```
LCD_DisplayStringLine(LCD_LINE_12, (uint8_t*)aTextBuffer);
```

В графической библиотеке приведено несколько способов вывода точки на дисплей: в виде пикселя со значением закрашенного единичного радиуса, в виде одной линии и в виде линии по указанным точкам. Самым быстрым методом рисования линий оказалась функция отображения точками. Но она не подходит в данном примере, так как при больших изменениях значения по оси Y не прорисовывается линия связи. Поэтому используем функцию в виде линии по указанным точкам:

```
LCD_DrawUniLine(uint16_t x1,
uint16_t y1, uint16_t x2,
uint16_t y2);
```

Для отображения новой линии на дисплее предыдущая информация должна стираться, то есть требуется найти самый быстрый способ обновления дисплея. Для исключения мерцания при обновлении дисплея на обычном ПК изображение сначала формируется вне экранной области памяти, а затем готовый кадр копируется в область памяти дисплея. Такой способ обнов-

ления изображений в данной плате не тестировался из-за большого объема передаваемых данных (копируются пиксели всего дисплея), что приводит к значительной задержке. Прорисовка одного кадра на дисплее с последующим стиранием также не дали положительный результат, так как функция стирания LCD_Clear(uint16_t Color) оказалась затратной по времени.

Оптимальным способом рисования линий с обновлением дисплея без мерцаний оказался метод, при котором перед прорисовкой новой линии с минимальным приращением в два пикселя по оси X необходимо стирать предыдущую информацию на дисплее рисованием цветом фона трёх линий толщиной в один пиксель по оси Y:

```
LCD_SetTextColor(LCD_COLOR_BLACK);
LCD_DrawLine(0, X, 237, LCD_DIR_HORIZONTAL);
LCD_DrawLine(0, X-1, 237, LCD_DIR_HORIZONTAL);
LCD_DrawLine(0, X-2, 237, LCD_DIR_HORIZONTAL);
```

Вслед за формированием изображения сигнала, в этой же области дисплея рисуется масштабная сетка с клетками 30 × 30 пикселей с помощью выбранных методов:

```
// Сетка линии по горизонтали
LCD_SetTextColor(LCD_COLOR_BLUE);
LCD_DrawCircle(30, X, 0);
// Сетка линии по вертикали
LCD_SetTextColor(LCD_COLOR_BLUE);
LCD_DrawLine(0, X, 237, LCD_DIR_HORIZONTAL);
```

Стирание и прорисовка изображений на дисплее данными из АЦП происходит в цикле. Затем выводятся значения некоторых параметров для четырёх режимов работы:

```
/* Установки дисплея, цвет фона и цвет текста */
LCD_SetBackColor(LCD_COLOR_YELLOW);
LCD_SetTextColor(LCD_COLOR_BLACK);
sprintf((char*)aTextBuffer, MESSAGE6, Mode, delay_zad/16, Vmax/50, (Vmax%50)/5);
sprintf((char*)aTextBuffer, MESSAGE5, Mode, delay_zad/3,
```

```
Vmax/50, (Vmax%50)/5);
sprintf((char*)aTextBuffer, MESSAGE3, Mode, DelU, TimTemp);
sprintf((char*)aTextBuffer, MESSAGE4, Mode, SensU, TimTemp);
```

Время обновления изображения на дисплее (вместе с вычислениями) составило от 12 до 15 мс в зависимости от плотности прорисовки. Время прорисовки экрана дисплея составило 2–3 мс в режиме отображения Md = 4 (см. дополнительные материалы к статье на сайте и рис. 4).

Настройка энкодера

Для переключения значений задержки, установки времени развёртки и изменения коэффициента деления используется энкодер PEC12-4. В основном цикле программы опрашивается кнопка, а в прерывании по таймеру (примерно 1 мс) определяется направление вращения энкодера. Далее в основном цикле программы считывается это направление, увеличиваются или уменьшаются значения и снова разрешается определение направления вращения. Для инициализации энкодера потребуется 5 свободных выводов контроллера (см. дополнительные материалы к статье на сайте).

Модуль флэш-памяти

Чтобы при отключении питания некоторые последние значения переменных сохранялись, записываем их во флэш-память микроконтроллера STM32F4xx. При этом необходимо помнить, что в ней хранится программа микроконтроллера. Поэтому область для записи данных необходимо выбрать в свободном от кода программы пространстве памяти, например, на последней странице:

```
/* Базовый адрес флэш-памяти и его сектор */
#define DEVICE_ADDRESS
0x080E0000 // нач. адрес
#define DEVICE_SECTOR FLASH_Sector_11 // сектор
```

Флэш-память МК делится на сектора. В контроллере находится 12 секторов, и каждый сектор отвечает за заданную область памяти. Стирать память можно только по секторам. Если необходимо сохранить какие-то данные в сектор памяти, но в нём уже хранится нужная информация, необходимо скопировать

её во временные переменные, а затем сохранить новые и старые данные. Для чтения из флэш-памяти достаточно указать необходимый адрес. Полный код работы с флэш-памятью приведён в дополнительных материалах к статье на сайте.

Использование АЦП и ПДП

Микроконтроллер STM32F429ZIT6 содержит три 12-разрядных АЦП поразрядного уравнивания. Их мультиплексированные входные каналы позволяют измерять сигналы от 16 внешних источников, двух внутренних источников и канала Vbat. Преобразование может осуществляться в режиме непрерывного сканирования или в прерывистом режиме. Результат преобразования сохраняется и выравнивается по левому или правому краю в 16-разрядном регистре данных.

Основными функциями АЦП являются 12-, 10-, 8- или 6-разрядное преобразование, генерация прерывания в конце преобразования, выравнивание данных со встроенной последовательностью данных, внешний запуск, режимы с двойным и тройным чередовани-

ем (на устройствах с двумя или тремя АЦП), конфигурируемое хранение данных ПДП в указанных режимах.

Рассмотрим режимы преобразования АЦП. Режим одиночного преобразования использует ПДП для непрерывной передачи данных в память в циклическом режиме. Если при конфигурации АЦП установить время выборки 3 цикла и разрядность преобразования 12 бит, полное время преобразования составит 0,41 мкс (скорость 2,4 Мвыб/с). В двойном режиме происходит чередование записи данных двух АЦП в память с помощью контроллера ПДП. При конфигурировании задержки АЦП в 6 циклов и тактовой частоте АЦП 36 МГц, скорость преобразования в этом режиме составит 6 Мвыб/с. В режиме тройного чередования каналов АЦП последовательно генерируются три запроса ПДП, а скорость преобразования достигает 7,2 Мвыб/с.

Для осциллографирования мы будем использовать АЦП в режиме двойного чередования с задержкой в 5 циклов, тогда скорость преобразования при тактовой частоте 36 МГц должна составить $36/5 = 7,2$ Мвыб/с. Если точности

АЦП не хватает, задержку можно увеличить до 6 циклов.

Настройка АЦП производится следующим образом: включение тактирования порта, настройка выводов, включение тактирования АЦП, настройка АЦП, включение прерывания, включение АЦП. В качестве входа преобразователя ADC1 используется вывод PC.03 на внешнем разъёме. Входной сигнал может находиться в диапазоне 0...3 В.

```
/* Конфигурация АЦП: двойное чередование с задержкой 5 циклов */
ADC_CommonInitStructure.ADC_Mode = ADC_DualMode_Interl;
ADC_CommonInitStructure.ADC_TwoSamplingDelay = ADC_TwoSamplingDelay_5Cycles;
ADC_CommonInitStructure.ADC_ПДП AccessMode = ADC_DMAAccessMode_2;
ADC_CommonInitStructure.ADC_Prescaler = ADC_Prescaler_Div2;
ADC_CommonInit(&ADC_CommonInitStructure);
/* 12-разрядное преобразование*/
ADC_InitStructure.ADC_Resolution = ADC_Resolution_12b;
```

PROCHIP

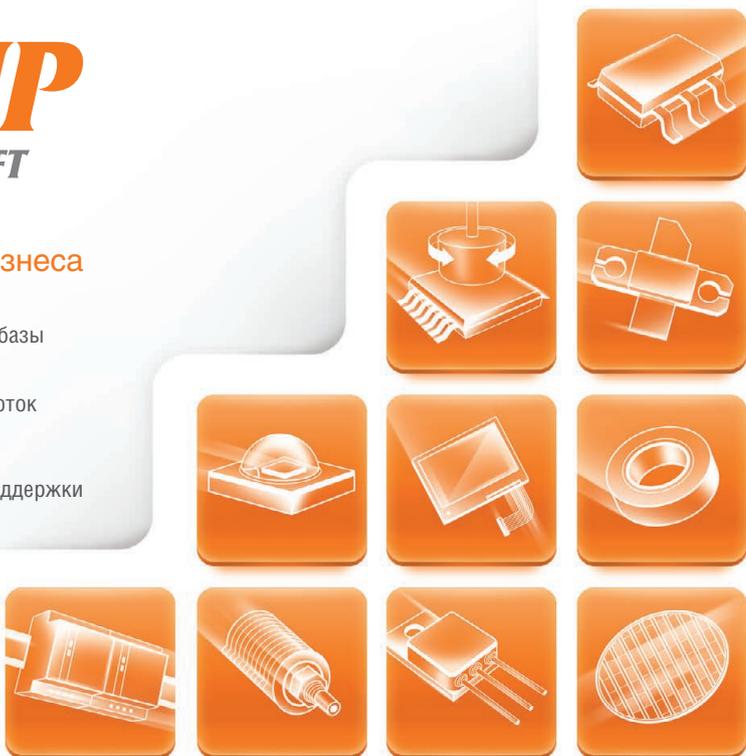
POWERED BY PROSOFT

Активный компонент вашего бизнеса

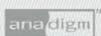
- + Различные решения по подбору элементной базы
- + Осуществление поставок комплектующих для серийного производства и новых разработок
- + Поддержка склада
- + Оказание технической и информационной поддержки



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



Реклама



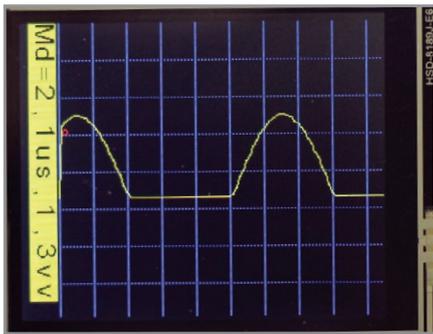


Рис. 5. Осциллограмма сигнала частотой 100 кГц

Пояснения:

ContinuousConvMode – этот режим запускает следующее преобразование сразу по окончании предыдущего, чем достигается максимальная скорость АЦП;

DataAlign – выравнивание данных в 2-байтном слове;

ADC_DataAlign_Right – данные выравниваются по правому краю;

ADC_DataAlign_Left – данные выравниваются по левому краю;

ExternalTrigConv – событие, которое запускает АЦП (можно сконфигурировать запуск по таймеру);

NbrOfConversion – число каналов, которые будет сканировать МК;

ScanConvMode – определяет, будет ли АЦП сканировать несколько каналов.

```

/* ADC1 regular channel 13
configuration */
ADC_InitStructure.ADC_
ScanConvMode = DISABLE;
ADC_InitStructure.ADC_
ContinuousConvMode = ENABLE;
ADC_InitStructure.ADC_
ExternalTrigConvEdge = ADC_
ExternalTrigConvEdge_None;
ADC_InitStructure.ADC_
ExternalTrigConv = ADC_
ExternalTrigConv_T1_CC1;
ADC_InitStructure.ADC_DataAlign
= ADC_DataAlign_Right;
ADC_InitStructure.ADC_
NbrOfConversion = 1;
/*Конфигурация преобразователя
АЦП1 и канала 13 */
ADC_Init(ADC1, &ADC_
InitStructure);
/* Конфигурация преобразователя
АЦП1 и канала 13 */
ADC-RegularChannelConfig(ADC, ADC_
CHANNEL, 1, ADC_SampleTime_3Cycles);
/* Включить ПДП после последней
передачи данных из АЦП (режим
мульти-АЦП) */
    
```

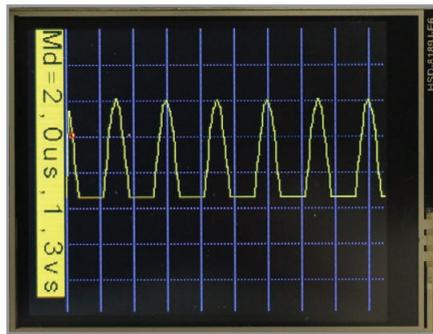


Рис. 6. Осциллограмма сигнала частотой 400 кГц

```

ADC_MultiModeDMARequestAfterLas
tTransferCmd(ENABLE);
/* Включить АЦП1 */
ADC_Cmd(ADC1, ENABLE);
    
```

Для передачи результатов преобразования АЦП в память МК используется прямой доступ к памяти. Контроллер ПДП обеспечивает высокоскоростную передачу данных между периферийными устройствами и памятью, между памятью и памятью. Данные ПДП могут быстро перемещаться без использования ЦП, что сохраняет ресурсы ЦП свободными для других операций. Контроллер ПДП комбинирует архитектуру передачи данных, чтобы оптимизировать пропускную способность системы. В контроллерах DMA1 и DMA2 реализовано 16 потоков (8 для каждого контроллера). Каждый выделенный канал управления доступом к памяти запрашивает периферийное устройство. Каждый поток может иметь до 8 каналов (запросов), и у каждого есть арбитр для того, чтобы обработать приоритет запросов ПДП.

Плата тестировалась с различными настройками аналого-цифрового преобразования. АЦП контроллера был настроен на двойное чередование каналов с задержкой на преобразование, равной 5 циклам. Данные АЦП поочередно сохранялись в одной переменной, чем достигалась максимальная частота преобразования. Однако для использования осциллографа необходимо ввести регулируемые задержки при формировании буфера отображения, чтобы показать сигнал во всём диапазоне частот. Поэтому было введено управление АЦП по таймеру, что привело к небольшим задержкам по времени дискретизации. Процесс пересылки данных из АЦП через ПДП ожидает разрешения от таймера, задержка таймера при этом нулевая (несколько

машинных тактов, которые проверяют время, равное нулю, уже вызывают задержку).

На рисунке 5 показана осциллограмма сигнала частотой 100 кГц и амплитудой 1,3 В. Данные АЦП сохранялись в одной переменной поочередно, с нулевой программной задержкой. Этот вариант настройки АЦП с регулируемой задержкой формирования буфера отображения представляется оптимальным для просмотра сигналов в диапазоне частот до 200 кГц. Максимальная частота сигнала, доступная для наблюдения на экране, составила 400 кГц (см. рис. 6).

Для отображения сигналов низкой частоты (100 Гц и ниже) необходимо вводить большие задержки при формировании буфера отображения. Поэтому формирование буфера перенесено в функцию прерывания по таймеру и введена небольшая регулируемая задержка. На дисплее это отображается в виде режима Md = 1 (см. дополнительные материалы к статье на сайте).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Плата STM32F429IDiscovery удобна для программирования и является одной из самых производительных в своём классе. Тестовая задача осциллографирования показала хорошую работу контроллера дисплея и графического ускорителя DMA2D. В микроконтроллер интегрирован не самый быстрый АЦП – максимальная частота, которую удалось наблюдать на экране дисплея, составила 400 кГц. Но различные режимы конфигурации позволяют настроить АЦП для разнообразных задач наблюдения сигналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Описание платы STM32F429IDiscovery. <http://www.st.com/web/catalog/tools/FM116/SC959/SS1532/PF259090>.
2. Примеры с исходными кодами для платы STM32F429IDiscovery. <http://www.st.com/web/catalog/tools/FM116/SC959/SS1532/PF259090>.
3. Утилита программирования STM32 ST-LINK Utility. <http://www.st.com/web/catalog/tools/FM146/CL1984/SC720/SS1454/PF219866?sc=internet/evalboard/product/219866.jsp>.
4. Вячеслав Гавриков. Мастера графики: новое поколение STM32F4 с поддержкой контроллера TFT. <http://www.compel.ru/lib/nc/2013/8/6-mastera-grafiki-novoe-pokolenie-stm32f4-s-podderzhkoy-kontrollera-tft/>.



Лидер в области разработки и производства высоковольтных реле и контакторов



Реклама



Вакуумные реле



Газонаполненные реле



Герконовые реле



Контакторы

Контрольно-проверочная аппаратура для тестирования навигационных приёмников космических аппаратов

Александр Савин, Владимир Губа, Олеся Быкова (г. Томск)

В статье рассмотрен оптимальный вариант построения контрольно-проверочной аппаратуры, предназначенной для подтверждения метрологических характеристик навигационных приёмников космического базирования.

Ключевыми измерительными приборами в составе контрольно-проверочной аппаратуры, предназначенной для подтверждения метрологических характеристик навигационных приёмников космического базирования, являются векторный генератор сигналов, цифровой запоминающий осциллограф, векторный анализатор цепей и рубидиевый стандарт частоты. Основной особенностью аппаратуры является необходимость имитации сигналов четырёх спутниковых радионавигационных систем.

Для определения координат в пространстве разработано и произведено множество устройств, развёрнуты сети радиомаяков на всей поверхности Земли, запущены на орбиты спутники – навигационные космические аппараты, созданы и продолжают разраба-

тываться навигаторы – устройства для определения местоположения и синхронизации шкал времени.

Совместными усилиями сотрудников Научно-исследовательского института радиотехнических систем (НИИ РТС) Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) и ОАО «Информационные спутниковые системы» (г. Железногорск Красноярского края) разрабатывается навигационная система для космических аппаратов различных типов орбит.

Опытно-конструкторская работа по созданию бортового навигационного приёмника, ориентирующегося по сигналам глобальных навигационных спутниковых систем и не требующего наземных средств для функционирования, выполняется при поддерж-

ке Министерства образования и науки Российской Федерации в порядке реализации постановления № 218 Правительства РФ.

Главной особенностью выполняемого проекта является создание навигационного приёмника, который способен обрабатывать сигналы сразу четырёх спутниковых радионавигационных систем: отечественной ГЛОНАСС [1], американской GPS Navstar, европейской Galileo и китайской BDS Compass. При этом должны быть реализованы алгоритмы поиска и обработки, поддерживающие форматы сигналов ГЛОНАСС нового поколения. На рисунке 1 показаны осциллограмма и спектр сигнала, содержащего сумму стандартных сигналов систем BDS (средняя частота 1561,098 МГц) и Galileo (средняя частота 1575,42 МГц), а также сигнал ГЛОНАСС с кодовым разделением (средняя частота 1600,995 МГц). Сигнал стандартной точности системы GPS не имитировался, так как его несущая частота точно совпадает с несущей частотой Galileo, и спектр суммарного сигнала имеет сложный вид.

Одной из важных составляющих проекта является разработка контрольно-проверочной аппаратуры (КПА) для определения метрологических характеристик приёмника. Перед запуском аппарата в космос необходимо досконально оценить и подтвердить качество работы его бортовой аппаратуры. В зависимости от условий её эксплуатации, КПА должна имитировать целый ряд входных навигационных сигналов. Условия определяются типом орбиты космического аппарата согласно его назначению. Навигация аппаратов имеет особое значение, так как функции, выполняемые ими (например, обеспечение связи по всему земному шару, телевидение и т. д.), носят массовый характер и требуют высокой точности координатно-временного обеспечения.

Разработка КПА выполняется НИИ РТС в кооперации с ООО «НПК ТАИР» (г. Томск). Коллектив исполнителей

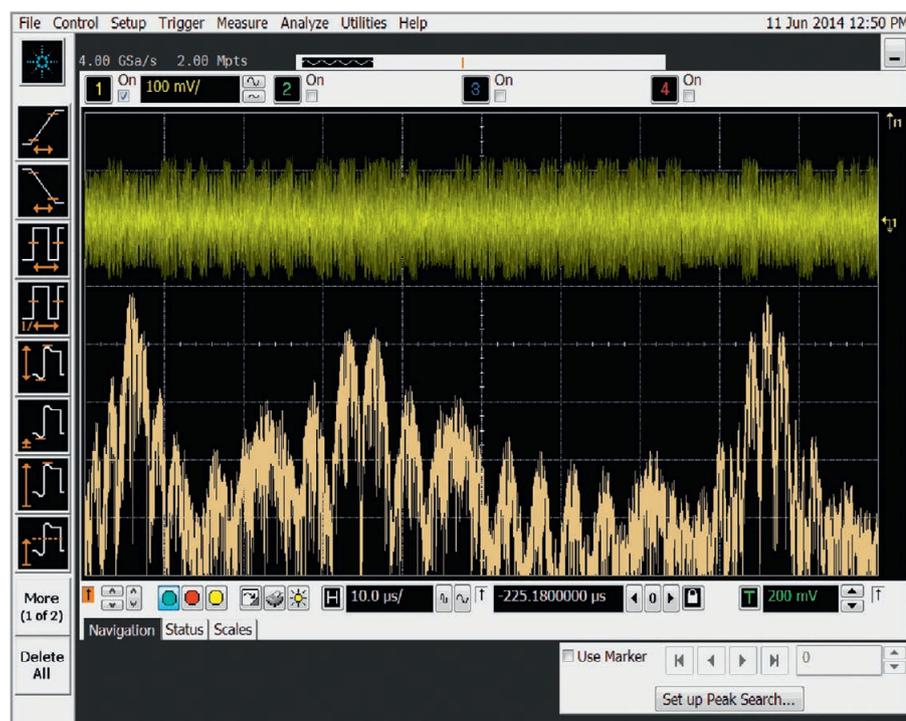


Рис. 1. Осциллограмма и спектр суммарного сигнала

имеет большой опыт работы при решении самых сложных задач в области радиоизмерений и метрологии. При разработке требуется обеспечить высочайшую точность формирования закона изменения задержки имитируемых навигационных радиосигналов с целью воспроизведения псевдодальности. Функциональная схема КПА и внешний вид стойки показаны на рисунке 2.

Для имитации сигналов используется векторный генератор, способный формировать сигналы с несущей частотой до 3 ГГц и полосой занимаемых частот до 80 МГц. Основной диапазон рабочих частот всех существующих спутниковых навигационных систем находится в пределах от 1560 до 1605 МГц. Для калибровки имитатора и анализа качества формируемых сигналов и их спектральных характеристик используется четырёхканальный цифровой запоминающий осциллограф реального времени с полосой частот входных сигналов до 4 ГГц и с максимальной частотой дискретизации до 20 ГГц. Синхронизацию измерительной установки выполняет рубидиевый стандарт частоты и времени.

Остаточная систематическая погрешность формирования псевдодальности не должна превышать 10 см (33 пс в пересчёте на задержку). Для достижения указанной точности необходимо выполнить высокоточные измерения параметров всех аксессуаров, используемых при подключении имитатора навигационных сигналов к разработанному приёмнику. В зависимости от режима работы требуются кабельные сборки различной длины, аттенюаторы с ослаблением до 60 дБ, направленный ответвитель и коаксиальные переходы. Измерения S-параметров и группового времени запаздывания аксессуаров выполняются при помощи векторного анализатора цепей ОБЗОР 304/1 [2] (ООО «Планар», г. Челябинск). Прибор свободно размещается в стандартной 19-дюймовой стойке и позволяет выполнять все необходимые измерения с прецизионной точностью в диапазоне частот до 3,2 ГГц, в том числе в автоматическом режиме. Векторный анализатор цепей ОБЗОР 304/1 имеет простой дружественный интерфейс. Расчёт и отображение параметров осуществляются в частотной и временной областях. Программное обеспечение обладает богатым арсеналом функций: большое

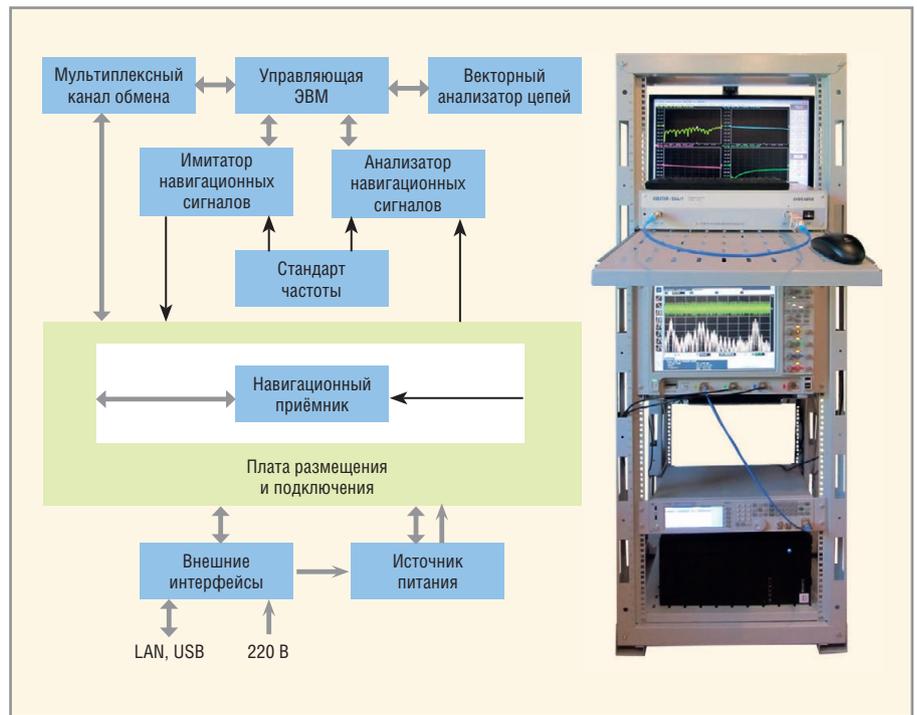


Рис. 2. Функциональная схема КПА и внешний вид стойки

количество одновременно отображаемых графиков, развитая маркерная система для поиска нужных значений по заданному критерию, допусковый контроль, математическая и статистическая обработка, фильтрация, сохранение и восстановление измеренных данных и настройки органов управления.

Таким образом, перед использованием КПА в основном режиме должна быть выполнена большая подготовительная работа. Во-первых, необходимо провести измерения параметров всех используемых аксессуаров с помощью векторного анализатора цепей. Во-вторых, подключив имитатор к анализатору, требуется определить систематическую погрешность формирования сигналов в сечении выходного разъёма векторного генератора сигналов. Очевидно, что измеряемые параметры могут зависеть от частоты. Все полученные калибровочные значения заносятся в память управляющей ЭВМ и используются далее при формировании тестовых сигналов для проверки навигационной аппаратуры космического аппарата. Выбор необходимых поправочных коэффициентов выполняет программное обеспечение КПА в зависимости от конкретной схемы подключения и режима тестирования с целью обеспечить требуемый закон изменения задержек ансамбля навигационных сигналов непосредственно на входе

проверяемого навигационного приёмника.

В заключение следует отметить, что выбранная приборная база обеспечивает требуемую точность решения поставленной задачи. Используемые в работе приборы, в том числе векторный анализатор цепей ОБЗОР 304/1, применяются в учебном процессе на кафедре радиотехнических систем ТУСУР при подготовке специалистов по направлению «Радиотехнические системы и комплексы». Кроме этого, они используются в ряде других проектов по разработке наземных станций радиотехнического контроля навигационного поля с высокими метрологическими характеристиками в части формирования и анализа различных сигналов, измерения параметров приёмных и приёмно-передающих фазированных антенных решёток.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС (Интерфейсный контрольный документ, пятая редакция). М. Координационный научно-информационный центр Российской Федерации. 2008. 74 с.
2. Измеритель комплексных коэффициентов передачи и отражения «Обзор-304», «Обзор-304/1». Руководство по эксплуатации. www.planar.chel.ru/Products/Masurement%20instrument/obzor-304/Obzor304_Operating_Manual.pdf.

Цифровой запоминающий характериограф полупроводниковых приборов Л2-100 ТЕКО

Дмитрий Лисовский, Михаил Рагозин (Москва)

В статье описывается новый цифровой запоминающий характериограф полупроводниковых приборов Л2-100 ТЕКО, который может служить современной заменой легендарного измерителя Л2-56 и обладает превосходным соотношением «цена – возможности».

Современную электронику невозможно представить без полупроводниковых приборов. Область применения и номенклатура полупроводниковых приборов неуклонно расширяются. Совершенствование технологических процессов производства позволяет создавать приборы с принципиально новыми характеристиками. В этих условиях постоянно растут требования к возможностям оборудования для измерения характеристик полупроводниковых приборов.

Измеритель параметров полупроводниковых приборов Л2-56, который когда-то выпускался отечественной промышленностью, снискал заслуженное признание специалистов благодаря своей функциональности, удобству и простоте использования.

В настоящее время на рынке контрольно-измерительных приборов имеется большое количество оборудования, в том числе известных зарубежных брендов, которые способны обеспечить любые виды измерений. Однако стоимость брендов существенно ограничивает их широкое применение.

Цифровой запоминающий характериограф полупроводниковых приборов Л2-100 ТЕКО, который представ-

ляет компания «ТЕСТПРИБОР», предназначен для визуального наблюдения статических вольтамперных характеристик (ВАХ) полупроводниковых приборов (ППП), измерения напряжений на их электродах и токов в их цепях.

Характериограф позволяет исследовать ВАХ полупроводниковых диодов, стабилитронов и стабисторов, биполярных и полевых транзисторов, тиристоров, симисторов и других ППП, а также оптоэлектронных и пассивных компонентов.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Характериограф Л2-100 ТЕКО (см. рис. 1) может применяться:

- при производстве полупроводниковых приборов:
 - для контроля параметров тестовых структур при отработке технологического процесса;
 - для межоперационного контроля ППП в процессе производства;
 - для анализа причин производственного брака;
 - для приёмо-сдаточных испытаний ППП при выпуске с предприятия-изготовителя;
- при конструировании радиоэлектронной аппаратуры (РЭА):



Рис. 1. Внешний вид Л2-100 ТЕКО

- для получения дополнительной информации о параметрах и характеристиках ППП;
- при производстве РЭА:
 - для осуществления входного контроля и выявления контрафактных ППП;
 - для подбора пар ППП с близкими параметрами при параллельном и последовательном включении, а также при формировании сборок и модулей;
 - для выявления отказавших ППП и анализа причин отказов аппаратуры;
- при ремонте и восстановлении РЭА.

Принцип действия

На рисунке 2 представлена упрощённая функциональная схема характериографа. Основными узлами прибора являются: источник питания коллекторной цепи, генератор ступеней напряжения (тока), усилитель индикаторный по вертикали (УИВ), усилитель индикаторный по горизонтали (УИГ).

Для получения на экране характериографа семейства ВАХ исследуемого транзистора в коллекторную цепь транзистора через ограничительный резистор $R_{огр}$ подаётся напряжение от источника питания коллекторной цепи. От генератора ступеней на управляющий электрод транзистора подаётся ступенчато-изменяющийся ток или напряжение. При этом в коллекторной цепи транзистора возникают импульсы тока, создающие пропорциональное падение напряжения на измерительном шунте $R_{ш}$. Напряжение между коллектором и эмиттером транзистора и напряжение на измерительном шунте поступают через соответствующие

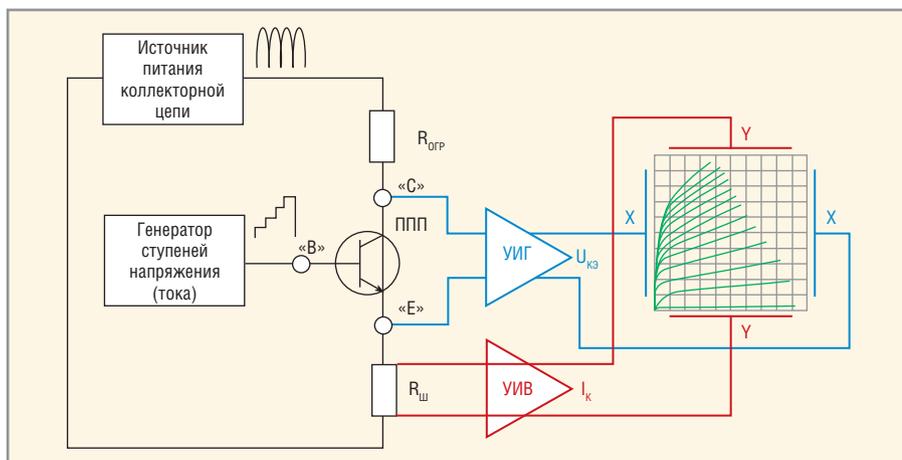
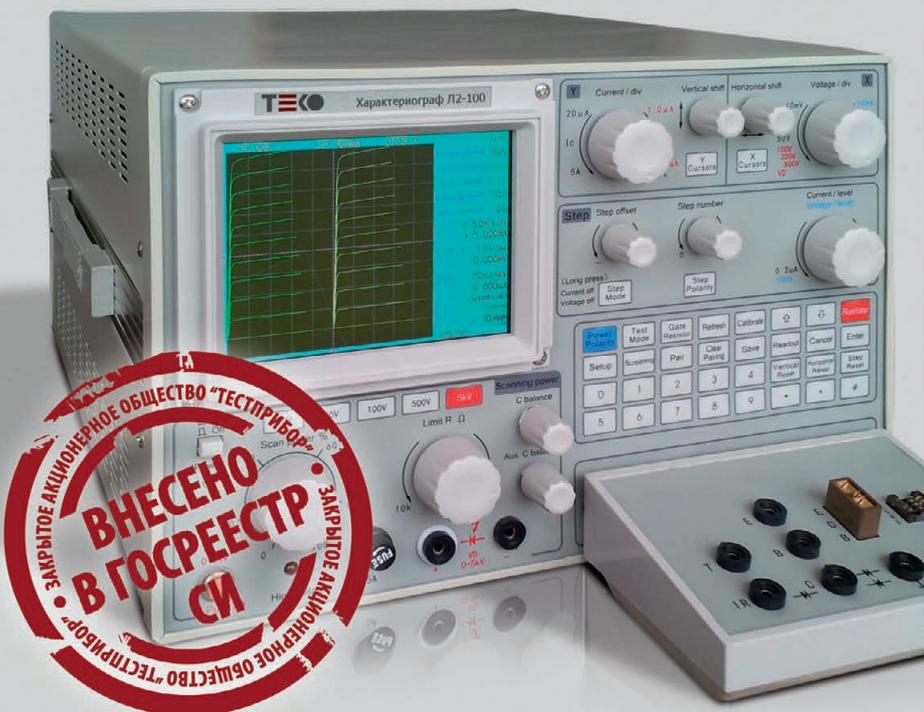


Рис. 2. Функциональная схема Л2-100 ТЕКО

ТЕСТПРИБОР

ЦИФРОВОЙ ЗАПОМИНАЮЩИЙ ХАРАКТЕРИОГРАФ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ Л2-100 ТЕКО



ПРЕИМУЩЕСТВА Л2-100 ТЕКО:

- низкая цена;
- гарантия 12 месяцев;
- послегарантийное обслуживание;
- первичная поверка;
- техническая поддержка.

ВОЗМОЖНОСТИ Л2-100 ТЕКО

ХАРАКТЕРИОГРАФ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ Л2-100 ТЕКО

предназначен для визуального наблюдения статических вольтамперных характеристик (ВАХ) полупроводниковых приборов (ППП), оценки значений напряжений на их электродах и токов в их цепях.

Характериограф может применяться для исследования ВАХ ППП в лабораторных и цеховых условиях.

- Максимальный ток – 50А.
- Максимальное напряжение – 5кВ.
- Яркий цветной TFT ЖК-дисплей (5,7 дюймов, 640 × 480 точек).
- Возможность сохранения до 10 ВАХ в памяти прибора.
- Возможность сравнения исследуемой ВАХ с образцовой. Исследуемая и образцовая ВАХ выводятся на дисплей одновременно.
- Подключение к персональному компьютеру через высокоскоростной USB-порт.
- Возможность синхронного отображения исследуемой ВАХ на экране компьютера.
- Возможность сохранения неограниченного количества ВАХ в формате JPG, PNG, BMP, GIF, TIFF, CSV, XLS при подключении к компьютеру.
- Поддержка табличных форматов CSV и XLS дает возможность дальнейшей обработки ВАХ в таких редакторах как Microsoft Excel и ORIGIN.
- Возможность сохранения и восстановления настроек прибора.

ЗАО «ТЕСТПРИБОР» ЯВЛЯЕТСЯ ЭКСКЛЮЗИВНЫМ
ПРЕДСТАВИТЕЛЕМ БРЕНДА ТЕКО НА ТЕРРИТОРИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.



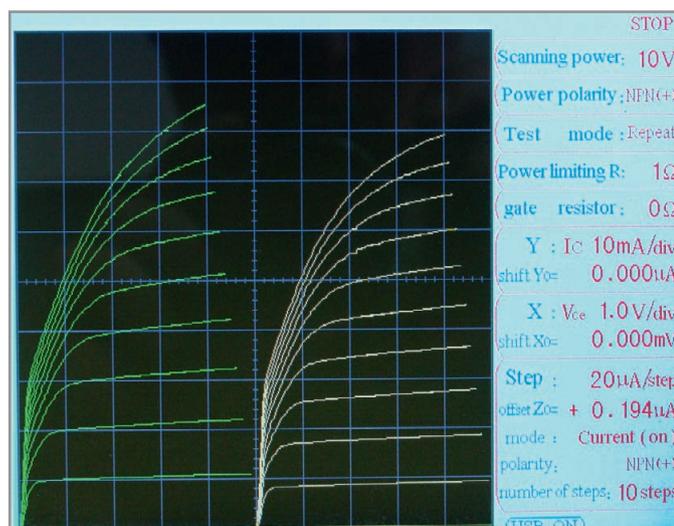


Рис. 3. Подбор пар ППП

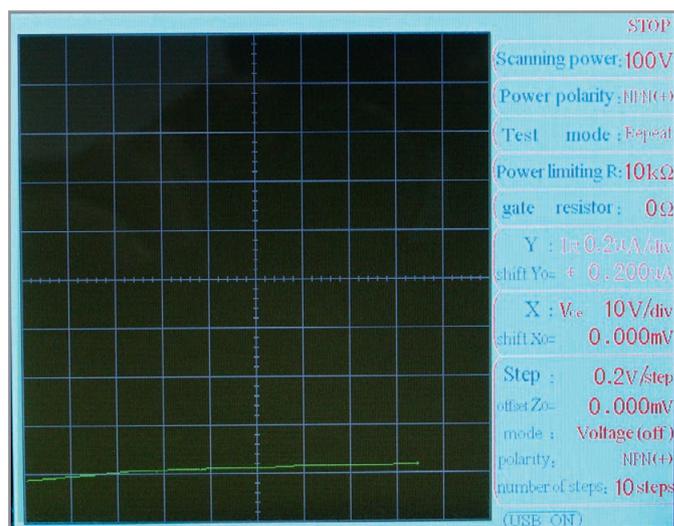


Рис. 4. Цифровой фильтр тока утечки

усилители в каналы горизонтальной и вертикальной развёртки характеристики, которые, в свою очередь, формируют изображение семейства ВАХ на экране (см. рис. 2).

Характериограф также оснащён высоковольтным источником (на схеме не показан), который позволяет исследовать ВАХ ППП при напряжениях до 5 кВ.

Возможности

Основные возможности характериографа L2-100 ТЕКО:

- максимальный ток – 50 А;
- максимальное напряжение – 5000 В;
- яркий цветной TFT ЖК-дисплей (5,7 дюйма, 640 × 480 точек);
- цифровая обработка и отображение ВАХ;
- возможность сохранения до 10 ВАХ в памяти прибора;
- возможность сохранения и восстановления настроек прибора;
- возможность сравнения исследуемой ВАХ с образцовой;
- подключение к персональному компьютеру через высокоскоростной USB-порт;
- возможность синхронного отображения исследуемой ВАХ на экране компьютера;
- возможность сохранения неограниченного количества ВАХ в формате JPG, PNG, BMP, GIF, TIFF, CSV, XLS при подключении к компьютеру;
- поддержка табличных форматов CSV и XLS даёт возможность дальнейшей обработки ВАХ в таких редакторах, как Microsoft Excel и ORIGIN.

Характериограф L2-100 ТЕКО имеет ряд полезных функций, которые существенно облегчают задачи исследования ППП.

Курсорные измерения

Для получения численных значений напряжений и токов предусмотрена функция курсорных измерений. Вместе с исследуемой ВАХ на экране характериографа отображаются два курсора (X и Y), представляющих собой ортогональные линии. Для получения отсчёта необходимо лишь переместить курсоры в интересующую точку ВАХ. Характериограф обеспечивает автоматическое измерение и отображение в специальной области экрана численных значений напряжения, тока, коэффициента усиления и крутизны передаточной характеристики транзистора.

Подбор пар ППП

При параллельном или последовательном соединении транзисторов, а также при формировании сборок и модулей, возникает необходимость подбора пар транзисторов с близкими значениями параметров.

В характериографе L2-100 ТЕКО реализована удобная функция визуального подбора пар. Образцовая ВАХ сохраняется и отображается на экране одновременно с исследуемой (см. рис. 3). Также возможно наложение характеристик друг на друга для удобства сравнения.

Разбраковка ППП

При проведении приёмо-сдаточных испытаний ППП на предприятии изготовителе, а также при проведении входного контроля приборов потребителем возникает задача выявления и отсеивания приборов, параметры которых не соответствуют заданным техническим требованиям (разбраковки).

В характериографе L2-100 ТЕКО реализованы четыре режима разбраковки ППП: по току, по напряжению, по коэффициенту усиления и по крутизне передаточной характеристики транзистора. Верхнее и нижнее предельные значения перечисленных параметров могут быть заданы пользователем. В случае выхода параметра исследуемого ППП за установленные пределы характериограф издаёт звуковой сигнал и выводит сообщение на экран. В режиме разбраковки характериограф также выводит сообщение при отсутствии ППП в контактном устройстве.

Цифровые фильтры

Характериограф L2-100 ТЕКО имеет три независимых цифровых фильтра ВАХ: фильтр напряжения, фильтр тока и фильтр тока утечки (см. рис. 4).

Цифровая фильтрация напряжения и тока позволяет снизить искажения ВАХ, обусловленные влиянием помех. При использовании стандартных контактных устройств в лабораторных условиях, эффект от цифровой фильтрации практически незаметен. Однако она становится незаменимым помощником при работе в сложных производственных условиях с использованием нестандартной оснастки.

Цифровой фильтр тока утечки полезен при исследовании обратных характеристик ППП при постоянном напряжении на коллекторе.

Постоянное напряжение не позволяет развернуть на экране ВАХ исследуемого ППП. Вместо этого приходится довольствоваться точкой, соответствующей текущему напряжению и току. Решить эту проблему позволяет использование цифрового фильтра.

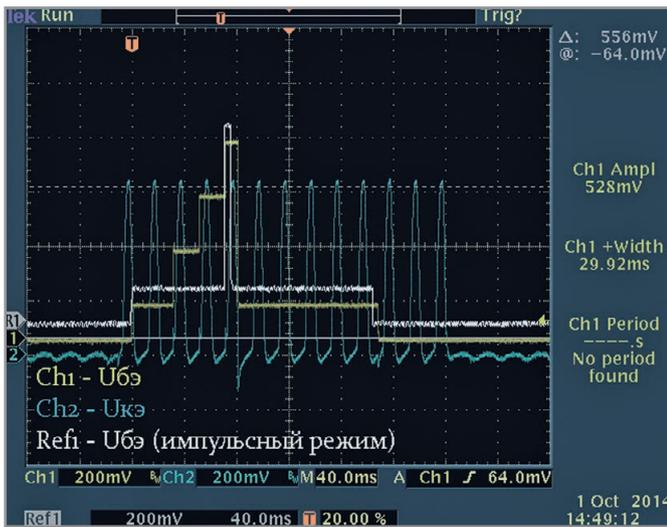


Рис. 5. Импульсный режим

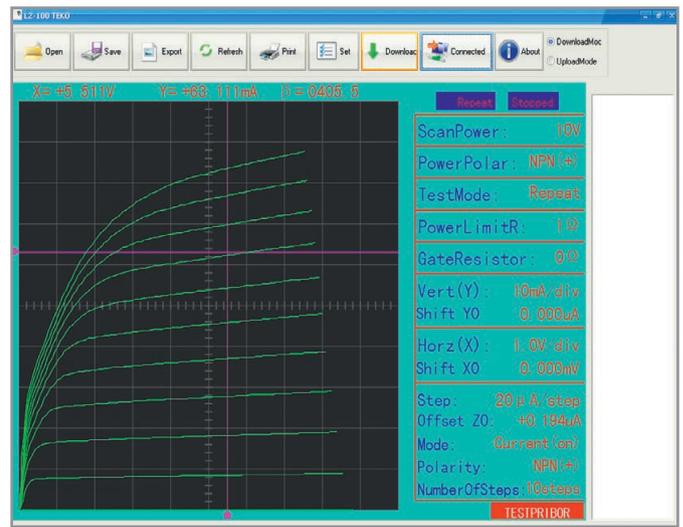


Рис. 6. Программное обеспечение характериографа Л2-100 ТЕКО

КОМПЕНСАЦИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ КОНТАКТНОГО УСТРОЙСТВА

Характериограф Л2-100 ТЕКО имеет встроенную схему компенсации переходного сопротивления контактных устройств. Сопротивление может быть измерено и задано в настройках схемы компенсации. Это позволяет снизить ошибку измерений на больших токах и учесть падение напряжения на соединительных проводах при использовании нестандартной оснастки.

ИМПУЛЬСНЫЙ РЕЖИМ

Воздействие больших токов и напряжений в течение продолжительного времени при исследовании мощных ППП приводит к разогреву прибора. Повышение температуры ППП во время исследования вызывает, в свою очередь, искажения ВАХ и может даже привести к отказу прибора. Это особенно актуально при исследовании мощных МОП-транзисторов и БТИЗ, собранных в компактных корпусах и спроектированных для работы в импульсных режимах. Разогрев таких транзисторов не удаётся предотвратить даже при использовании однократного запуска генератора ступеней.

Для решения этой проблемы в характериографе Л2-100 ТЕКО предусмотрен импульсный режим (см. рис. 5). В нём время воздействия импульса тока на исследуемый ППП ограничено лишь длительностью фронта импульса коллекторного напряжения (около 5 мс), достаточного для получения изображения требуемой ветви ВАХ исследуемого ППП. Это позволяет существенно снизить нагрев ППП, но при этом никак не сказывается на точности и качестве воспроизведения ВАХ на экране характериографа.

ЗАЩИТА

Запуск и остановка исследования ВАХ ППП производится нажатием кнопки «RUN/STOP». В режиме остановки характериограф автоматически снимает напряжение со всех электродов ППП. Это позволяет защитить ППП от повреждения, а также обезопасить оператора в случае прикосновения при смене ППП к частям, находящимся под высоким напряжением.

Высоковольтный источник дополнительно снабжён индивидуальной кнопкой запуска и индикатором наличия высокого напряжения на выходе

для повышения безопасности работы с характериографом.

Также в характериографе Л2-100 ТЕКО реализована защита от перегрузки по току и напряжению, которая автоматически останавливает исследование при превышении предельных значений.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Для работы характериографа с компьютером разработано специальное программное обеспечение (см. рис. 6), которое позволяет выполнять следующие функции:

- осуществлять синхронное отображение ВАХ на экране персонального компьютера;
- сохранять ВАХ вместе с настройками прибора и результатами курсорных измерений с возможностью их последующей загрузки в характериограф;
- распечатывать ВАХ на принтере;
- экспортировать ВАХ в разнообразные графических, а также табличных форматах, понятных таким редакторам, как Microsoft Excel и ORIGIN, что позволяет производить их дальнейшую обработку.



Новости мира News of the World Новости мира

США отказались от размещения станций ГЛОНАСС на своей территории

США приняли решение не продолжать переговоры с Россией о размещении станций спутниковой навигационной системы ГЛОНАСС на своей территории, сообщил вице-премьер РФ Дмитрий Rogozin.

«В настоящее время по этой теме никаких переговоров нет. Мы же заявление сделали ещё весной. Я предложил инициировать переговоры с США по размещению инфраструктуры ГЛОНАСС на их территории, а до тех пор, пока переговоры идут, подвесить существование инфраструктуры станций GPS на территории РФ», – заявил Д. Rogozin.



По его словам, в ответ на это российские специалисты технически исключили возможность использовать станции GPS на территории РФ в военных целях.

<http://vestnik-glonass.ru/>

Может ли быть энергетической плотности слишком много?

Александр Гончаров, Андрей Кузнецов, Иван Лукьянов (г. Прага)

Публикуется с разрешения компании AEPS group

В статье рассматривается влияние энергетической плотности и предельной температуры корпуса DC/DC-конвертеров на компактность системы электропитания.

В развитии DC/DC-конвертеров прослеживается тенденция повышения энергетической плотности, которая основана как на современной высокоэффективной схемотехнике, прогрессе в материалах, так и на желании минимизировать массогабаритные параметры системы электропитания. Энергетическая плотность (или удельная мощность) приводится для DC/DC-конвертеров в единицах Вт/дм³ или Вт/дюйм³. Лидеры рынка источников электропитания в настоящее время уверенно штурмуют значения энергетической плотности 100...200 Вт/дюйм³ и более. DC/DC-конвертеры являются источниками тепловой энергии, которую необходимо рассеивать, в том числе дополнительными радиаторами. Увеличение энергетической плотности означает снижение теплоотводящей поверхности для отвода тепловой мощности на радиатор. В то же время уменьшение теплоотводящей поверхности снижает эффективность радиатора и влечёт за собой увеличение его размеров. То есть увеличение энергетической плотности вступает в противоречие с эффективностью системы охлаждения и размерами радиатора. В этом смысле уменьшение размеров DC/DC-конвертера перестаёт быть эффективным, так как необходимость применения радиатора и принудительного охлаждения не позволят уменьшить общие размеры конструкции конвертер + радиатор (вентилятор) [1].

В большом количестве применений требования к системе охлаждения исключают использование принудительного охлаждения вентилятором и все тепловые расчёты необходимо проводить для условий естественной конвекции. В этом случае для потребителя предпочтительнее будут те конвертеры или конструкции, которые при заданной выходной мощности будут требовать меньший по размеру радиатор или, ещё лучше, совсем не требовать охлаждающего радиатора. По-видимому, это наиболее актуально для мобильных, например, авиационных, космических, автомобильных приложений, в радиолокации, где минимальный вес и габариты имеют решающее значение.

В большом многообразии DC/DC-конвертеров с различными показателями энергетической плотности потребителю сложно выбрать наиболее подходящий по размеру и весу вариант конструкции конвертер + радиатор.

В статье рассказывается о новых высокоэффективных DC/DC-конвертерах JETD, выполненных в Brick-формате, которые выпускаются компанией AEPS group (Чешская республика), и об особенностях этой линейки, отличающих её в этом форм-факторе от других DC/DC-конвертеров. Возможно, в ряде случаев для потребителя эти особенности JETD окажутся решающими при выборе DC/DC-конвертера с учётом имеющихся потребностей.

В настоящее время линейка DC/DC-конвертеров серии JETD состоит из конвертеров мощностью 25...400 Вт в типоразмерах от 1/16 Brick до Full Brick. Номенклатура и основные параметры DC/DC-конвертеров серии JETD представлены в таблице.

В серии JETD были реализованы такие важные особенности, как сверхширокий диапазон рабочих температур корпуса от -60 до +125°C и герметичное исполнение с заливкой теплопроводящим компаундом, что позиционирует линейку JETD как ориентированную на применение в жёстких условиях эксплуатации.

Большинство производителей DC/DC-конвертеров демонстрируют сегодня примерно одинаковые показатели по предельной температуре корпуса 100...105°C. В DC/DC-преобразователях серии JETD этот параметр составляет 120...125°C, что даёт конвертерам JETD определённое преимущество.

В условиях заданных габаритов DC/DC-конвертеров Brick-формата и отсутствия принудительного охлаждения, для уменьшения размеров и веса охлаждающего радиатора (или исключения его совсем) остаётся только два пути: повышение КПД и повышение максимальной рабочей температуры корпуса. В части КПД большинство производителей DC/DC-конвертеров демонстрирует сопоставимые результаты. Поэтому заострим внимание на влиянии предельной температуры корпуса на возможность создания наиболее компактных DC/DC-конвертеров с учётом системы охлаждения.

Рассмотрим зависимость максимальной выходной мощности от температуры окружающего воздуха для неко-

Основные характеристики модулей JETD

Выходная мощность, Вт	Типоразмер корпуса	Тип модуля	Количество выходов	Типовой КПД, %	Размеры без учёта фланцев и выводов, мм	Диапазон рабочих температур корпуса, °C	Дистанционное выключение	Подстройка выходного напряжения	Выносная ОС	Параллельная работа
						-60...+125°C				
25	1/16 Brick	JETD25	1, 2	88	33 × 22,9 × 7,5	•	•	•		
50	1/8 Brick	JETD50	1, 2	88	58,4 × 22,9 × 8	•	•	•		
100	1/4 Brick	JETD100	1	92	58,4 × 36,8 × 10	•	•	•		
200	1/2 Brick	JETD200	1	92	61 × 58,4 × 11	•	•	•	•	•
400	Full Brick	JETD400	1	92	116,8 × 61 × 13	•	•	•	•	•



Мы делаем уникальные модули электропитания Мы - AEPS group

Основное направление нашей деятельности — производство высоконадежных AC/DC и DC/DC преобразователей, предназначенных для организации электропитания на транспорте, в авиации, радиолокации, на железных дорогах и т. д.

Наши модули выбрали ведущие предприятия, мы работаем в тесном сотрудничестве со своими клиентами и готовы к реализации самых сложных проектов.

AC/DC преобразователи JETA



- Выходная мощность от 50 Вт до 3 кВт
- Низкий профиль от 18,5 мм
- Рабочая температура -50°C ...+85°C
- КПД до 93%
- Отсутствие вентилятора
- Энергетическая плотность до 24,7 Вт/дюйм³

DC/DC преобразователи JETD



- Выходная мощность от 20 Вт до 400 Вт
- Низкопрофильный корпус 1/16 Brick...FullBrick
- Рабочая температура -60°C ...+125°C
- КПД до 93%
- Энергетическая плотность до 83,7 Вт/дюйм³



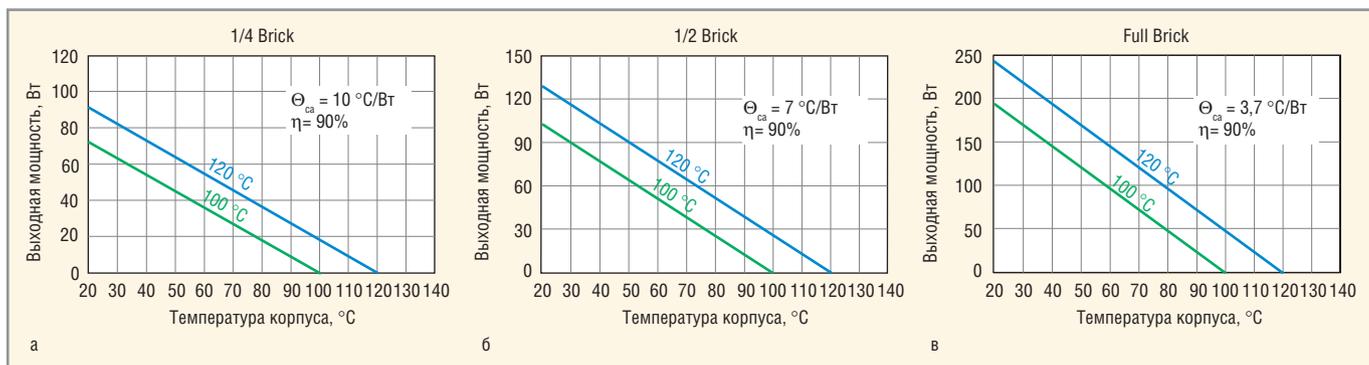


Рис. 1. Графики зависимости максимальной выходной мощности от температуры окружающего воздуха



Рис. 2. Внешний вид модуля JETD100 (мощность 100 Вт), энергетическая плотность – 77,6 Вт/дюйм³, КПД – 88%



Рис. 3. Внешний вид модуля JETD200 (мощность 200 Вт), энергетическая плотность – 83,7 Вт/дюйм³, КПД – 92%



Рис. 4. Внешний вид модуля JETD400 (мощность 400 Вт), энергетическая плотность – 70,8 Вт/дюйм³, КПД – 92%

торых Brick-форматов без радиатора в условиях естественной конвекции. При этом примем, что КПД составляет 90%, а тепловое сопротивление корпуса относительно воздуха определяется размерами Brick-формата. Эти тепловые сопротивления у разных производителей несколько отличаются. Для расчётов максимальной мощности примем значения тепловых сопротивлений равным некоторым средним значениям: Θ_{ca} (1/4 Brick) = 10°C/W (см. рис 1а), Θ_{ca} (1/2 Brick) = 7°C/W (см. рис 1б), Θ_{ca} (Full Brick) = 3,7°C/W (см. рис 1в). Модули JETD в этих корпусах представлены на рисунках 2–4. Покажем зависимость максимальной выходной мощности без радиатора от температуры окружающего воздуха для каждого из трёх типов корпусов в двух случаях: для предельной температуры корпуса 100 и 120°C.

Из графиков видно, какую максимальную мощность обеспечивают данные типы Brick-конструкций при принятых допущениях, и какова разница между преобразователями с предельными температурами корпусов 100 и 120°C. В аналитическом виде эту максимальную мощность можно определить так:

$$P_{out,max}(T_a) = (T_{case,max} - T_a) / \Theta \times \eta / (1 - \eta), \quad (1)$$

где $P_{out,max}$ – максимальная выходная мощность, T_a – температура окружающей среды, Θ – тепловое сопротивление

корпуса относительно окружающего воздуха, η – КПД.

Из этой формулы следует, что преимущество в максимальной мощности за счёт повышения предельной температуры корпуса со 100 до 120°C можно выразить следующей формулой:

$$\begin{aligned} P_{out,max} 120^\circ C (T_a) - \\ - P_{out,max} 100^\circ C (T_a) = \\ = 20^\circ C / \Theta \times \eta / (1 - \eta). \end{aligned} \quad (2)$$

Для типового КПД 90% эту формулу можно записать как:

$$\begin{aligned} \Delta P (120^\circ C - 100^\circ C) = 20^\circ C \times 9 / \Theta = \\ = 180^\circ C / \Theta. \end{aligned} \quad (3)$$

Выражения (1), (2) и (3) справедливы не только для расчётов без радиатора, но и с радиатором, с учётом теплового сопротивления выбранного радиатора.

Графики также показывают уровень мощности (в зависимости от температуры окружающей среды), выше которого необходимо применение охлаждающего радиатора. Например, в конструктиве Full Brick многие производители выпускают конвертеры мощностью 250..700 Вт. Это означает, что энергетическая плотность этих конвертеров такова, что потребуются установка охлаждающих радиаторов существенных размеров (в несколько раз больше, чем сам конвертер).

Применение охлаждающих радиаторов в условиях естественной кон-

векции, как известно, имеет низкую эффективность. Так, например, для размера 1/2 Brick 61 × 58,5 × 12,7 мм применение радиатора таких же размеров по площади и высоте с числом рёбер 10, согласно Datasheet, практически не даёт уменьшения теплового сопротивления. Возникает на первый взгляд парадоксальная ситуация: у корпуса 1/2 Brick без радиатора тепловое сопротивление (которое мы приняли $\Theta = 7,0^\circ C/W$) при применении радиатора высотой 12,7 мм практически не улучшается, и, в зависимости от потерь на соединении корпуса и радиатора, может увеличиться. Для радиатора высотой в два раза больше (25,4 мм) с таким же количеством рёбер тепловое сопротивление уменьшается до $\Theta = 4,5...4,6^\circ C/W$. Применение радиатора двойной высоты увеличило общую высоту в три раза, в то время как тепловое сопротивление уменьшилось только в 1,5 раза.

Можно сказать, что увеличение максимальной температуры корпуса со 100 до 120°C с точки зрения максимальной возможной мощности эквивалентно установке охлаждающего радиатора [2]. Например, с учётом (1) для температуры окружающего воздуха $T_a = 50^\circ C$ эквивалентное тепловое сопротивление этого эквивалента-радиатора меньше, чем отдельного корпуса в пропорции: $(120-50) / (100-50) = 70 / 50 = 1,4$.

Дополнительно в конструкции модулей серии JETD были приняты меры по

снижению эффективного теплового сопротивления за счёт печатной платы, на которую устанавливается конвертер. В этом случае, если рассматривать поверхность медной фольги на печатной плате как дополнительный теплоотвод, возможно уменьшение теплового сопротивления корпуса. Для этого в конструкции корпусов обеспечивается максимальная тепловая связь с крепёжными втулками и с выводными штырями. Кроме того, в нижней части корпуса (прилегающей к печатной плате) для вывода печатных проводников из-под корпуса выполнены специальные вырезы. В результате может быть достигнуто снижение эффективного теплового сопротивления корпусов до 25% для модулей в корпусах 1/16 Brick

и 1/8 Brick. Тепловое сопротивление для корпусов 1/2 Brick и Full Brick можно уменьшить на 5–10% за счёт печатной платы.

Так может ли быть энергетическая плотность слишком большой? По-видимому, да, поскольку энергетическая плотность не может оцениваться отдельно от других параметров конвертера [3]. Высокие показатели энергетической плотности не могут гарантировать более компактной системы электропитания, включая систему охлаждения. За счёт более высокой предельной температуры корпуса, по сравнению с аналогичными преобразователями других производителей (120...125°C вместо 100...105°C), DC/DC-преобразователи серии JETD позволяют создавать суще-

ственно меньшие по размерам и весу конструкции систем электропитания на базе Brick-корпусов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Конов А., Гончаров А., Колосов В.* Отечественная энергетическая электроника: проблемы, тенденции, достижения. НТБ. № 6. 1997.
2. *Гончаров А., Кузнецов А., Лукьянов И.* Новый способ построения высоконадёжных AC/DC-преобразователей. Современная электроника. №7. 2014.
3. *Гончаров А.* Сравнительный показатель унифицированной удельной мощности модулей ИВЭП. Устройства и системы энергетической электроники, разработка, производство, маркетинг. Тезисы докладов Всероссийской научно-технической конференции. АН РФ. Москва. ©

Новости мира News of the World Новости мира

Двухъядерный МК ATSAM4C32 на базе ARM Cortex-M4

Компания Atmel расширяет линейку своей продукции для интеллектуальных счётчиков и систем интеллектуальной метрологии.

Разработан двухъядерный микроконтроллер ATSAM4C32 на базе ARM Cortex-M4. Новая система на кристалле имеет двухбанковую Flash-память размером 2 МБ и будет повысительно совместима с младшими представителями семейства ATSAM4C с меньшими объёмами памяти.

Семейство двухъядерных МК ATSAM4Cх позволяет достичь точности 0.2 класса согласно требованиям WELMEC. Все кристаллы поддерживают быстрое аппаратное шифрование, содержат малопотребляющие часы реального времени, драйвер ЖКИ и множество коммуникационных интерфейсов.

<http://mymcu.ru>

Рынок полупроводников в 2014 году

Аналитики Gartner прогнозируют в текущем году существенный рост (+17%) капитальных вложений в производство полупроводников.

В первую очередь это связано с продолжающимся ростом спроса на потребительскую электронику и устойчивой ценой на микросхемы памяти.

Суммарный объём инвестиций в оборудование для производства полупроводников составит в 2014 году \$112,1 млрд. (Мониторинг рынка электроники (октябрь 2014))

Специалисты Digitimes со ссылкой на Global Semiconductor Alliance, утверждают, что в 2012 году выручка отрасли полупроводников составила \$290 млрд, а к 2017 году данный показатель превысит \$400 млрд.

В настоящее время отрасль полупроводников обеспечивает непосредственный

вклад в мировой ВВП в объёме \$202 млрд и 1,3 млн престижных рабочих мест. Ожидается, что данный показатель продолжит стремительно расти в ближайшие годы, сообщил GSA в отчёте «Поддержка в эпоху гиперсвязи: роль полупроводников» (Oxford Economics).

GSA выбрал Тайвань в качестве первой территории, где был выпущен исследовательский отчёт, учитывая, что производственная ценность тайваньской отрасли полупроводников в настоящее время обеспечила ей 2-е место в мире, а также высокий уровень прибыли.

В настоящее время число сотрудников, занятых в отрасли полупроводников в США, насчитывает порядка 240 000 человек, в Японии, Корее и Европе – по 100 000, на Тайване – около 180 000, в Китае – 220 000.

www.astera.ru



Решения Atmel для IoT (Интернет вещей)

Rainbow Electronics предлагает со склада и под заказ непревзойдённую по функционалу продукцию Atmel для Wi-Fi решений

SAM D – микроконтроллеры Cortex-M0+ в качестве хоста

оптимальное сочетание цена / функционал
до 256 КБ FLASH, до 32 КБ ОЗУ, до 6 USART/SPI/I²C
USB 2.0 Full Speed Host/Device
контроллер емкостных сенсоров касания
ЦАП/АЦП, DMA
от 14 до 64 выводов, питание от 1,63 В



WINC1500 – Wi-Fi модули SmartConnect

стандарт 802.11b/g/n
встроенный стек TCP/IP и TLS
максимальная скорость передачи данных
72 Мбит/с
мощность выходного сигнала 15.8 дБм (11n, MCS7), 17,3 дБм (11g, 54M)
низкое энергопотребление
габариты 22 × 15 мм



Москва
(495) 665-1001
info@rtcs.ru

Екатеринбург
(343) 272-0020
eburg@rainbow.ur.ru

Санкт-Петербург
(812) 324-0902
spb@rtcs.ru

Новосибирск
(383) 211-9087
nsk@rtcs.ru

Киев
(+38 044) 520-0478
chip@rainbow.com.ua

Минск
(+375 17) 220-7692
chip@rainbow.by

Новости мира News of the World Новости мира

Утверждён новый состав управления технологической платформы «СВЧ технологии»

Прошло внеочередное собрание участников технологической платформы «СВЧ технологии» (ТП «СВЧ технологии»), на котором был одобрен доклад председателя правления технологической платформы, заместителя генерального директора ОАО «Росэлектроника» Александра Кочнева о деятельности платформы за последние три года.

В ходе собрания был утверждён новый состав органов управления (Наблюдательный совет, Правление, Научно-технический совет, Экспертный совет), а также приняты в состав участников 11 новых организаций, в том числе 5 научных организаций (РАН, вузы и национальный исследовательский центр). Общее количество участников технологической платформы «СВЧ технологии» превысило 60 организаций. Председателем Наблюдательного совета платформы избран Михаил Критенко, заместитель руководителя Департамента планирования и промышленной политики Госкорпорации «Ростех».

Как отметил генеральный директор ОАО «Росэлектроника» Андрей Зверев: «В современных условиях технологическая платформа «СВЧ технологии» должна сыграть важную роль в экспертизе и поддержке проектов импортозамещения, как гражданской продукции, так и продукции специального назначения. Примерами создания современной импортозамещающей СВЧ-техники являются: отечественные инспекционно-досмотровые комплексы, а также комплексные измерительные установки для непрерывного контроля количества и качества добываемой нефти и газа непосредственно на добычных скважинах».

ТП «СВЧ технологии» включена в Перечень технологических платформ, утверждённый решением Правительственной комиссии по высоким технологиям и инновациям 1 апреля 2011 года. Учредительное собрание ТП «СВЧ технологии» состоялось в августе 2011 года. Стратегическая программа исследований ТП «СВЧ технологии» была утверждена Наблюдательным советом в декабре 2012 года.

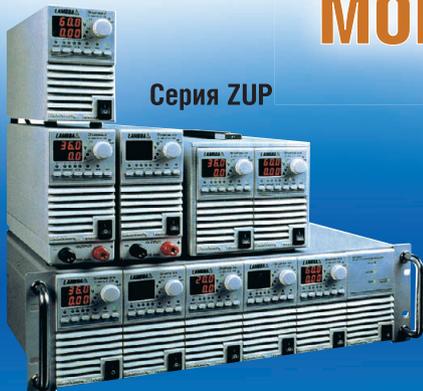
www.ruselectronics.ru

Создание токопроводящей ДНК – большой шаг к появлению молекулярной электроники

В области разработки молекулярной электроники, компоненты которой реализованы на уровне отдельных молекул, в последнее время достаточно часто происходят значимые события. Уже созданы молекулярные транзисторы, диоды и даже простейшие молекулярные вычислительные устройства. Но всё это так и продолжает оставаться лишь на уровне лабораторных разработок. Основной причиной тому является отсутствие надёжного связующего звена, способного объединять в единую электронную схему разнотипные молекулярные электронные компоненты.

Достаточно уверенный шаг в этом направлении удалось сделать группе исследователей из Еврейского университета в Иерусалиме. Этим учёным удалось создать токопроводящие молекулы ДНК и с высокой точностью измерить их электрические характеристики, что, без сомнений, можно считать одним из самых существенных

TDK-Lambda ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ
МОЩЬ И ИНТЕЛЛЕКТ



Серия ZUP

Применения ZUP и Genesys™

- Автоматическое испытательное оборудование
- Управление технологическими процессами
- Электротермотренировка полупроводниковых изделий
- Лазеры



Серия Genesys™

Серия ZUP (Zero-Up), Z+ (Z plus)

- Выходная мощность 200/400/800 Вт
- Встроенный интерфейс RS-232/485
- Универсальный вход 85–265 В переменного тока
- Выходные напряжения до 120 В, ток нагрузки до 132 А
- Программная калибровка
- Опциональные интерфейсы, LAN, GPIB и аналоговые сигналы с гальванической развязкой (для Z+)
- 16-разрядное разрешение и быстрый отклик на программируемые установки (для Z+)

Серия Genesys™

- Выходная мощность 750/1500/2400/3300/5000/10 000/15 000 Вт
- Встроенный интерфейс RS-232/485 (GPIB IEEE488/488.2 SCPI, LAN по заказу)
- Выходные напряжения до 600 В, ток нагрузки до 1000 А
- Конфигурирование посредством внешнего напряжения/тока и ПО
- Драйверы LabView и LabWindows
- Высота 1U, 2U и 3U

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ TDK-LAMBDA



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



Реклама

Новости мира News of the World Новости мира

достижений в области молекулярной электроники за последнее десятилетие.

В своих экспериментах, результаты которых были опубликованы в журнале Nature Nanotechnology, исследователи продемонстрировали: электрический ток может быть передан через достаточно длинные молекулы ДНК, и на основе таких молекул ДНК в будущем можно будет создавать весьма сложные электронные схемы, насчитывающие сотни и тысячи компонентов.

Не так давно учёные уже пытались использовать специально спроектированные молекулы ДНК в качестве монтажных плат или своего рода каркаса, на которых с высокой точностью можно было помещать молекулярные электронные компоненты, размеры которых составляли около 6 нм. К сожалению, большинство подобных экспериментов не увенчались успехом в силу самых различных причин, основной из которых было то, что исследователи пытались реализовать принципы самосборки таких схем, основанные на информации, закодированной в последовательности ДНК. А такой процесс далеко не всегда приводил к желаемому результа-

ту. Впрочем, даже в случае удачного завершения процесса самосборки молекулярной электронной схемы никто не мог достоверно измерить электрические параметры и размеры этой схемы, что делало невозможным подключение схемы к каким-либо внешним устройствам и даже к источнику энергии.

Единственным выходом из этой ситуации является использование длинных молекул ДНК, которые должны выполнять роль электрических проводников, через которые осуществляется обмен информацией и снабжение энергией электронной схемы. Однако и в этом случае учёные столкнулись с тем, что не смогли измерить силу тока, который способна пропустить через себя одна цепочка ДНК. Из-за разницы в условиях проведения экспериментов учёные всё время получали разные данные, которые зачастую противоречили друг другу.

В последних исследованиях израильским исследователям удалось с высокой точностью и достоверностью измерить уровень силы тока, который способна пропустить через себя молекула ДНК. Обычные молекулы могут пропускать порядка нескольких

десятков пикоампер (пА) электрического тока, а сила тока через специально спроектированные для этого молекулы может превышать значение в 100 пА. Кроме этого, длина проводников из специальных молекул ДНК может превышать 100 нм.

«Наши исследования открывают путь к реализации программируемых электронных схем на основе молекул ДНК. Из таких схем можно будет составлять сложные молекулярно-электронные устройства, компьютерные процессоры новых поколений, уровень сложности которых может превышать сложность современных кремниевых процессоров, но которые гораздо проще изготавливать и которые из-за этого могут быть более дешёвыми, — рассказывает Дэни Порэт (Danny Porath), профессор из Еврейского университета. — К сожалению, всё это произойдёт не скоро, ведь существует масса препятствий, связанных с технологиями изготовления абсолютно одинаковых молекул и упорядоченного размещения их на кремниевой или металлической подложке».

www.dailytechinfo.org
со ссылкой на spectrum.ieee.org

АО

LCD-панели AU Optronics

Высокое качество по лучшим ценам

Области применения:

- Промышленное оборудование
- Банкоматы и терминалы оплаты
- Торговые терминалы (POS)
- Мультимедиа-системы
- Промышленные компьютеры (IPC)
- Системы безопасности
- Игровые автоматы
- Медицинское оборудование
- Системы автоматизации производственных процессов
- Информационные панели (PID)



PROCHIP
POWERED BY PROSOFT

Активный компонент вашего бизнеса

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



Реклама

Магнитотерапевтическая установка с двумя индукторами

Сергей Шишкин (г. Саров)

Магнитотерапевтические установки широко используются в медицинской практике. Имеющиеся на рынке модели конструктивно состоят из блока управления и индуктора. В статье приведено описание новой модели с двумя индукторами – её конструкция, схемотехника и алгоритмы работы.

Магнитотерапия достаточно давно и успешно используется в лечебной практике. Современные физиотерапевтические аппараты создают либо низкочастотное переменное магнитное поле, либо вращающееся, либо бегущее магнитные поля. В последние годы усиливается интерес врачей-физиотерапевтов к общей магнитотерапии (ОМТ), которая занимает всё более значимое место среди физических методов лечения. ОМТ-воздействие магнитным полем порядка 1–3,5 мТл на всё тело человека или большую его часть производится путём размещения пациента внутри индуктора большого диаметра. Такое воздействие позволяет одновременно влиять на основные системы организма, на различные виды обменных и окислительно-восстановительных процессов. Лечебный эффект ОМТ

связывают с развитием ответных реакций организма на действие магнитного поля как в виде физико-химических изменений в механизмах первичного гомеостаза, так и путём неспецифических адаптационных реакций систем общего реагирования (иммунной, нервной, гуморальной), которые влияют на реактивность организма, его резистентность, активируют компенсаторно-приспособительные механизмы.

Имеющиеся на рынке магнитотерапевтические установки с мощностью потребления до 150 Вт (например, УМТИ-3Ф производства завода «Авангард», г. Саров) конструктивно состоят из блока управления и индуктора. Стоимость такой установки составляет порядка 100 000 руб. Представленная в данной статье магнитотерапевтическая установка, состоящая из блока управления

и двух индукторов, будет стоить меньше, чем две установки типа УМТИ-3Ф.

Конструктивно установка состоит из двух индукторов, подключаемых к блоку управления. Её основные технические характеристики представлены в таблице.

Цифровая часть установки (см. рис. 1) состоит из следующих функциональных узлов:

- платы клавиатуры А1;
- платы контроллера №2 А2;
- платы контроллера №1 А3;
- платы питания А4.

Плата контроллера №1 идентична плате контроллера №2 по схемотехнике, программному обеспечению и алгоритму работы.

Силовая часть установки (см. рис. 2) состоит из силовой части индуктора № 1, силовой части индуктора № 2, а также следующих элементов:

- понижающего трансформатора Т1;
- предохранителей FU1, FU2;
- конденсаторов С2–С4;
- сетевого выключателя SA1;
- варистора FA1.

Интерфейс блока управления показан на рисунке 3. В установке можно выделить два независимых канала: канал управления индуктором № 1, который включает в себя плату контроллера № 1 и силовую часть индуктора № 1, и канал управления индуктором № 2, включающий, соответственно, плату контроллера № 2 и силовую часть индуктора № 2. Алгоритмы работы каналов одинаковы.

Галетный переключатель SA1 платы клавиатуры имеет два положения: «1» и «2». Когда переключатель установлен в положение «1», клавиатура (кнопки S1–S4) подключена к плате контроллера № 1 и, соответственно, позволяет задавать параметры для канала № 1. При установке переключателя SA1 в положение «2» задаются параметры для канала № 2. Соединитель X2 силовой части подключается к соединителю X3 платы питания цифровой части. Соединители X3 и X5 силовой части индуктора № 1 подключаются соответственно к соединителям X1 и X2 платы контроллера № 1, а соединители X6 и X8 силовой части индуктора № 2 – к соединителям X1 и X2 платы контроллера № 2.

Технические характеристики магнитотерапевтической установки с двумя индукторами

Параметры	Значения
Количество подключаемых индукторов, шт.	2
Сетевое напряжение питания, В (50 Гц)	220 ± 20%
Потребляемая мощность, В·А	Не более 300
Количество соленоидов в индукторе, шт.	3
Диаметр соленоида, мм	Не более 800
Максимальная индукция (B_{\max}), мТл:	
– в центре соленоида	4 ± 0,7
– вблизи соленоида	26 ± 6
Масса индуктора, кг	Не более 11
Рекомендуемое расстояние между индукторами, м	2
Диапазон регулировки индукции в центре соленоида	$B_{\max} / 8 \dots B_{\max}$
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 сеанса, мин	1
Вид поля при компоновке соленоидов:	
– цилиндр	Бегущее поле
– призма	Вращающееся поле
Время непрерывной работы, ч	Не ограничено
Габаритные размеры блока управления, мм	360 × 70 × 200
Масса блока управления, кг	Не более 14
Условия эксплуатации:	
– температура окружающей среды, °С	+15...+35
– давление, мм рт. ст.	645...795
– влажность, %	45...75

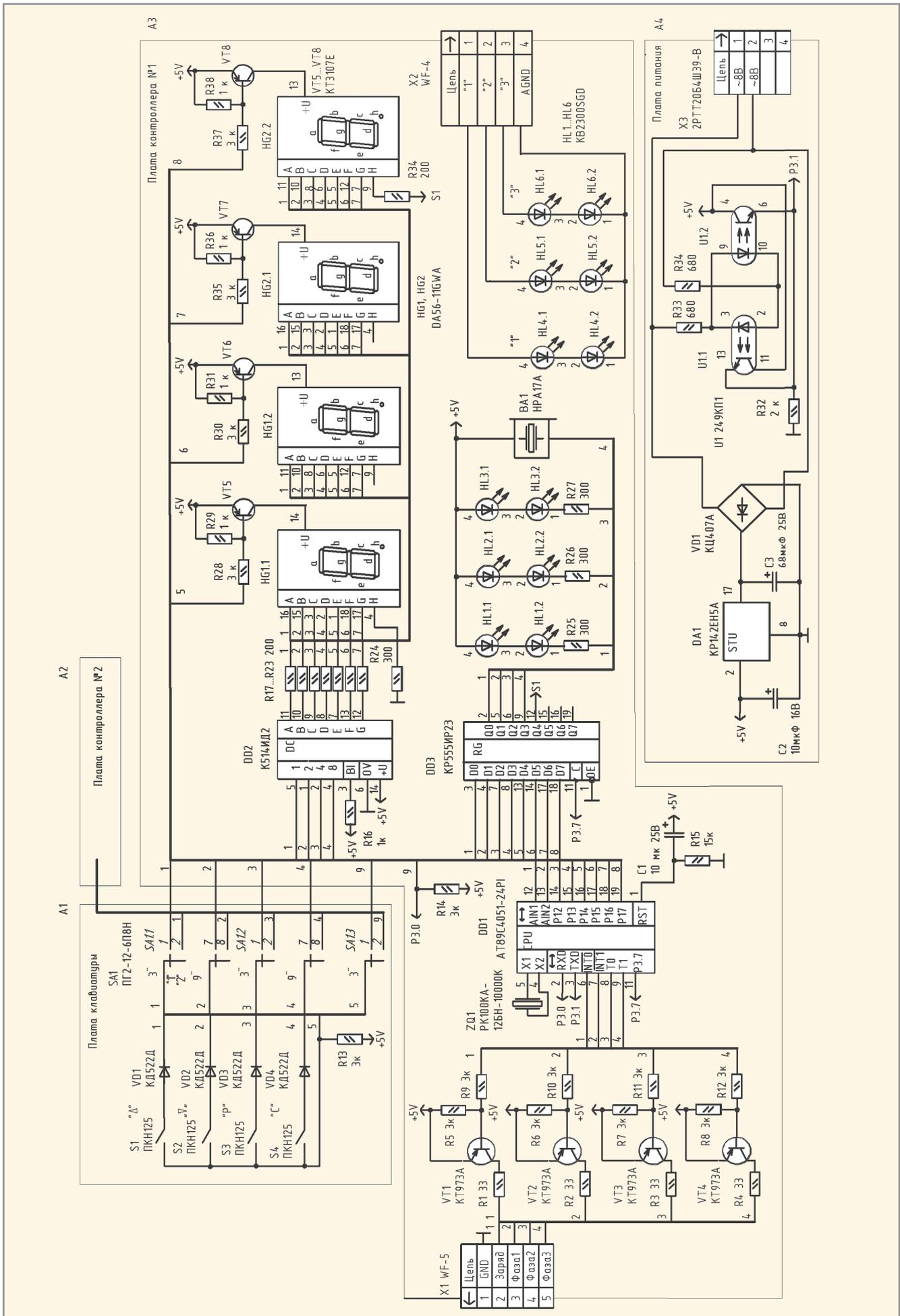


Рис.1. Принципиальная схема цифровой части блока управления

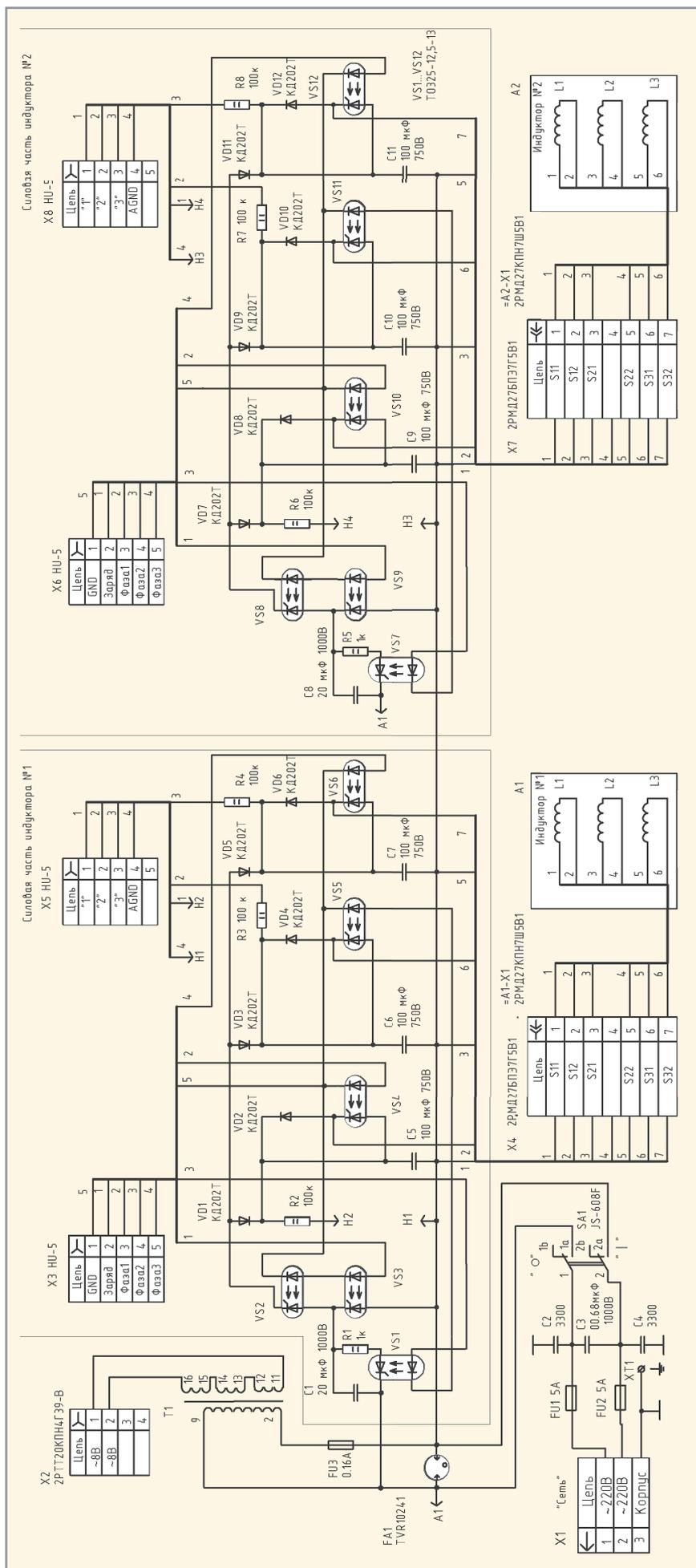


Рис. 2. Принципиальная схема силовой части блока управления с подключёнными индукторами

ПРИНЦИП РАБОТЫ КАНАЛОВ

Рассмотрим общий принцип работы каналов на примере канала № 1 (газетный переключатель установлен в положение «1»). Микроконтроллер DD1 платы контроллера (см. рис. 1) осуществляет регулируемый заряд трёх накопительных конденсаторов C5–C7 (см. рис. 2), затем микроконтроллер с выводов 7, 8, 9 выдаёт три задержанных относительно друг друга импульса, управляющих оптоотиристорами VS4–VS6. Через данные оптоотиристоры осуществляется разряд указанных накопительных конденсаторов на три соленоида (L1, L2, L3) индуктора №1. Разряд в каждом контуре носит характер свободно затухающих синусоидальных токов, фазы которых смещены на 120 электрических градусов.

Интерфейс управления канала № 1 (см. рис. 3) включает в себя блок индикации (дисплей), состоящий из двух двухразрядных цифровых семисегментных индикаторов HG1 и HG2, клавиатуру (кнопки S1–S4) и индикаторы HL1–HL6.

Кнопки клавиатуры имеют следующие назначения:

- S1 (▲) – увеличение значения магнитной индукции и длительности сеанса (в минутах); удержание кнопки в нажатом состоянии более трёх секунд в режиме регулировки длительности сеанса приводит к увеличению времени на три единицы каждые 0,2 с;
- S2 (▼) – уменьшение значения магнитной индукции и длительности сеанса (в минутах); удержание кнопки в нажатом состоянии более трёх секунд в режиме регулировки длительности сеанса приводит к уменьшению времени на три единицы каждые 0,2 с;
- S3 (P) – выбор задаваемого параметра: индукции или длительности сеанса; в режиме изменения индукции включается индикатор HL1, в режиме изменения длительности сеанса – индикатор HL2;
- S4 (C) – запуск или остановка процедуры («Старт/стоп»).

Разряды индикации интерфейса (см. рис. 3) имеют следующие назначения:

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

Сразу после подачи питания на индикаторах высвечиваются нулевые значения индукции и длительности сеанса. Индикатор HL1 включён, HL2 – выключен. Кнопками S1 и S2 (▲, ▼) устанавливаются необходимые значения индукции и длительности сеанса. Для запуска необходимо нажать кнопку S4 (C), установка переходит в рабочий режим. Осуществляется заряд и разряд накопительных конденсаторов, идёт обратный отсчёт заданного времени, что отражается на индикаторе HG2. Для контроля времени процедуры (или сеанса) на плате контроллера организован таймер с обратным отсчётом времени.

Функциональные узлы цифровой части (контроллер № 1)

Плата контроллера № 1 выполнена на микроконтроллере DD1, резонатором ZQ1 задаётся тактовая частота 10 МГц. Микроконтроллер управляет работой всего канала. Резисторы R25–R27 являются токоограничителями для световых полос индикаторов HL1–HL3. Узел динамической индикации собран на микросхеме DD2, транзисторах VT5–VT8, сдвоенных цифровых семисегментных индикаторах HG1 и HG2.

Регистр DD3 служит для увеличения количества линий вывода микроконтроллера и управляет внутренними исполнительными устройствами: звуковой сигнализацией (пьезоэлектрическим излучателем BA1), индикаторами режима (световыми полосами индикаторов HL1 и HL2) и световой полосой HL3. Сигнал с выхода 12 регистра DD2 через резистор R34 включает точку h на индикаторе HG2.2.

Микроконтроллер DD1 управляет оптодиодами силовой части через транзисторы VT1–VT4.

На плате питания расположены источник питания (стабилизатор напряжения) +5 В и датчик сети, выполненный на сдвоенном оптроне U1. Он отслеживает моменты перехода сетевого напряжения через ноль. Выходное напряжение датчика с резистора R32 поступает на вывод 3 микроконтроллера DD1. Выходное напряжение +5 В и выходной сигнал с датчика сети поступают на обе платы контроллеров. Потребление тока по каналу напряжения +5 В – не более 1 А.

Функциональные узлы силовой части (индуктор №1)

Схема заряда конденсаторов C5–C7 построена на основе схемы выпрями-

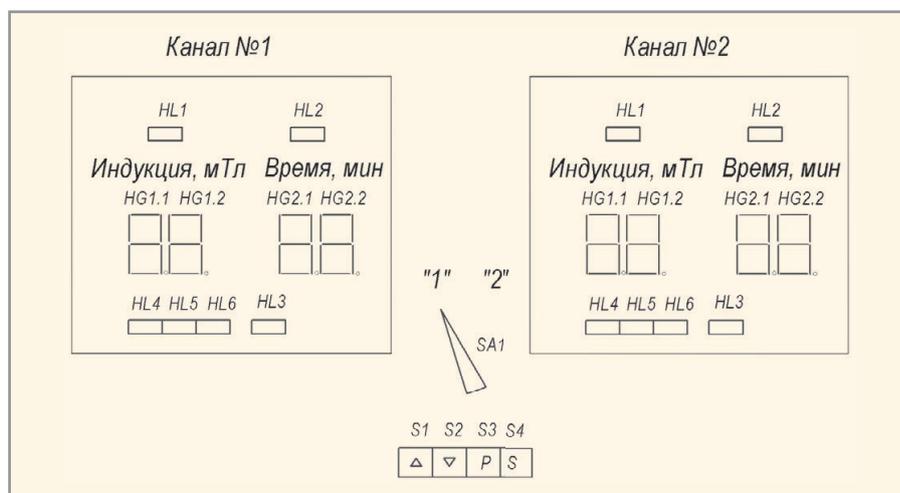


Рис. 3. Интерфейс блока управления

теля с удвоением напряжения и включает в себя конденсатор C1, зарядные оптодиоды VS2, VS3 и диоды развязки VD1, VD3 и VD5. Регулировка уровня напряжения на конденсаторах C5–C7 осуществляется путём изменения длительности их заряда – за счёт изменения длительности включения оптодиодов VS2 и VS3. От уровня напряжения зависит величина индукции магнитного поля в индукторе № 1 при разряде накопительных конденсаторов через соленоиды L1, L2 и L3. Ёмкость конденсаторов C5–C7, диаметр колец, сопротивление и индуктивность соленоидов L1, L2 и L3 рассчитаны таким образом, что при изменении напряжения на накопительных конденсаторах от 65 до 500 В индукция в центре соленоида меняется от 0,5 до 4 мТл. Световые полосы индикаторов HL4–HL6 цифровой части блока управления служат для визуального контроля процессов заряда и разряда накопительных конденсаторов.

Конденсаторы C2–C4 силовой части служат для снижения уровня помех, создаваемых установкой в рабочем цикле. Кроме того, чтобы снизить уровень помех, каждый рабочий цикл начинается в момент перехода сетевого напряжения через ноль. Для защиты силовой части от перенапряжения используется варистор FA1.

Алгоритм работы установки в рабочем цикле

Временные диаграммы, поясняющие алгоритм работы установки в рабочем цикле, приведены на рисунке 4.

Как упоминалось выше, после подачи питания необходимо с клавиатуры блока управления задать необходимые параметры работы канала – величину индукции и время процедуры.

Данные параметры постоянно отражаются на дисплее (на индикаторах HG1 и HG2). При инициализации установки на всех выводах порта P3 микроконтроллера DD1 устанавливается уровень логической «1». Установка переходит в рабочий цикл сразу после нажатия на кнопку «Старт/стоп» (S4), при этом включается световая полоса HL3. Микроконтроллер DD1 начинает опрашивать вывод 3 (P3.1) и при наличии на выводе логического «0» (который соответствует моменту прохождения сетевого напряжения через ноль) устанавливает логический «0» на выводе 6 (см. рис. 4а). При этом открывается транзистор VT1 и включаются оптодиоды VS2 и VS3. Начинается заряд накопительных конденсаторов C5–C7.

Заряд накопительных конденсаторов может продолжаться от 50 до 400 мс в зависимости от того, какая величина магнитной индукции установлена на дисплее блока управления. Через указанное время микроконтроллер устанавливает логическую «1» на выводе 6, тем самым закрывая транзистор VT1 и выключая оптодиоды VS2 и VS3. Через 900 мс микроконтроллер устанавливает логический «0» на выводе 7 (см. рис. 4б). При этом открывается транзистор VT2 и включается оптодиод VS4 первого разрядного контура. Начинается колебательный процесс разряда конденсатора C5 через соленоид L1 индуктора. Разряд носит характер свободно затухающих синусоидальных токов.

Через 3,3 мс с момента установки логического «0» на выводе 7 микроконтроллера устанавливается логический «0» на выводе 8 (см. рис. 4в), а ещё через 3,3 мс – логический «0» на выводе 9 (см. рис. 4г). При этом через открытые транзисторы VT3 и VT4 включаются, соответствен-

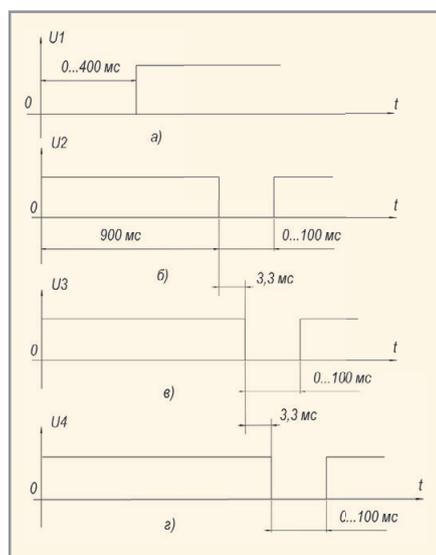


Рис. 4. Временные диаграммы, поясняющие алгоритм работы установки

но, оптотиристоры VS5 и VS6 второго и третьего разрядных контуров. Конденсаторы C6 и C7 разряжаются через соленоиды L2 и L3 индуктора № 2.

Через 100 мс с момента включения оптотиристора VS6 микроконтроллер устанавливает на выводах 7, 8 и 9 логическую «1». Оптотиристоры VS4–VS6 закрываются. За это время колебательные процессы в контурах заканчиваются – рабочий цикл завершён.

Следующий рабочий цикл начнётся в момент прохождения сетевого напряжения через ноль. Такие циклы заряда и разряда накопительных конденсаторов продолжают снова и снова, пока не заканчивается время сеанса (процедуры). Во время рабочего цикла точка h индикатора HG2.2 мигает с частотой 1 Гц. По окончании заданного времени процедуры на десять секунд включается звуковая сигнализация BA1, световая полоса HL3 периодически мигает с частотой 1 Гц. По истечении десяти секунд световая полоса HL3 выключается, точка h индикатора HG2.2 гаснет. Чтобы начать новую процедуру с теми же параметрами, достаточно нажать на кнопку S4 («Старт/стоп»). Для остановки процедуры нужно нажать на ту же кнопку, световая полоса HL3 погаснет. Цифровая часть схемы гальванически развязана от силовой части.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

Программное обеспечение микроконтроллера DD1 обеспечивает управление временем заряда накопительных конденсаторов и работу таймера с обратным отсчётом и динамической индикацией заданных параметров. Тай-

мер TF0 микроконтроллера формирует запрос на прерывание через каждые 310 мкс. Этот таймер играет роль базового счётчика времени, который формирует временные интервалы, необходимые для отображения разрядов в системе динамической индикации установки и задания временных интервалов работы схемы в рабочем цикле.

Сразу после подачи питания на выводе 1 микроконтроллера DD1 через RC-цепь (резистор R15, конденсатор C1 – см. рис. 1) формируется сигнал системного аппаратного сброса микроконтроллера DD1. Далее инициализируется программа, в которой задаются параметры динамической индикации и счётчиков для временных интервалов 3,3, 100 и 900 мс. Затем запускается таймер TF0 и разрешается работа устройства по описанному выше алгоритму. Для работы динамической индикации в ОЗУ микроконтроллера DD1 организован буфер отображения.

В подпрограмме обработки прерывания таймера TF0 задан опрос микроконтроллером состояния вывода 3 (P3.1) через каждые 310 мкс. В ячейке Z25MS организован счётчик, реализующий задержку 25 мс. В ячейке ZADER реализован счётчик, реализующий задержку от 50 до 400 мс с шагом 50 мс. Задержка определяется индукцией, задаваемой на дисплее интерфейса. В ячейке Z3MS организован счётчик, реализующий задержку 3,3 мс. В ячейке Z01S – счётчик, реализующий задержку 100 мс. В ячейке Z09S – счётчик, реализующий задержку 900 мс. Байты, которые микроконтроллер периодически записывает в порт P1 для индикаторов HG1 и HG2 и в регистр DD3, условно назовём байтом динамической индикации и байтом световой сигнализации соответственно. Младшая тетрада байта динамической индикации поступает на вход дешифратора DD2 и определяет значение разряда. Биты старшей тетрады через транзисторы VT5–VT8 управляют индикаторами HG1 и HG2 в процессе динамической индикации. Младшая тетрада байта динамической индикации представляет собой двоично-кодированное десятичное число и через дешифратор DD3 управляет сегментами индикаторов HG1 и HG2.

Как отмечалось выше, каждый новый рабочий цикл начинается в момент прохождения сетевого напряжения через ноль. После установки параметров и нажатия кнопки S4 («Старт/стоп») устанавливается бит, разрешающий работу программы управления заря-

дом. При наличии логического «0» на выводе 3 (P3.1) микроконтроллер устанавливает логический «0» на выводе 6, тем самым открывая через транзистор VT1 оптотиристоры VS2 и VS3. Значение индукции в индукторе при разряде накопительных конденсаторов зависит от величины напряжения заряженных накопительных конденсаторов или от длительности временного интервала, в течение которого оптотиристоры VS2 и VS3 открыты. Длительность данного интервала привязана к значению индукции, отражаемому на дисплее интерфейса. Магнитная индукция может принимать восемь значений – от 0 до 4 мТл с шагом 0,5 мТл. Соответственно, длительность интервала должна составлять от 50 до 400 мс с шагом 50 мс. Как уже было сказано, подобную задержку реализует счётчик, организованный в ячейке ZADER. По окончании этого интервала микроконтроллер устанавливает логическую «1» на выводе 6, тем самым закрывая транзистор VT1 и оптотиристоры VS8 и VS9. Заряд накопительных конденсаторов заканчивается.

В памяти данных микроконтроллера в адресах с 22H по 25H организован буфер отображения для динамической индикации. Младшая тетрада каждого байта в буфере отображения представляет собой двоично-кодированное десятичное число, которое определяет значение разряда, а старшая тетрада определяет номер разряда в динамической индикации. Таким образом, в каждом байте буфера определено значение числа и его место при выводе на индикатор. Каждый байт из функциональной группы в цикле в подпрограмме обработки прерывания таймера TF0 выводится в порт P1 микроконтроллера DD1. Старшая тетрада байта индикации представляет собой код «бегущий ноль». Таким образом, записывая в цикле поочередно байты из функциональной группы буфера в порт P1, получаем режим динамической индикации. В подпрограмме обработки прерывания таймера TF0 вначале происходит опрос датчика сети, затем реализуются задержки, происходит опрос клавиатуры и лишь потом выводится в регистр DD3 байт световой индикации, а в порт P1 – байт динамической индикации. То есть на выводах порта P1 почти всегда присутствует байт динамической индикации. В регистр R0 записывается адрес ячейки из буфера отображения. При каждом обращении к подпрограмме обработки прерывания таймера R0 инкрементируется.

В основной программе происходит отсчёт одной минуты (счётчик организован на регистре R5), декремент текущего времени и установка времени процедуры. Как только заданное время процедуры заканчивается, на 10 с включается звуковая сигнализация BA1. По истечении 10 с микроконтроллер DD1 устанавливает на всех выводах порта P3 уровень логической «1». Программа, разработанная на Ассемблере, занимает всего порядка 0,82 кбайт памяти программ микроконтроллера.

Компоненты и конструкция

В цифровой части применены резисторы R1–R38 типа C2-33H-0.125, подойдут и любые другие резисторы с такой же мощностью рассеивания и допуском 5%. Используются конденсаторы C1–C3 типа K50-35.

В силовой части применены:

- резисторы R1–81 типа C2-33H-2,
- конденсаторы C2 и C4 типа K15-5 (3 кВ),
- конденсатор C3 типа K73-11,
- конденсаторы C1, C5–C11 типа K75-406,
- трансформатор T1 типа ТПП254-220-50.

Номинальный ток предохранителей FU1 и FU2 – 10 А, тип – ВПБ6-13

(10 А/250 В). Номинальный ток предохранителя FU3 – 0,16 А, тип ВПТБ-2.

Индуктор представляет собой три кольца-соленоида диаметром 800 мм. При помощи крепёжных приспособлений кольца могут компоноваться либо в призму для создания вращающегося электромагнитного поля, либо в цилиндр для создания линейно перемещающегося в пространстве поля. Соленоид содержит 100 витков провода ПЭВ-2 1,06 мм (ГОСТ 7262-78). Кольцо обмотано лентой из синтепона и вложено в две оболочки (верхнюю и нижнюю) из полистирола УПС-0803Э (ГОСТ 28250-90). Соединитель индуктора подключён к соленоидам через кабель ПВС 2 × 1,0. Кабель заходит в кольцо соленоида через кабельный ввод MGB-P-8G. Внешний вид индуктора с кольцами, скомпонованными в цилиндр, показан на рисунке 5.

Подключать индукторы к блоку управления можно только при выключенном сетевом питании. В установке имеется опасное для жизни напряжение до 1000 В, поэтому при снятии верхней крышки во время проверки необходимо соблюдать меры безопасности. Вели-



Рис. 5. Внешний вид индуктора

чину магнитной индукции поля можно контролировать с помощью универсального миллесламетра ТП2-2У.

ЛИТЕРАТУРА

1. Масалов Ю.А., Свириденко С.А., Свириденко А.С. Патент РФ № 2088278.



Honeywell

EPCOS

SICK

VISHAY

BOURNS
Reliable Electronic Solutions

IQR

TE
Authorized Distributor

Panasonic

FLUKE

JAMICON

MASTECH

MITSUBISHI ELECTRIC

UNI-T

muRata
Innovator in Electronics

SOLOMON

Беспроводные МОДУЛИ

HOPERF
ELECTRONIC

- Приемники, передатчики, модемы
- Частоты 433 МГц, 868 МГц, 2.4 ГГц
- Тип модуляции FSK/GFSK/MSK/GMSK/LoRa/TM OOK
- Программируемые параметры передачи данных с возможностью их динамической установки
- Минимальные размеры модулей, от 16x16 мм

ПЛАТАН

www.platan.ru

Офисы в Москве: м. Молодежная, ул.Ивана Франко, 40, стр. 2, (495) 97 000 99, platan@aha.ru;
 м. Электровзаводская, ул. Б. Семеновская, 40, стр. 26, БЦ Агат, (495) 744 70 70, platan@platan.ru
 Офис в Санкт-Петербурге: ул. Зверинская, 44, (812) 232 88 36, baltika@platan.spb.ru

Реклама

Новости мира News of the World Новости мира

Недорогой полнофункциональный портативный анализатор спектра от Tektronix

На пресс-конференции, прошедшей 14 октября 2014 года в московском офисе компании Tektronix, был представлен новый прибор – RSA306 – недорогой анализатор спектра нового класса, оснащённый интерфейсом USB.

RSA306 устанавливает новый порог отношения цена/производительность для анализаторов спектра и обладает широким диапазоном частот от 9 кГц до 6,2 ГГц, полосой анализа реального времени 40 МГц и массой всего 0,5 кг. В совокупности с ПО SignalVu-PC он предоставляет расширенные функции анализа для таких задач, как малобюджетные исследования, развёртывание сетей мобильной связи, обнаружение помех или лабораторные работы в вузах.

Обычно анализаторы спектра являются дорогими приборами, и зачастую во многих лабораториях, монтажных организациях и вузах ощущается их недо-

статок. RSA306 ставит мощь анализаторов спектра реального времени Tektronix в пределы досягаемости для всех групп технических специалистов. Кроме того, компания Tektronix бесплатно прилагает к анализатору программное обеспечение SignalVu-PC, открывая доступ к мощным средствам анализа сигналов.

RSA306 является первым анализатором спектра компании Tektronix с высокоскоростным интерфейсом USB 3.0, и вскоре будет дополнен другими приборами, выгодно использующими преимущества недорогих настольных и портативных компьютеров, вычислительной мощности которых теперь вполне хватает для выполнения сложного анализа и измерений. Начальная цена анализатора RSA306 в несколько раз меньше цены обычных анализаторов спектра, хотя по чувствительности, точности и динамическому диапазону он вполне с ними сравним, и даже превосходит некоторые модели.

Скорость обработки в режиме реального времени этого анализатора более чем в 1000 раз превышает скорость анализаторов спектра других известных производителей. Он



адаптирован к работе с SignalVu-PC – самым полным программным пакетом для анализа сигналов, который включает в себя уже седьмое поколение функций анализа реального времени. Открытый интерфейс прикладного программирования (API) позволяет клиентам использовать собственные интерфейсы на основе Windows, такие как Matlab или Python, для обработки поступающих из прибора исходных данных.

RSA306 предназначен для измерения РЧ сигналов в различных областях:

1. Малобюджетные исследования и проектирование. Сегодня всё больше и больше устройств содержат радиочастотные интерфейсы, например, недорогие модули Wi-Fi, что существенно повышает потребность в анализе спектра. Теперь

RFHIC
www.rfhic.com

СВЧ-усилители на основе GaN компании RFHIC – новые возможности для разных применений

Компания RFHIC предоставляет самые эффективные решения на основе твердотельных усилителей мощности для метеорологических, морских и воздушных РЛС

RFHIC – оптимальный выбор по цене и качеству



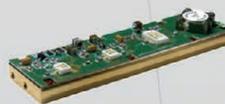
• Усилитель высокой мощности на основе GaN

1–2 кВт



• SMD/SMT GaN-усилитель для ФАР

2,7...2,9 Гц 9,2...9,5 Гц
50 Вт 25 Вт



• Палетный усилитель мощности

2,7...2,9 Гц 5,6...5,7 Гц 9,2...9,5 Гц
200–400 Вт 200 Вт 50–100 Вт



• GaN-модуль

9,3...9,5 Гц
200 Вт

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ RFHIC

ProCHIP
POWERED BY PROSOFT

Активный компонент вашего бизнеса

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



Реклама

Новости мира News of the World Новости мира

лаборатории, работающие с беспроводными устройствами, могут предоставить каждому разработчику средства анализа РЧ-сигналов, необходимые им в работе.

2. Развёртывание и техническое обслуживание сетей мобильной радиосвязи. Для измерений в полевых условиях RSA306 предлагает удобство, аналитические функции и дружелюбный интерфейс, которые существенно ускоряют обслуживание сетей. Полнофункциональный анализатор спектра оказывается значительно гибче специализированного тестера.
3. Обнаружение помех. Благодаря небольшим размерам и малому весу, RSA306 можно легко носить в рюкзаке. При этом он обладает достаточной чувствительностью для быстрого обнаружения сигналов длительностью от 100 мкс. Это очень важно для органов, осуществляющих контроль частотного ресурса, которым нужен анализатор спектра общего назначения для обнаружения помех в полевых условиях.
4. Учебные лаборатории. Учебные заведения при достаточно скромном бюджете могут

помочь студентам в изучении ВЧ- и СВЧ-устройств, позволяя им получить практические навыки работы с такими анализаторами спектра, которые будут стоять на их будущем рабочем месте. Векторный анализ, графики изменения частоты и фазы и другие инструменты облегчают освоение концепций, выходящих за пределы базовых амплитудно-частотных характеристик.

<http://ru.tek.com>

Samsung временно покинул рынок OLED-телевизоров

Компания Samsung официально подтвердила слухи о том, что в её планы на 2015 год не входит выпуск OLED-телевизоров. Причина, как всегда, кроется в финансах – удешевить OLED-телевизоры пока не удаётся, и аналитики прогнозируют практически нулевой спрос на них. Поэтому Samsung не станет выпускать OLED-TV ни в этом году, ни в следующем, что даст ей возможность сосредоточиться на Ultra HD-моделях и найти способы снизить их себестоимость.

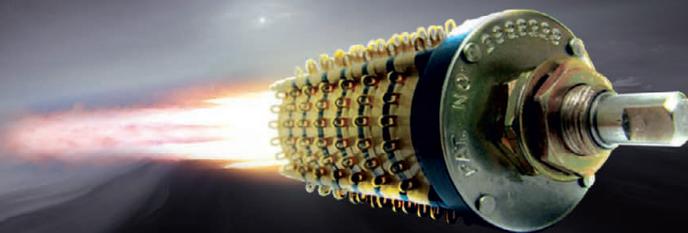
Впрочем, Samsung, как и LG, займётся развитием технологии так называемых кван-

товых точек, которая может стать основой телевизоров нового поколения и полностью заменить OLED. По мнению ряда экспертов, Samsung может выпустить соответствующие ТВ уже в 2015 году. Если же корейские компании решат не отказываться от OLED и продолжат искать способы удешевления производства соответствующих телевизоров, то их массовое появление в продаже может состояться в ближайшие три-четыре года.

Необходимо заметить, что LG по-прежнему верит в OLED, анонсируя одну модель за другой. Представители этой компании уверены, что именно OLED вытеснит ЖК с рынка, как когда-то ЖК-панели вытеснили плазму. Квантовые точки для LG пока являются запасным вариантом. Напомним: преимуществом OLED-матрицы перед LCD является в несколько раз более высокое качество картинки одновременно с более широкими углами обзора и минимальным уровнем потребления энергии. Дисплеи такого типа часто встречаются в мобильной электронике, в том числе и в смартфонах – Samsung, к примеру, оснащает свои мобильники дисплеями Super AMOLED.

<http://mbdevice.ru>

Grayhill
INC.



Грандиозная надежность.
Любая задача выполнима!

Компоненты для гражданского и специального применения



Поворотные переключатели • Промышленные клавиатуры • Механические и оптические энкодеры • Джойстики • Кнопочные переключатели

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ GRAYHILL

ProCHIP
POWERED BY PROSOFT

Активный компонент вашего бизнеса

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



РЕКЛАМА

Автоматизация измерений: упрощение процесса

Кэйс Дрейтлейн, Keysight Technologies

В статье представлен обзор интерактивных программ-помощников, призванных сократить циклы отладки путём упрощения разработки тестов для измерительных систем.

Год от года инженерам приходится автоматизировать всё более сложные измерения, причём во всё более сжатые сроки и с применением всё более сложных контрольно-измерительных приборов. В результате в промышленных измерениях всё чаще стали использоваться интеллектуальные интерактивные программы-помощники, облегчающие процесс разработки программного обеспечения для измерительных систем. Эти программы позволяют:

- быстро находить нужные управляющие команды, не прибегая к справочной документации;
- интерактивно создавать и тестировать фрагменты кода, сокращая или полностью устраняя длительные циклы отладки;
- ускорять написание кода за счёт переноса команд в целевую среду проектирования.

Прежде чем узнать, каким образом интерактивные программы-помощники упрощают разработку тестов, будет полезно совершить небольшой экскурс в историю управления приборами.

Традиционный подход к управлению приборами

В 1970-х годах способ взаимодействия измерительных приборов с компьютерами стандартизовала интерфейсная шина общего назначения (GPIB). При этом она не предъявляла никаких требований к языку управления. Отчасти ситуация была исправлена в 1987 году с выпуском спецификации IEEE 488.2. Тем не менее большинство наборов команд измерительных приборов по-прежнему определялось их производителями.

Функции кнопок передней панели первых приборов соответствовали простым кодам, которые часто называли командами R2-D2, поскольку для их записи использовались двухсимвольные обозначения. Программная команда для той или иной функ-

ции прибора часто печаталась рядом с соответствующей кнопкой на его передней панели.

По мере усложнения приборов появилась более детальная мнемоника, позволяющая понять смысл команды по её названию. В 1990 году, пытаясь стандартизировать структуру наименований управляющих команд, компания Hewlett-Packard представила язык для контрольно-измерительных систем, сокращённо – TMSL (Test and Measurement System Language). Позже этот язык был принят всей отраслью в качестве Стандартного набора команд для программирования приборов – SCPI (Standard Commands for Programmable Instrumentation).

Сегодня некоторые приборы могут использовать сотни команд SCPI. Именно это и ставит инженеров в трудное положение: пытаясь отыскать нужную команду для нужной операции, специалисты вынуждены тратить немало драгоценного времени. Часто для решения этой проблемы предлагают использовать специальные драйверы, но и они решают проблему не полностью. Добавьте к этому ещё сложность настройки и подключения прибора, а также многочисленные среды разработки, и, казалось бы, простая задача автоматизации измерений усложняется до предела.

Интерактивные программы-помощники

Для упрощения процесса обучения технологии автоматизации приборов, производители предлагают использовать специальные программные инструменты, помогающие быстро приступить к работе.

На самом простом уровне программы-помощники предлагают средства сканирования шины прибора и уже содержат в себе подпрограммы, демонстрирующие базовую работу прибора с помощью команд SCPI или через

инструментальные драйверы. Примеры таких программ-помощников можно найти в интегрированной среде VEE Pro компании Keysight или в LabVIEW компании National Instruments.

Расширенные программы-помощники, в свою очередь, облегчают разработку реальных процедур управления. Например, набор средств управления контрольно-измерительными приборами пакета MATLAB (через команду Tmtool) позволяет подключиться к прибору через его интерфейс и генерировать сценарий MATLAB в процессе отправки команд SCPI и получения ответов на них (см. рис. 1).

Кроме того, средства управления контрольно-измерительными приборами могут обращаться к установленным в системе драйверам IVI-C и IVI-COM. После их установки появляется возможность просматривать список доступных команд драйвера, интерактивно выполнять их и вводить в журнал соответствующих запросов MATLAB для использования в собственном коде. Справочную информацию по драйверу можно получить простым нажатием кнопки.

В качестве другого примера можно привести программное обеспечение Command Expert компании Keysight Technologies, объединяющее управляющие команды и документацию в «Набор команд», который используется в интерактивной среде для построения управляющих последовательностей. Эти последовательности можно использовать для создания исходного кода на языках C/C#/VB или вызывать их непосредственно из других интегрированных сред, таких как VEE Pro, LabVIEW, Excel, Python или MATLAB.

Связывая документацию с командами прибора, ПО Command Expert позволяет выполнять проблемно-ориентированные запросы, помогающие найти нужные команды SCPI или обращаться к драйверу IVI-COM, не обладая специальными знаниями команд или структуры драйвера.

COMMAND EXPERT В ДЕЙСТВИИ

Рассмотрим работу ПО Command Expert на примере анализатора спектра

Keysight N9020A. При первом запуске Command Expert появляется экран приветствия, который с помощью нескольких простых подсказок поможет подключиться к новому прибору.

Далее необходимо кликнуть на ссылку «Create an Instrument» (Создать прибор) в панели быстрого запуска – откроется мастер и просканирует доступные интерфейсы прибора. После этого появится список доступных команд, который показан на рисунке 2. Более сложные приборы могут иметь несколько наборов команд, что зависит от приложения, которое требуется запустить на данном приборе. В нашем же случае выбираем базовый набор команд анализатора спектра.

Последний шаг установки предлагает дать прибору уникальное имя, что весьма кстати при использовании Command Expert для работы с несколькими приборами.

После загрузки набора команд инженер может подключить прибор, выбрав его из списка «My Instruments» (Мои приборы) и кликнув на кнопку Connect (Подключить). Если прибор недоступен, но при этом есть необходимость работы в программе, можно воспользоваться опцией имитации. После подключения к прибору откроется окно с доступными для него командами SCPI.

На этом этапе можно просмотреть дерево команд и найти нужные, однако лучше просмотреть встроенную документацию, что существенно ускорит процесс. После ввода в расположенное над деревом команд поле поиска текста «Center Frequency» (Центральная частота) и нажатия кнопки «Enter» (Ввод), на экране появится список команд, в описании которых упоминается центральная частота. В окне справа приводится документация, описывающая действия, выполняемые выбранной командой (см. рис. 3).

Над описанием расположена интерактивная панель исполнения, которая позволяет подать прибору тестовую команду. Для этого нужно ввести частоту 1.0e9 и щёлкнуть кнопку «Perform» (Выполнить) – команда отправлена в прибор. Одновременно эта команда будет занесена и в панель сценария, располагающуюся в нижней части экрана.

После выбора всех необходимых команд можно воспроизвести их последовательность в Command Expert, или экспортировать команды в C#, C++,

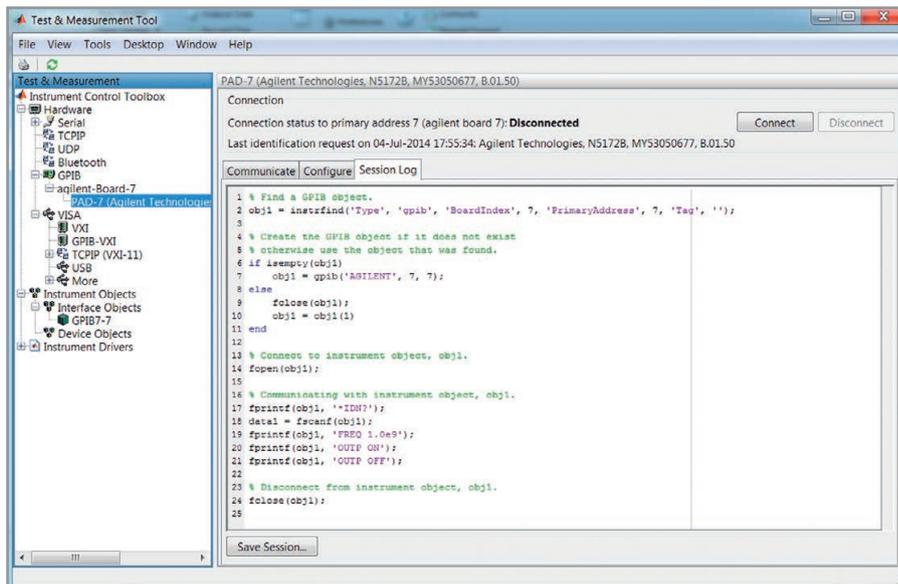


Рис. 1. Средства управления контрольно-измерительными приборами пакета MATLAB

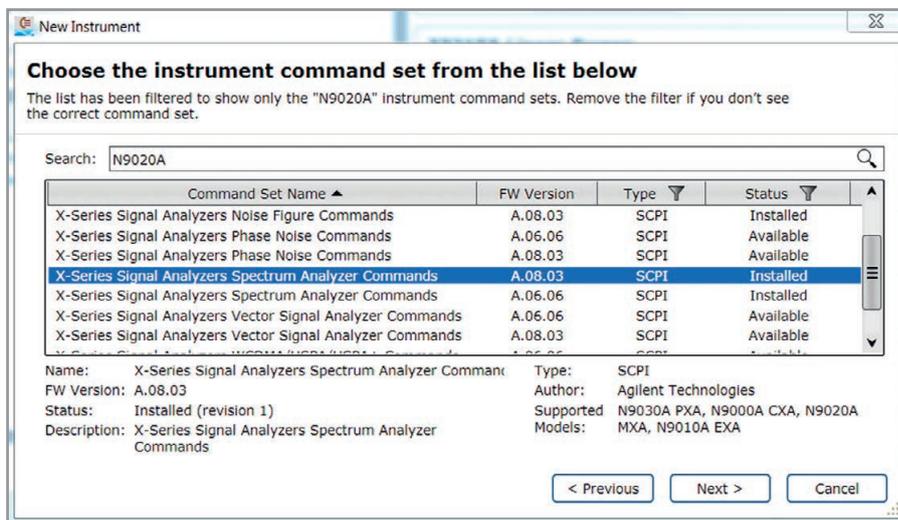


Рис. 2. Выбор набора команд в Command Expert

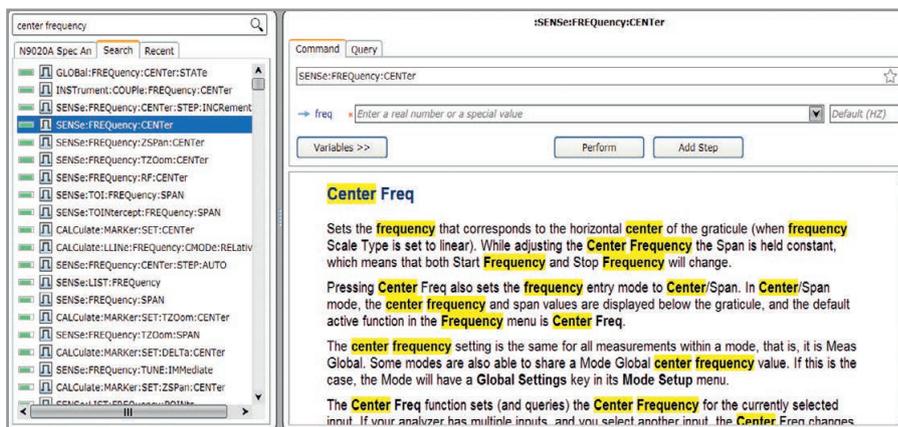


Рис. 3. Поиск и проверка команды в Command Expert

Visual Basic или MATLAB. Для этого в меню File (Файл) следует выбрать пункт Export Sequence (Экспорт последовательности). На случай, если перечисленные языки инженером не используются, Command Expert может также работать с VEE Pro, LabVIEW, Microsoft Excel или Python.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интерактивные программы-помощники позволяют сэкономить время и сократить циклы отладки в дружественной среде. Они дают возможность сосредоточиться на автоматизации измерений, а не на перелистывании страниц руководства.

Оптимизация разработки программ для встраиваемых систем в симуляторе Vista Virtual Prototyping

Анна Сергеева (Санкт-Петербург)

В статье рассмотрены функциональные возможности программного пакета Vista Virtual Prototyping компании Mentor Graphics, которые позволяют оптимизировать процесс разработки встраиваемого программного обеспечения за счёт ранней отладки кода на виртуальных прототипах аппаратных платформ, в том числе на базе распространённых процессоров ARM.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время широко внедряются и используются всевозможные промышленные и бытовые встраиваемые системы, в том числе на базе процессоров ARM. Каждый ответственный производитель всегда стремится обеспечить высокое качество функционирования, столь критичное для подобных устройств. Каждый потребитель, в свою очередь, вправе рассчитывать на высокую надёжность, хорошую производительность и оптимальный режим работы приобретаемого изделия.

Должное внимание в процессе разработки уделяется как обеспечению качества самого оборудования (аппаратуры), так и установленных на нём рабочих программ. В данной статье рассматриваются особенности разработки программного обеспечения для встраиваемых систем с учётом следующих важных моментов.

В первую очередь, разработчики должны понимать, что ресурсы конкретного устройства, на котором будут запущены их программы, не безграничны. Следует также обеспечивать высокую производительность приложений, причём на всём протяжении процесса разработки [1]. Это значит, что необходимо принимать во внимание особенности конкретной аппаратуры, на которой будет развёрнуто и запущено программное обеспечение (ПО), в том числе производительность, архитектуру, количество ядер процессора и объём памяти.

Производительность системы зависит от того, какая встраиваемая ОС установлена, поскольку её особенности оказывают воздействие на работу ПО. При тестировании приложений может ока-

заться, что под разными ОС программы работают с разной скоростью и различными ошибками. В рамках обеспечения надёжной работы встраиваемой системы следует выполнять полную отладку и тестирование всего разрабатываемого пакета программ.

Потребности отрасли, как с точки зрения оптимизации цикла разработки проекта (сокращение сроков, превентивное выявление возможных проблем и сбоев), так и из соображений экономии (на приобретении физического оборудования на ранних стадиях испытаний работоспособности разрабатываемых программ), привели к необходимости в средствах создания быстрых, точных и дешёвых программных моделей, симулирующих работу аппаратуры до момента её физической реализации в «железе» [2]. Эти модели необходимо предоставлять команде разработчиков встроенного ПО на самых ранних стадиях процесса разработки.

Такие производители, как Keil или IAR, впрочем, как и другие разработчики встраиваемых устройств, предоставляют собственные симуляторы для разрабатываемых ими микроконтроллеров. Однако они симулируют, по сути, только «голое железо», ориентированы только на процессорное ядро и имеют ограниченный набор функций. В отличие от них рассматриваемая в этой статье программа Vista Virtual Prototyping (далее VVP) от Mentor Graphics предоставляет возможности симуляции аппаратуры, шины, производительности, работы операционной системы и программ. За счёт этого VVP является более удобной и информативной, чем большинство симуляторов, представленных на рынке.

СИМУЛЯТОРЫ АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ VISTA VIRTUAL PROTOTYPING

Система VVP даёт возможность инженерам выполнить проверку, анализ, интегрирование и оптимизацию разрабатываемого программного обеспечения, используя раннюю модель встраиваемой аппаратуры (до её физической реализации). Она отвечает требованиям, предъявляемым к современным средствам разработки и применения виртуальных прототипов, а также симуляции работы оборудования для разработки и отладки ПО для встраиваемых систем. В числе этих требований:

- проверка работы программ с использованием ранних моделей аппаратуры;
- обеспечение высокой скорости исполнения программного кода;
- поддержка исполняемых файлов для виртуальных прототипов, соответствующих промышленному стандарту SystemC TLM 2.0;
- поддержка большинства моделей TLM и платформ на их основе;
- поддержка работы с двухъядерным процессором ARM Cortex-A9;
- расширенные возможности анализа мощности и производительности оборудования;
- визуальное отображение всех ключевых регистров и атрибутов используемой аппаратуры.

Система VVP содержит компоненты Sourcery CodeBench (среда отладки разрабатываемого программного кода) и Sourcery Analyzer (анализатор программ, разрабатываемых для встраиваемых систем) [3]. Она использует первичную, абстрактную функциональную модель физического оборудования и предназначена для работы программистов до этапа реализации оборудования в «железе», т.е. предоставляет разработчикам встраиваемых программных продуктов возможность работы до приобретения аппаратного обеспечения. В дальнейшем система VVP позволяет выполнять отладку и тестирование программного обеспе-

чения и на этапах работы с реальным оборудованием, т.е. конечным продуктом. Принцип такого подхода иллюстрирует рисунок 1.

Система VVP даёт возможность запуска программного обеспечения на моделях встраиваемых систем, так же, как и стандартные пакеты поддержки плат (board support packages, BSPs), но вместе с тем предоставляет разработчику больше удобств [4]. Так, в ней реализованы возможности виртуального оборудования и управления симуляцией, что позволяет совместно отлаживать аппаратное и программное обеспечение, а также оптимизировать разрабатываемые программы для достижения необходимых характеристик потребления мощности и производительности встраиваемого устройства.

Построение платформы

Виртуальный прототип строится на базе платформы для моделирования на уровне транзакций (transaction-level modeling, TLM); TLM представляет первичную модель аппаратного обеспечения платформы и является абстрактным приближением к моделируемым функциональным узлам цифровых систем. Платформа TLM состоит из взаимосвязанных моделей уровня транзакций, представленных в формате структурированного кода на языке SystemC. Система VVP поставляется с набором библиотек, среди которых есть и библиотека предустановленных моделей уровня транзакций. Эти модули можно модифицировать или создавать новые. Таким образом, обеспечивается настройка ключевых атрибутов моделей TLM (таких как параметры мощности и время арбитража).

Построение платформы TLM

С помощью редактора блок-схем (Vista Block Diagram editor) легко и удобно создать платформу TLM. Структурированному коду на языке SystemC соответствует набор соединённых друг с другом графических символов, автоматически сгенерированных системой. Так формируется топология полного проекта платформы TLM, а также схемное представление и описание всех объектов разрабатываемого проекта. Интерфейс редактора приведён на рисунке 2.

Каждый раз, когда выполняется операция сохранения проекта, редактор блок-схем Vista Block Diagram editor автоматически генерирует структу-

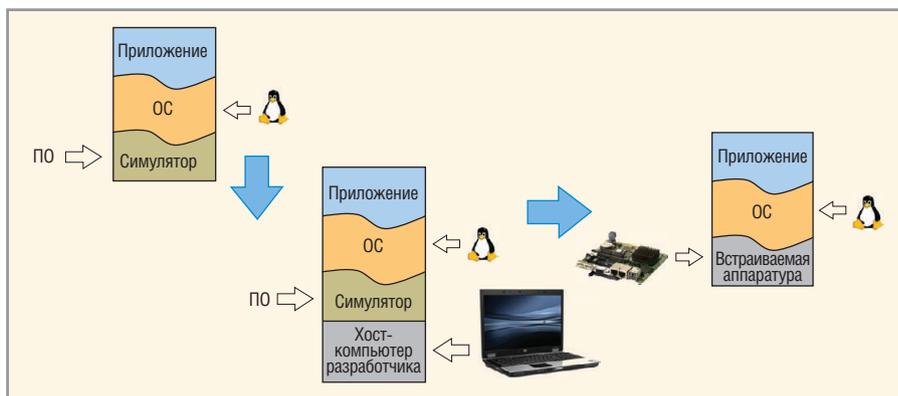


Рис. 1. Применение симуляторов при отладке ПО на виртуальной и реальной аппаратуре

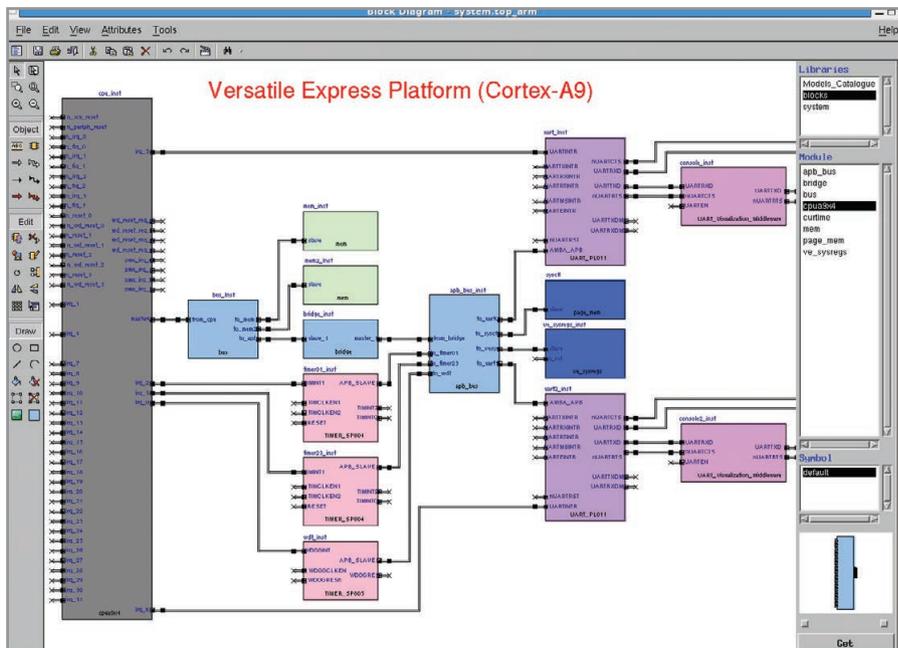


Рис. 2. Редактор блок-схем Vista Block Diagram editor

рированный код на языке SystemC, соответствующий схемному представлению модели. Отметим, что такой подход является более наглядным, интуитивно понятным и простым в использовании по сравнению с кодированием в стандартном текстовом редакторе.

Редактор блок-схем поддерживает большое число полезных операций, среди которых:

- выбор отдельных элементов или групп элементов;
 - определение атрибутов и имён, присваиваемых по умолчанию, для графических элементов;
 - изменение размеров, перемещение и копирование элементов;
 - редактирование графических символов в индивидуальной форме редактирования либо на общей схеме.
- Также редактор блок-схем позволяет:
- поворачивать, удалять и дублировать графические символы;
 - добавлять и редактировать текст;

- добавлять новые символы, соответствующие модели TLM.

Эти и другие функции редактора Vista Block Diagram editor доступны из главного и контекстного меню и из панелей инструментов, что обеспечивает удобство использования программы для разработчиков платформ TLM.

Построение виртуального прототипа

Конечный виртуальный прототип, созданный на основе платформы TLM, является самостоятельным исполняемым файлом. Он создаётся либо с помощью диалога создания прототипа (Create Virtual Prototype Dialog) в Vista GUI, либо с помощью специальной команды *vista_create_vp*.

Система VVP позволяет определять параметры разрабатываемого проекта в специальном файле *Vista parameters*. Позже, во время работы прототипа, эти значения могут быть модифицированы (при этом повторное создание испол-

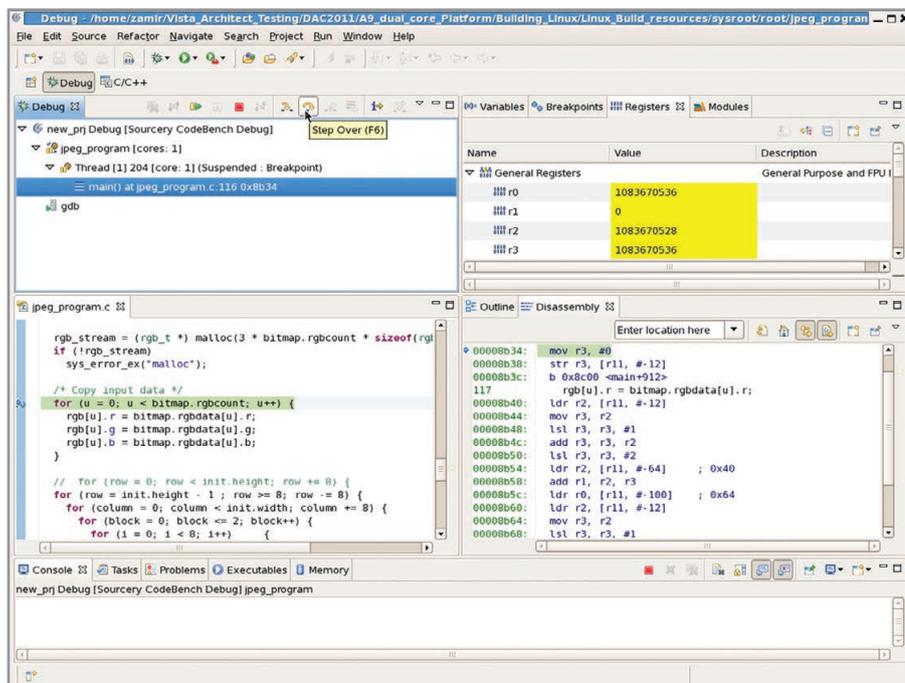


Рис. 3. Интерфейс пользователя Sourcery CodeBench для отладки аппаратного и программного обеспечения

няемого файла не требуется). Пользователи могут осуществлять настройку среды исполнения, которая используется во время симуляции виртуального прототипа: устанавливать значения по умолчанию для переменных окружения, копировать дополнительные папки и файлы. Виртуальные прототипы Vista можно запускать на рабочих станциях, работающих под ОС Linux или Windows.

Отметим также, что создатель платформы может контролировать использование виртуального прототипа определёнными пользователями, добавив к виртуальному прототипу дополнительное условие в лицензии.

Итак, перечислим коротко ключевые возможности системы Vista, предоставляемые при создании платформы:

- вместе с Vista поставляется предустановленная библиотека моделей TLM;
- атрибуты моделей, такие как характеристики синхронизации и мощности, доступны для пользовательской настройки;
- реализована возможность создавать и добавлять собственные модели TLM к имеющейся библиотеке;
- интерфейс интуитивно понятен для редактирования и визуального отображения создаваемой платформы;
- исполняемый файл виртуального прототипа создаётся автоматически;
- существует возможность запуска виртуальных прототипов под разными ОС (Linux и Windows).

УПРАВЛЕНИЕ СИМУЛЯЦИЕЙ И ВЗАИМОСВЯЗАННАЯ ОТЛАДКА ПРОГРАММ И АППАРАТУРЫ

Управление симуляцией

Запустить виртуальный прототип Vista можно либо из командной строки, либо из интегрированной среды разработки Sourcery CodeBench IDE. В режиме командной строки в качестве аргументов строки существует возможность передачи переменных среды запуска прототипа.

При работе в интегрированной среде разработки Sourcery CodeBench IDE можно получать визуальное представление аппаратуры, осуществлять взаимосвязанную отладку программной и аппаратной частей, выполнять взаимодействие с файловой системой. Эти функциональные возможности доступны при подключении к среде Sourcery CodeBench, которая взаимодействует с API виртуального прототипа. Интерфейс отладчика приведён на рисунке 3.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Пакет VVP обеспечивает разработку программного обеспечения, интеграцию и проверку функционирования на целевой аппаратуре, поскольку виртуальный прототип обладает функциональными возможностями целевых прототипов и пакетов поддержки плат (board support packages, BSPs).

Отлаживаемое программное обеспечение запускается на виртуальном прототипе точно так же, как оно позже будет запущено на аппаратуре. Обеспечена поддержка пользовательского интерфейса, стеков приложений, промежуточной прошивки и драйверов, запускаемых поверх ОС Linux, Android и Nucleus, а также в режиме без ОС – на «голом железе» (Bare-Metal). Система предоставляет все средства, необходимые для построения kernel-ядер Linux, а также для быстрой загрузки ОС.

Виртуальные прототипы Vista могут подключаться к физическим устройствам, таким как терминалы и дисплеи рабочих host-компьютеров, обеспечивая управление прототипами. С помощью соединений, устанавливаемых через Ethernet и USB, виртуальный прототип можно запустить на host-машинах, используя их в качестве реальной среды функционирования. В режиме полухостинга пользователь может выводить на экран сообщения о прохождении операций, отслеживать текущее время симуляции и устанавливать уровень детализации сообщений об ошибках.

Режимы симуляции аппаратуры и привязка ко времени исполнения

Система VVP может запускать симуляцию аппаратуры в двух режимах: в функциональном режиме и в режиме представления.

В функциональном режиме производится интеграция, верификация и отладка программного обеспечения. Режим представления позволяет проводить анализ и оптимизацию программного обеспечения для достижения лучшей производительности и снижения энергопотребления. Для работы в этих режимах модель виртуального прототипа строится на двух уровнях детализации синхронизации: синхронизация, не привязанная ко времени исполнения (loosely timed, LT), и синхронизация, учитывающая время исполнения (approximately timed, AT).

При работе в функциональном режиме виртуальные прототипы задействуют уровень синхронизации, не привязанной ко времени исполнения. Здесь каждая транзакция представляет собой завершённую передачу данных по аппаратной шине, вне зависимости от того, как именно возникла передача данных, и от того, сколько времени она заняла. В этом режиме скорость

симуляции измеряется в сотнях MIPS, что очень близко к скорости обработки в реальном времени.

При работе в режиме представления виртуальные прототипы задействуют уровень синхронизации, учитывающий время исполнения транзакций. Здесь каждая транзакция представляет фазу передачи данных с помощью конкретного протокола шины, применяемой в модели (например, фазы адресации и данных для записи или чтения по шине АНВ). Однако следует учитывать, что такая повышенная точность в режиме представления существенно замедляет симуляцию виртуального прототипа по сравнению с функциональным режимом. Система VVP позволяет переключаться между двумя доступными режимами синхронизации непосредственно во время работы прототипа.

Функциональный режим является вполне достаточным для верификации и отладки большей части программного обеспечения верхнего уровня, такого как операционная система и уровни приложений. Для анализа мощности и производительности аппаратного обеспечения под программным управлением и для низкоуровневого программного кода (такого как различные драйверы и программы реального времени) требуется работа виртуального прототипа в режиме представления. Под программами реального времени понимаются те, для которых время исполнения программного кода зависит от задержек аппаратного обеспечения или от того, как данные разнесены по фазам синхронизации.

ВИЗУАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ АППАРАТУРЫ

Интегрированная среда разработки Sourcery CodeBench IDE также обеспечивает визуальное представление и управление аппаратными объектами разрабатываемой платформы. Эти объекты включают все периферийные регистры и локальные переменные, которые декларированы при создании компонента модели TLM.

Для распознавания объектов используются их иерархические пути, а связанные с ними величины представлены в отдельных ветках дерева, доступного в окне просмотра регистров Sourcery CodeBench Register. Все значения объектов являются редактируемыми; в процессе отладки можно добавлять новые значения.

ВЗАИМОСВЯЗАННАЯ ОТЛАДКА ПРОГРАММ И АППАРАТУРЫ

Пользователи могут выполнять взаимосвязанную отладку аппаратной и программной частей, устанавливая точки прерывания в аппаратном обеспечении, чтобы остановить его симуляцию при условии достижения точки останова. Позже симуляция может быть возобновлена, поскольку программный отладчик останавливается после завершения обработки инструкции, которая и привела к останову. Это обеспечивает проверку состояния программы в данной точке и переход к следующим программным инструкциям с одновременным просмотром состояния аппаратных объектов, которые изменяются в зависимости от выполнения той или иной программной инструкции.

УПРАВЛЕНИЕ СИМУЛЯЦИЕЙ АППАРАТУРЫ

Для управления симуляцией аппаратуры имеется набор команд, доступных из консоли Sourcery CodeBench. С помощью этих команд пользователь может:

- выполнить перезапуск ядра ЦП, обрабатывающего программный код, или произвести перезапуск всех узлов платформы, включая ядра процессора;
- установить точку прерывания, которая остановит симуляцию по завершении обработки инструкции, получившей доступ к аппаратному объекту (регистру или переменной). Точка прерывания подобна триггеру, срабатывающему на чтение, запись или на оба типа доступа;
- запросить местонахождение точки прерывания и получить к нему иерархический путь;
- удалить точку прерывания;
- загрузить готовый файл в формате ELF в память текущего ядра ЦП;
- управлять режимом запуска платформы;
- отображать режим функционирования, который установлен для платформы в данный момент;
- отключить обработку DMI (Direct Memory Interface), что (в функциональном режиме) позволит быстрее отслеживать транзакции через шинную архитектуру платформы и при желании отображать их на встроенном осциллографе Vista Waveform;
- отображать, установлена ли платформа в режим DMI;

- отображать текущее время симуляции кода SystemC;
- отображать информацию о процессе симуляции;
- прерывать процесс симуляции с дополнительно заданным кодом выхода.

Дополнительно система VVP позволяет управлять трассировкой ядер ЦП с помощью предустановленных вызовов (callbacks) по значащим событиям (например, когда ядро перешло в режим ожидания). Это полезно для дополнительной отладки и анализа, задаваемого пользователем. Также для управления симуляцией обеспечивается доступ по API с поддержкой полухостинга и других полезных задач.

В системе VVP можно манипулировать файлами посредством запросов встроенной операционной системы, загруженной на виртуальный прототип. Это позволяет разрабатывать, выполнять сборку и отлаживать программные пакеты на хост-машине, затем получать к ним доступ с консоли целевой ОС без необходимости повторной симуляции и перезапуска ОС на виртуальном прототипе. Например, файлы могут копироваться с файловой системы хост-компьютера в целевую локальную папку на прототипе (или наоборот) с использованием команды *cp*, вызываемой из встроенной ОС Linux.

Ещё раз коротко перечислим ключевые возможности системы, предоставляемые для совместной отладки аппаратуры и программ, а также для управления симуляцией:

- управление симуляцией с использованием интегрированной среды разработки Sourcery CodeBench IDE;
- выбор и переключение между двумя доступными режимами синхронизации (функциональным и режимом представления) может осуществляться непосредственно во время работы прототипа;
- визуальное отображение и управление виртуальной аппаратурой из среды Sourcery CodeBench IDE;
- остановка симуляции в точках прерывания, устанавливаемых в аппаратном или программном обеспечении;
- манипуляции с файлами для встроенных операционных систем;
- управление симуляцией из командной строки с использованием набора специальных команд.

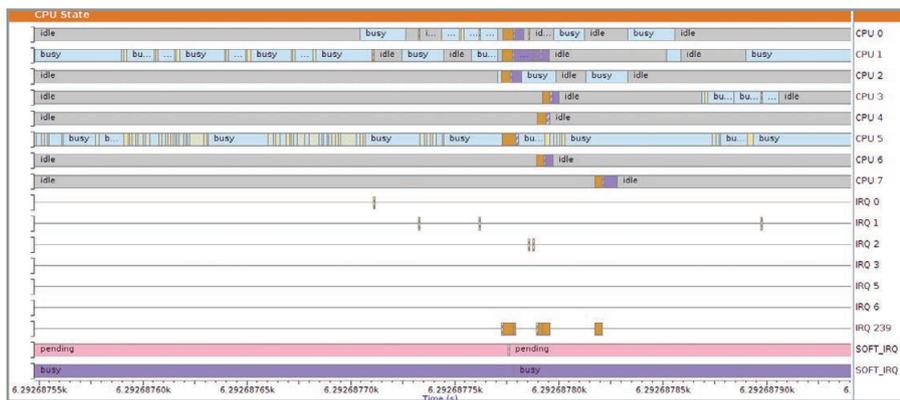


Рис. 4. Просмотр состояния ЦП в окне Sourcery Analyzer

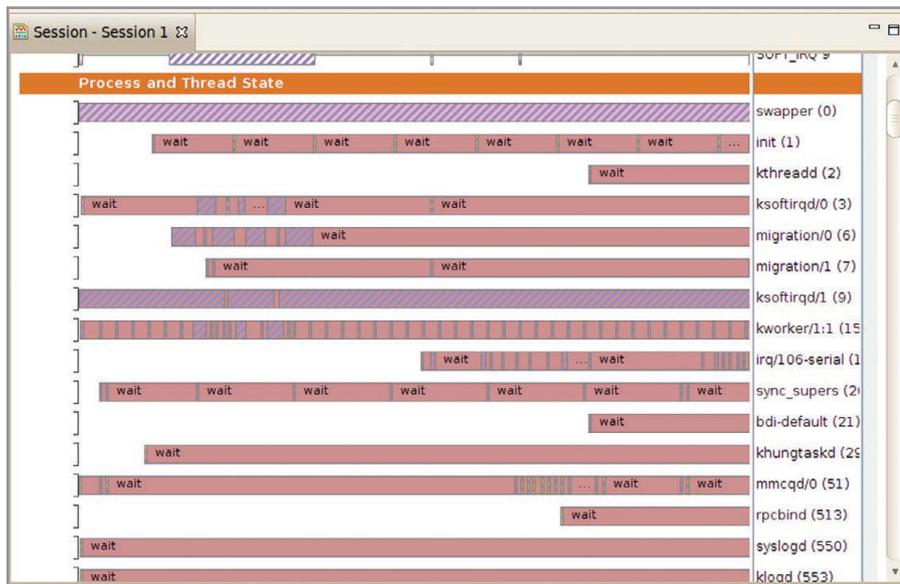


Рис. 5. Просмотр состояния потоков и процессов в окне Sourcery Analyzer

Возможности анализа виртуальной аппаратуры и разрабатываемых программ

Программный пакет VVP предоставляет богатый набор функциональных возможностей для анализа встроенного программного обеспечения и аппаратуры с программным управлением. Результаты анализа могут быть представлены для просмотра в виде графиков и таблиц, а также в формате сводных отчетов.

Анализ программного обеспечения

Анализ программного обеспечения в системе VVP осуществляется с помощью программы Mentor Embedded Sourcery Analyzer. Она работает с виртуальными прототипами Vista, интегрирует данные от одноядерных и многоядерных ЦП, поддерживает операционные системы типа Linux и RTOS, а также работает в режиме без операционной системы – на «голом железе» (Bare-Metal).

Программа Sourcery Analyzer включает библиотеку популярных и интуитив-

но понятных инструментов системного анализа и визуализации. Эти инструменты содержат большинство возможностей, востребованных программистами для оценки влияния функционирования ЦП/ядра и программ на работоспособность, производительность и мощность конечного продукта. Они позволяют отслеживать статистику и состояние ЦП, активность файловой системы во времени, функциональные вызовы и статистику по ним, запасы задержки, таймеры ожидания блокировки и удержания, а также состояние потоков и процессов.

С помощью программы Sourcery Analyzer пользователь может изготовить свои инструменты отладки и воздействия на производительность. Написанные на языке Java, они помогают обеспечить анализ и визуализацию, характерную для конкретных приложений, а также оптимизировать производительность всего проекта. Программа предоставляет доступ ко всему API, который использует все встроен-

ные аналитические программы данного инструмента. Встроенный мастер помогает создавать новые аналитические программы.

Наиболее важные аналитические характеристики программы Sourcery Analyzer:

- состояние ЦП/ядра – работа (busy), бездействие (idle), прерывание процесса (см. рис. 4);
- статистика ЦП показывает время, которое каждое из ядер находилось в том или ином состоянии;
- активность файловой системы во времени;
- функциональные вызовы. Когда и какие функции были запущены;
- статистика функциональных вызовов. Какие функциональные вызовы, кем и как часто осуществлялись;
- запас задержки. На каких элементах израсходован запас задержки;
- таймеры ожидания, блокировки и удержания. Сколько времени занимает выполнение операции блокировки, и как долго сохранялось удержание;
- состояние потоков и процессов. Когда программные потоки были запущены, когда они были в режиме сна и когда осуществляли системные вызовы (см. рис. 5);
- размещение памяти приложения. Использование «кучи» (таблицы без индексов);
- уровень (частота) сбоев страницы памяти;
- мощность виртуального прототипа. Мощность, потребляемая виртуальным прототипом (общая и по элементам);
- коэффициент успешных/неуспешных обращений к кэш-памяти виртуального прототипа. Отношение числа успешных и неуспешных обращений к кэш-памяти процессора виртуального прототипа (также отдельно для режимов READ и WRITE).

Эти функциональные возможности в сочетании с атрибутами аппаратного обеспечения, такими как мощность и коэффициент успешных и неуспешных обращений к кэш-памяти, позволяют анализировать влияние работы программного обеспечения на функциональность, производительность и потребляемую мощность разрабатываемого изделия.

Анализ виртуальной аппаратуры

Средства анализа виртуальной аппаратуры в Vista Virtual Prototуре позволя-

ют отслеживать следующие ключевые атрибуты разрабатываемого проекта:

- пропускную способность (Throughput). Уровень активности выбранных объектов, измеряемый как число транзакций или число переданных байтов за указанный период времени;
 - задержку (Latency). Среднее время задержки за указанный период времени, необходимое для выполнения транзакции указанного типа (например, чтение или прерывание). Время задержки отображается для каждой транзакции выбранного типа;
 - мощность (Power). Динамическая мощность, статическая мощность (утечка) и мощность, расходуемая для дерева синхронизации. Отобразится для полной схемы, а также и для выбранных элементов схемы;
 - распределение мощности (Power Distribution). Вклад каждого элемента в суммарное энергопотребление;
 - атрибуты (Attributes of User Customized Analysis) (аналитические данные, настраиваемые пользователем). Значения атрибутов с изменением времени. Атрибутами могут быть определяемые пользователем переменные, заданные в модели TLM;
 - пропускную способность шины/полосу пропускания (Bus Throughput/Bandwidth). Для каждой шины, добавленной в разрабатываемую схему, можно открыть окно аналитических данных о её пропускной способности (Bus Throughput analysis view);
 - анализ уровня конкуренции (Contention Level Analysis). Предоставляет взвешенное по времени среднее значение запросов, ожидающих доступа к тому или иному компоненту схемы, подключённому к сокету шины;
 - анализ уровня арбитража (Arbitration Level Analysis). Предоставляет среднее время, необходимое для доступа транзакций к шине по заданному сокету;
 - коэффициент успешных/неуспешных обращений к кэш-памяти виртуального прототипа (Cache Hit/Miss Ratio Analysis). Отношение числа успешных и неуспешных обращений к кэш-памяти процессора виртуального прототипа (также отдельно для режимов READ и WRITE).
- Анализатор VVP предоставляет значительную гибкость в выборе отображаемых данных. Для графиков может варьироваться степень детализации, а также установка начальных и конечных значений. При каждом новом про-

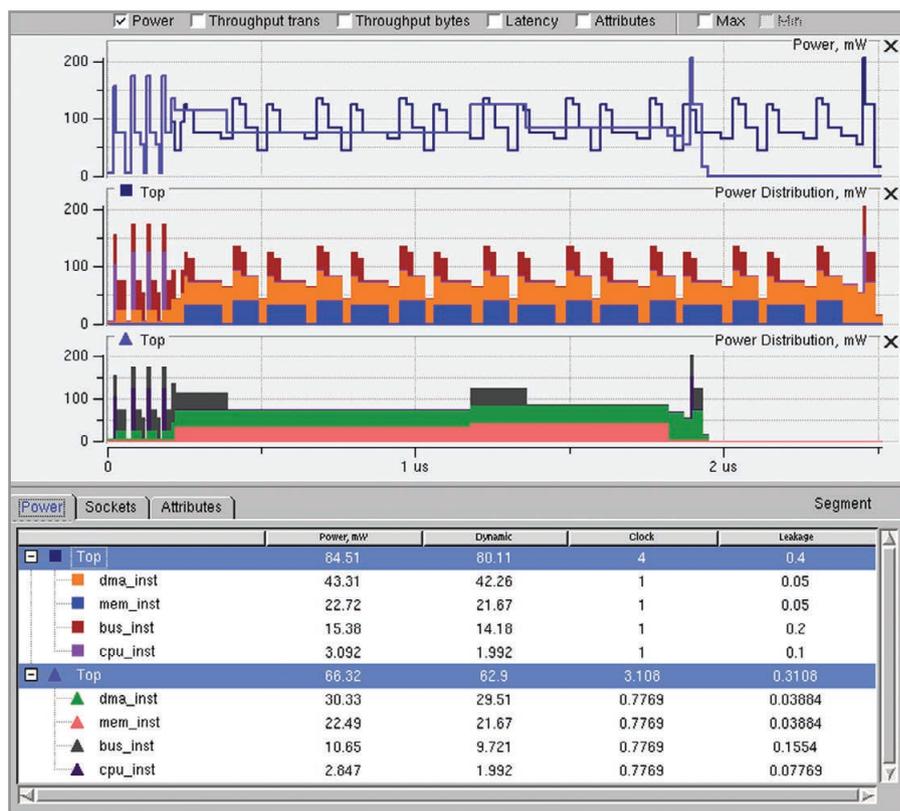


Рис. 6. Сравнение распределения мощности для двух архитектур

смотре все данные обновляются. При движении указателем мыши по графику можно увидеть значение данных в каждый момент времени, произвести замер изменения значения между двумя точками на графике, как по вертикали, так и по горизонтали. Можно изменять масштаб графиков, как по горизонтали, так и по вертикали, чтобы задавать требуемую точность измерений.

Анализатор VVP позволяет выполнять анализ и сравнение результатов нескольких сеансов симуляции, чтобы определить эффективность изменения системных конфигураций, выбора протокола и программных изменений (см. рис. 6).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Симуляторы аппаратуры, с одной стороны, являются необходимыми инструментами для создания надёжных встраиваемых систем. На самых ранних этапах проектирования и разработки программ и аппаратуры они позволяют значительно сократить сроки работы над проектом и в то же время повысить качество производимого продукта.

С другой стороны, симуляторы весьма удобны в работе, поскольку не требуют привязки к конкретному оборудованию и позволяют программистам создавать свой код ещё до того,

как будет изготовлено реальное оборудование.

Основные функциональные возможности программного пакета Vista Virtual Prototyping:

- поддержка операционных систем Linux, RTOS, а также возможность работы в режиме без операционной системы – на «голом железе» (Bare-Metal);
- использование анализатора Sourcery Analyzer и встроенных агентов – анализаторов;
- отслеживание и отображение ключевых аналитических данных, связанных с состояниями ЦП, функциональными вызовами и обрабатываемыми процессами;
- отслеживание характеристик производительности аппаратного обеспечения, таких как полоса пропускания, задержка и потребляемая мощность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сергеева А. Тестирование работоспособности промышленного компьютера. Компоненты и технологии. № 2. 2014.
2. Сергеева А. Одновременная разработка программ и аппаратуры для встраиваемых систем при помощи симулятора аппаратуры Vista Virtual Prototyping. Компоненты и технологии. № 3. 2014.
3. www.mentor.com/esl.
4. www.mentor.com/embedded-software. ©

Новости мира News of the World Новости мира

Keysight Technologies начинает работать как независимая компания

В ноябре этого года компания Keysight Technologies, Inc. объявила о том, что её отделение от компании Agilent Technologies Inc. завершено.

С 3 ноября 2014 года акции новой независимой компании торгуются на Нью-Йоркской фондовой бирже (NYSE) под символом KEYS.

«Этот день стал поворотным событием в истории Keysight. Теперь, когда мы стали независимой компанией, перспекти-

вы рынка электронных измерений становятся главными приоритетами для компании Keysight, – сказал Рон Нерсесиан (Ron Nersesian), президент и генеральный менеджер компании Keysight Technologies. – На протяжении всей нашей 75-летней истории мы остаёмся ведущим мировым производителем измерительного оборудования и технологическим лидером в области электронных измерений. За это время нам удалось построить эффективную модель ведения бизнеса, благодаря чему мы рассчитываем и впредь приносить максимальную пользу нашим заказчикам и акционерам».

Отделение Keysight от Agilent состоялось 1 ноября 2014 с передачей 100% акций Keysight лицам, зарегистрированным в реестре акционеров Agilent по состоянию на конец рабочего дня 22 октября 2014.

Зарегистрированные держатели акций Agilent получили по одной акции Keysight за каждые две акции Agilent, которыми они обладали. 1 ноября 2014 года среди акционеров Agilent было распределено примерно 167,5 млн акций Keysight.

www.keysight.com

Платформа Sensity NetSense для «умного города»

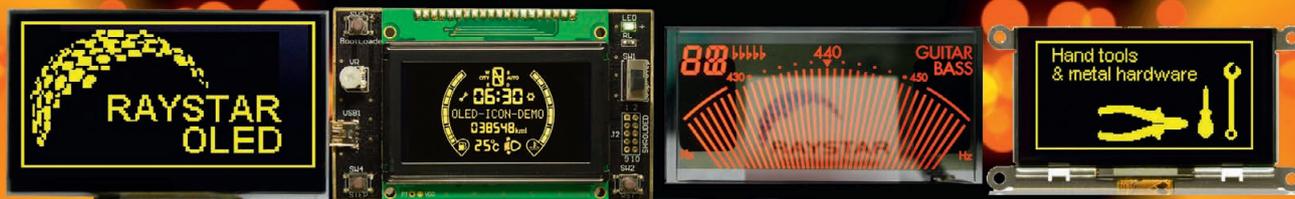
На Всемирном форуме по Интернету вещей (IoTWF) в Чикаго компании Cisco и Sensity Systems (изобретатель технологии Light Sensory Networks) объявили о заключении стратегического соглашения, в соответствии с которым платформа Sensity NetSense послужит основой для программной системы Cisco City Infrastructure Management (CIM).

Соглашение предусматривает присоединение Cisco к партнёрской программе



Лучшая замена ЖК-панелям

OLED-дисплеи Raystar



Специсполнение по ТЗ заказчика

Прозрачные модели

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

Характеристики

- Яркость экрана до 150 кд/м² обеспечивает считывание изображения при ярком солнечном свете
- Высокий контраст 2000:1
- Широкий угол обзора до ±175°
- Цвет свечения: жёлтый, зелёный, красный, белый, синий
- Формат изображения: 122×32, 128×64, 240×64, 256×64 и 96×64 точки

- Низкая потребляемая мощность 10 мА (схемы управления – токовые)
- Светоэмиссионная схема: не требуется система подсветки
- Короткое время отклика: 10 мкс при температуре +25°C
- Широкий диапазон рабочих температур от –40 до +80°C
- Малая толщина модуля дисплея, небольшой вес
- Срок службы: 50 000 ч для белого и синего цвета; 100 000 ч для жёлтого, зелёного, красного цветов

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ RAYSTAR



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



Реклама

Новости мира News of the World Новости мира

Sensity NetSense Partner Program и разработку совместного решения, которое преобразует инфраструктуру городского освещения в распределённую сенсорную платформу для таких приложений умного города, как умная парковка, умное освещение, аналитика торговли, охрана общественного порядка. В качестве демонстрации своей первой многоцелевой платформы для Интернета вещей Cisco и Sensity вместе с городскими властями Чикаго развернули на IoTWF сеть Light Sensory Network.

Как считают в Cisco, новая платформа даст городам огромные возможности для предоставления приложений и сервисов, которые будут совместно использовать датчики, аналитические системы и сеть для повышения продуктивности, эффективности и общественной безопасности.

В совместном решении компаний используются сенсорные узлы Sensity, интегрированные с ПО Cisco City Infrastructure Management (CIM). Датчики (в том числе видеодатчики, подключённые к аналитическим системам) встраиваются в светодиод-

ную осветительную инфраструктуру. Доступ к данным сети Light Sensory Network обеспечивается API-интерфейсами Cisco CIM, с помощью которых разработчики и сервис-провайдеры создают разнообразные приложения для умного города. Такие приложения уже появились в партнёрской экосистеме Cisco, и часть из них была показана на чикагском форуме.

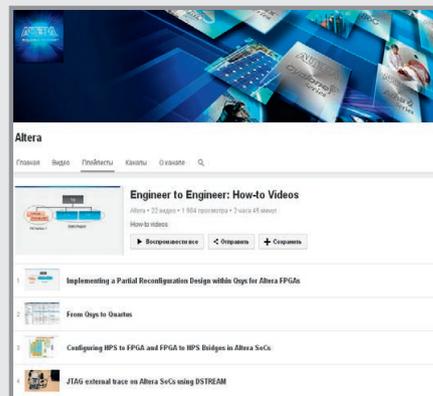
www.bytemag.ru

Altera создала раздел видеоматериалов Engineer to Engineer

Специально для инженеров-разработчиков компания Altera создала раздел видеоматериалов на портале YouTube.

Он называется Engineer to Engineer (инженер инженеру).

Раздел содержит различные видеоруководства по работе с микросхемами программируемой логики и средствами разработки Altera. На данный момент выложено 22 ролика, посвящённых различным аспектам работы со СБИС ПЛ, которые могут вызвать трудности:



- частичная реконфигурация;
- реализация взаимодействия процессорной системы с программируемой логикой в Altera SoC FPGA;
- введение в Nios II Gen2;
- работа с внешней памятью;
- интерфейс JESD204B и др.

В ближайшее время на канале компании ЭФО на YouTube также будут появляться видеоматериалы технического содержания на русском языке.

<http://www.altera.ru/news/altera-engineer-to-engineer-announce.html>

**ВАКУУМНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ДИСПЛЕИ
ДЛЯ ЖЁСТКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Яркость 600 кд/м²
Угол обзора 150° (конусный)
Встроенные контроллеры управления
Символы высотой 5 и 9 мм
Вибрации от 10 до 500 Гц
Удары до 20 г (по каждой оси)
Ресурс от 40 000 до 100 000 часов
Диапазон рабочих температур -40...+85°C

IEE

ВЛД с точечной матрицей серии Century — по-прежнему в строю!

05464-35074-01X5

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ IEE



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



Реклама

Рождение радиоэлектроники

Владимир Бартнев (Москва)

Статья посвящается 110-летию получения английским учёным в области радиотехники и электротехники, членом Лондонского королевского общества (1892 г.) сэром Джоном Амброзом Флемингом патента на первую электронную лампу.

ВВЕДЕНИЕ

История радиотехники, и впоследствии радиоэлектроники, весьма показательна и является одним из блестящих примеров бурного развития научно-технического прогресса [1]. Эту историю можно разбить на ряд характерных этапов. Существует множество способов исторической периодизации, критерии которой могут выбираться самые разные. В данном случае удобно воспользоваться проблемно-хронологическим критерием периодизации, когда, достигая определённого развития, радиоэлектроника вынуждена решать вновь возникающие проблемы, открывая тем самым очередной исторический этап своего развития.

Первый этап развития радиоэлектроники начался тогда, когда даже такого понятия не существовало, равно как и понятия «радиотехника». Это было

время первых изобретений беспроводного телеграфа Поповым, Маркони, Теслой, Лоджем, Слаби, Арко, Дюкретте и др. Именно в тот период зарождалась радиотехника и происходил переход от сильно затухающих колебаний к незатухающим [2].

Искровые передатчики и кристаллические детекторы на этом этапе постепенно достигли своего технического совершенства. Появились дуговые передатчики и машины высокой частоты. Казалось бы, все возможности радиотехники на этом этапе были исчерпаны, и её развитие должно было остановиться. Однако появляются новые приборы – электронные лампы.

ПЕРВАЯ ДВУХЭЛЕКТРОДНАЯ РАДИОЛАМПА ФЛЕМИНГА

Первая двухэлектродная электронная лампа была запатентована 16 ноября 1904 года профессором электротехники в университете Лондона, сэром Джоном Флемингом (см. рис 1).

Английский патент Джона Флеминга назывался «Усовершенствования в приборах для детектирования и измерения переменных электрических токов» (Fleming J. A. Improvements in Instruments for Detecting and Measuring Alternating Electric Currents. GB patent No. 190424850 (A) of November 16th, 1904).

Через год аналогичный патент Флеминг получает в США (см. рис. 2).

Следует отметить в этой связи важный момент. 110 лет назад созданный Флемингом первый в мире электронный диод был основан на «эффекте Эдисона» [3]. Почему «основан»? Дело в том, что за 20 лет до получения Джоном Флемингом патента на вакуумный диод Томас Альва Эдисон обнаружил с помощью гальванометра ток между нитью накала электрической лампочки и дополнительным электродом, смонтированным в неё. Эдисон не смог установить причин этого явления, но сумел

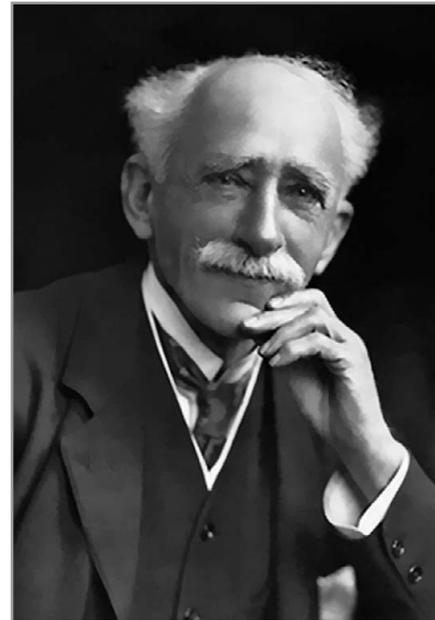


Рис. 1. Д.А. Флеминг

его применить в электрическом индикаторе (Electrical Indicator) для регулировки тока в электрических цепях освещения. Патент Т. Эдисона №307,031 21 октября 1884 г. на электрический индикатор [4], по существу, был первой заявкой на изобретение электронного прибора.

ОТ ЛАМП К ПОЛУПРОВОДНИКАМ

Появление электронного диода Флеминга ознаменовало рождение радиоэлектроники. Но что же было дальше? В 1906 году Де Форест добавляет третий электрод в диод Флеминга, а в 1907 году он подаёт заявку на трёхэлектродную лампу, применённую в приёмнике, названном им Аудионом, и получает патент №879532 в 1908 году (см. рис. 3).

Изобретение Аудиона, сделанное Ли де Форестом, привело к дальнейшему совершенствованию радиоприёмной техники. 100 лет назад Армстронг получает патент №1113149 [5] на радиоприёмник с положительной обратной связью – регенератор с повышенной чувствительностью и избирательностью.

В России рождение радиоэлектроники связано, прежде всего, с первыми опытами в области электронного телевидения, которые проводились под руководством русского profes-

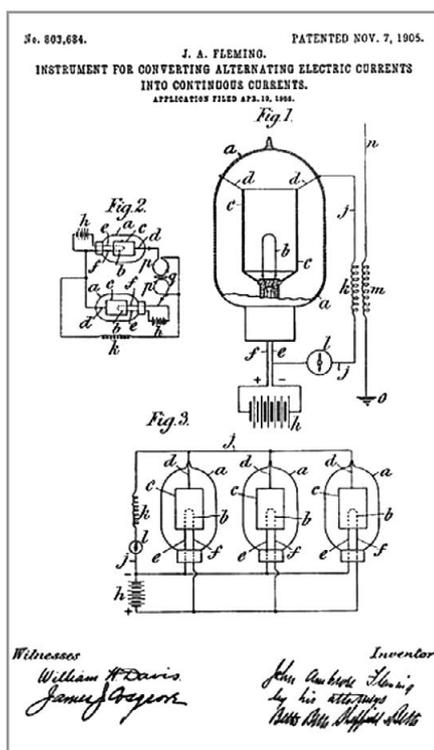


Рис. 2. Американский патент Д. Флеминга на первую электронную лампу

сора Б.Л. Розинга. Он изобрёл первый механизм воспроизведения электронного изображения, используя систему развёртки (построчной передачи сигналов) в передающем приборе в электроннолучевую трубку в приёмном аппарате. В июле 1907 года этот факт был официально зафиксирован как русская привилегия: 25 июля 1907 года учёный подал заявку на «Способ электрической передачи изображений на расстояние». По этой заявке ему был выдан патент №18076. В 1908 и 1909 годах открытие нового электронного способа приёма изображения в телевидении подтвердили патенты, выданные Б.Л. Розингу в Англии и Германии.

Как показывает история, именно радиолампы начинают вносить нечто принципиально новое в развитие радиотехники, характеризующееся их широким использованием как в качестве детекторов и усилителей в приёмниках, так и генераторов в передатчиках. Радиолампы усовершенствовались и радиотелефонии. Благодаря им появились новые отрасли: радиовещание, телевидение, радиолокация, автоматика, телемеханика и вычислительная техника. Именно поэтому более узкое понятие радиотехника было заменено более ёмким «радиоэлектроника».

Развитию радиоэлектроники в России после 1917 года способствовало создание в трудные первые годы советской власти Нижегородской радиолaborатории им. Ленина. В разруху, голод, блокаду и гражданскую войну коллективу Нижегородской радиолaborатории во главе с М.А. Бонч-Бруевичем удалось создать мощные радиолампы, не имевшие в то время аналогов за рубежом. В годы первых советских пятилеток наметился бурный скачок в развитии отечественной радиоэлектроники. К началу Великой Отечественной войны советская радиопромышленность выпускала отечественные средства связи, радиостанции, пеленгационные и радиолокационные системы. Конечно, имелись серьёзные проблемы с оснащённостью войск радиотехническими средствами как в количественном плане, так и в плане номенклатуры поставляемых в войска средств. По некоторым направлениям (например, тактическая радиосвязь на УКВ) не удалось создать необходимых заделов для быстрой разработки серийных образ-

цов и организации их массового выпуска (решать эту задачу пришлось уже в ходе войны).

К концу Второй мировой войны технология радиоламп достигла совершенства. Когда реальная угроза применения ядерного оружия против СССР требовала от разрабатываемой аппаратуры нового качества – радиационной стойкости, а установка радиоэлектронного оборудования в реактивные самолёты и межконтинентальные ракеты, в которых аппаратура подвергалась огромным перегрузкам, требовала высокой надёжности, появились радиолампы особого типа. Это были радиолампы, созданные на Новосибирском НПП «Восток». Данное предприятие образовалось в 1941 году, когда знаменитый Ленинградский завод «Светлана» был эвакуирован в Новосибирск и значился под номером 617. Уже в 1942 году план выпуска радиоламп этим заводом оценивался в 70 млн руб. Уже к концу года планировалось соответствие изделий завода №617 изделиям завода №211 («Светлана») по номенклатуре, так как кроме выпуска приёмных радиоламп, генераторных ламп и миниатюрных осветительных ламп нужно было освоить производство мощных генераторных ламп, рентгеновских трубок и газовых приборов в пределах и по номенклатуре, обеспечивающих потребность страны в условиях войны. Именно на этом заводе и были созданы радиолампы, каких не было нигде в мире. Это были стержневые радиолампы. Автором идеи использования стержневых электродов вместо витых сеток был Валентин Николаевич Авдеев, имя которого сейчас мало кому известно. Работа на отказ таких ламп превышала 5000 часов. Они обладали удивительной экономичностью и по сравнению с американскими миниатюрными лампами имели более высокие характеристики. Эти лампы впаивались как резисторы и конденсаторы на платы радиоэлектронной аппаратуры (см. рис. 4).

В 50-е годы электронные приборы получили массовое распространение, их номенклатура расширилась от усилительных и генераторных радиоламп разных типов и характеристик до электроннолучевых трубок разных размеров и очень чувствительных фотоэлектронных приборов. Опять наступило насыщение

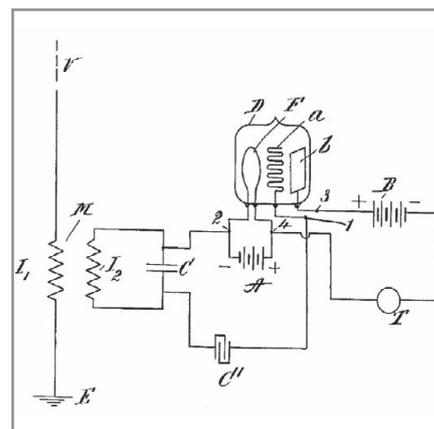


Рис. 3. Схема Аудиона Ли де Фореста из его патента № 879532

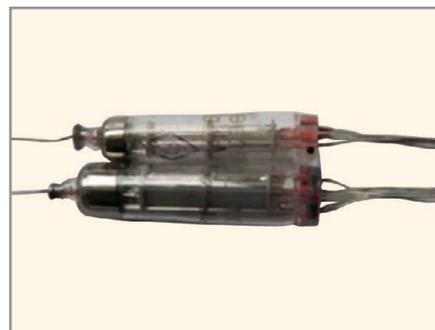


Рис. 4. Стержневые лампы В.Н. Авдеева

в развитии радиоэлектроники. Нужен был новый качественный скачок для её новой модернизации. Этот скачок произошёл с появлением полупроводниковой радиоэлектроники. Но это уже другая история.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дж. А. Флеминг был первым, кто использовал «эффект Эдисона» в практических целях. Этому способствовало то, что, создав двухэлектродную лампу, он лучше, чем Т. Эдисон и Ли де Форест разобрался в понимании её работы. Это и позволило ему применить на практике вакуумную двухэлектродную электронную лампу-диод, в том числе и в радиотехнике. Именно ему в первую очередь мы обязаны тем, что с появлением первой радиолампы Флеминга радиотехника превратилась в радиоэлектронику.

ЛИТЕРАТУРА

1. Радиоэлектроника в её историческом развитии. Ин-т истории естествознания и техники. М. Наука. 1988. 380 с.
2. *Бартенев В.Г.* Россия – родина радио. Горячая линия телеком. М. 2014.
3. *Пестриков В.М.* История первой радиолампы. IT news. № 22. 2004. С. 20–22.
4. www.google.com/patents/US307031.
5. www.freepatentsonline.com/1113149.pdf. ©

Проблема импортозамещения – неэффективный процесс коммуникации

На посвящённой импортозамещению конференции в Воронеже была выявлена основная проблема – недостаточность коммуникации российских разработчиков аппаратуры и электронной компонентной базы.

25 сентября 2014 года в Воронеже состоялась конференция «Импортозамещение СБИС, ПЛИС и элементной базы силовой электроники», организованная ОАО «НИИЭТ» при содействии ОАО «ВЗПП-С». На мероприятии обсуждались вопросы импортозамещения ЭКБ в различных отраслях промышленности, в том числе проблемы разработки полных отечественных аналогов импортных изделий микроэлектроники и альтернативных способов замещения ЭКБ зарубежного производства. С докладами выступили специалисты воронежских предприятий – ОАО «НИИЭТ», ОАО «ВЗПП-С», ОАО «КТЦ «Электроника», ЗАО «НИИ Механотроники-Альфа-НЦ» и ОАО «Концерн «Созвездие». Мероприятие посетили порядка 60 человек более чем из 10 городов России.

После каждого доклада проходило динамичное обсуждение затронутых в сообщениях тем и проблем. На вопросы по темам докладов от ОАО «НИИЭТ», помимо докладчиков Ю.А. Шкондина, Н.В. Рогозина и А.М. Сумина, отвечали

заместитель генерального директора по инновационному развитию ОАО «НИИЭТ» А.В. Ачкасов и начальник отдела маркетинга и сбыта В.В. Бородовицын. Последний в своём выступлении предложил собравшимся лозунг «Работники радиоэлектронной отрасли – объединяйтесь!», который направлен на решение вполне реальной проблемы неэффективного процесса коммуникации разработчиков аппаратуры и электронной компонентной базы.

В ходе обсуждения проблемы импортозамещения было выделено несколько вариантов облегчения процесса:

- методика систематизации информации для разработки технических заданий на универсализированные изделия, которые позволят удовлетворить запросы сразу нескольких аппаратурных предприятий;
- разработка и создание приборов, исходя из перспективных требований заказчика (параллельная разработка);
- широкое внедрение технологий 3D-сборки («Система в корпусе») и 2,5D-сборки для сокращения сроков импортозамещения;

и 2,5D-сборки для сокращения сроков импортозамещения;

- оптимизация разработок с учётом имеющихся технологических возможностей;
- проработка вопроса стандартизации использования пластиковых корпусов в изделиях микроэлектроники.

По итогам обсуждения президиум конференции сформировал основную цель работы в области импортозамещения на ближайшее время: собрать конкретные пожелания и требования разработчиков с целью дальнейшего их анализа и создания единого списка универсальных изделий.

«Именно сейчас складывается методика импортозамещения, и именно от нас ждут предложений по её формированию», – такими словами закончил официальное обсуждение проблемы импортозамещения председатель конференции, обращаясь ко всем присутствующим в зале специалистам.

ОАО «НИИЭТ» предлагает всем желающим высказаться относительно способов решения проблемы импортозамещения или задать свои вопросы хозяевам конференции через форму обратной связи на сайте www.niiet.ru.



Остек: новые решения в организации производства

7 октября в МИВЦ «ИнфоПространство» прошла 1-я отраслевая конференция «Новые решения в организации производства. Повышение эффективности путём внедрения средств автоматизации». Организатором мероприятия выступило ЗАО «Остек-СМТ», Группа компаний Остек.

Основной целью конференции стало знакомство её участников с новыми направлениями деятельности ЗАО «Остек-СМТ». В ходе мероприятия было рассказано о самых современных решениях по автоматизации и оптимизации технологических процессов, а также приводился опыт передовых зарубежных производств.

Среди рассматриваемых вопросов были: концепция «Умная фабрика», эффективное использование человеческого труда, система управления произ-

водственными процессами СМАРТ, автоматизированные системы хранения для производственных участков, внутрицеховая логистика и правильное использование пространства, проектная деятельность и начало усовершенствования производства. Темы докладов звучали так: «Концепция «Умная фабрика». Что и как?», «Как эффективнее использовать человеческий труд», «Индивидуальные автоматические сборочные модули ASYS», «Система управления производственными процессами СМАРТ. Демон-

страция работы. Общая информация», «Автоматизированные системы хранения ПКИ. Просто, выгодно, удобно, эффективно», «Внутрицеховая логистика. Как правильно использовать пространство», «Проектная деятельность. Как правильно начать усовершенствование производства».

Докладчиками выступили генеральный директор ЗАО «Остек-СМТ» Евгений Липкин, руководитель отдела комплексной автоматизации Денис Васильев, ведущий специалист по комплексной автоматизации Олег Абдрашитов и ведущий специалист по комплексной автоматизации Денис Кулицкий, ведущий специалист по комплексной автоматизации Александр Петров.



14-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ



Получите
электронный билет!
www.ndt-russia.ru



17-19
ФЕВРАЛЯ 2015
МОСКВА

ТЕПЕРЬ
В КРОКУС ЭКСПО!

Организаторы:



primexpro



ITE GROUP PLC

Тел. +7 (812) 380 6002/00
ndt@primexpro.ru

Реклама

РСВ-EXPO

24-26 марта
2015

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ВЫСТАВКА

ПЕЧАТНЫЕ
ПЛАТЫ
И МОНТАЖ

- ТЕХНОЛОГИИ
- ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ
- ПРОИЗВОДСТВО ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ
- ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЬ
- МОНТАЖ КОМПОНЕНТОВ
- СБОРКА РЭА, КОРПУСА И КОНСТРУКТИВЫ
- ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
- РАСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
- ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВСЕХ ВИДОВ ПРОИЗВОДСТВ
- КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ



Место проведения: Москва,
Краснопресненская наб., 14,
м. Выставочная, ЦВК "Экспоцентр", Павильон №7

ОРГАНИЗАТОРЫ
ВЫСТАВКИ:



Санкт-Петербург, пр.Ю.Гагарина, 8.
Тел./факс: +7 (812) 777-04-07
www.farexpo.ru/pcb, radel2@farexpo.ru



Москва, 121351 Ярцевская улица, дом 4.
Тел. +7 (495) 221-5015
www.chipexpo.ru, info@chipexpo.ru

Реклама

Форум «Altium: навстречу российскому пользователю – 2014». Как это было

8 октября 2014 года состоялся второй по счёту форум «Altium: навстречу российскому пользователю». Аудитория Форума выросла до 300 человек, а его программа стала более насыщенной и познавательной. Форум набирает обороты и повышает свою популярность в отрасли.



На пресс-конференции, посвящённой открытию Форума, выступили ведущие сотрудники компании Altium и её представителя в России – компании «Нанософт». Открыл пресс-конференцию генеральный директор «Нанософт» Максим Егоров, который представил программу предстоящего дня и рассказал об экспертизе компании «Нанософт» на рынке САПР.

«Каждая новая версия программного обеспечения всегда расширяет его функционал, а разработчики всегда стремятся попасть в тренд и ответить на основные запросы рынка. Особенно порадовало, что с выходом Altium Designer 15 наконец завершена большая часть работы по кантрификации продукта, которая была начата для российского рынка в 2009 году, – отметил господин Егоров. – Первая порция российских ГОСТов появилась в 13-й версии, в 14-й их количество увеличилось. И вот в 15-й, наконец, наиболее полно представлено то, чего очень ждут наши пользователи: теперь можно оформлять чертежи, формировать спецификации и ведомости покупных изделий по российским стандартам непосредственно в Altium Designer, причём всё это реа-

лизовано в том максимальном объёме, в котором оно задумывалось».

Выступление следующего спикера, директора по партнёрским продажам региона ЕМЕА Эльмара Дьюкека (Elmar Dukek), было посвящено перспективам развития компании Altium и будущему её разработок: «Россия – одна из пяти стран, где продано наибольшее количество лицензий. И это только действительно приобретённые лицензии. Если же учитывать и нелегально установленные рабочие места, то Россия, думаю, входит по числу пользователей в первую тройку пользователей. Разумеется, российский рынок очень важен для нас».

Отдельной темой разговора стали расширенные возможности работы ПО в соответствии с российскими стандартами.

Далее с докладом «Altium Designer: технологические новинки и перспективы развития продукта» выступал Николай Пономаренко: «Altium стремится разработать не просто технологию управления конструкторскими данными, а систему администрирования всей информации, которая так или иначе используется в Altium

Designer, – отметил он. – Даже на предприятиях с 3–5 пользователями необходимо чётко регламентировать процесс проектирования, разделять роли участников и разграничивать сферу их ответственности. В противном случае каждый схемотехник или конструктор будет создавать собственные библиотеки и настройки, что негативно скажется на сроках проекта и его качестве».

Действительно, ПО Altium Designer 15 обладает рядом интересных особенностей. Индустрия печатных плат движется ко всё большей автоматизации, и сегодня требуется замена для производственных форматов, которые используются более 30 лет. Поддержка форматов IPC-2581 и Gerber X2 в Altium Designer даёт возможность максимально использовать технологии современного производства плат. Altium Designer 15 продолжает направление, обозначенное предыдущей версией ПО, и направлено на повышение производительности разработки плат, поддержку современных технологий электроники, а также технологий производства плат.

Так, в редакторе печатных плат появился новый объект Pin Pair, предназначенный для описания правил выравни-



Эльмар Дьюкек



Максим Егоров



Алексей Сабунин

вания T-образных цепей. Новый объект Pin Pair определяет участок цепи между двумя выводами, что облегчает процесс выравнивания ветви. Такие участки могут быть объединены в группы и впоследствии использованы для описания правил проектирования, таких как ограничение по длине и точности выравнивания.

Часто используемый формат для производства печатных плат RS-274D, более известных как Gerber, был выпущен более 35 лет назад, и многие производители давно считают его устаревшим. Фирма Usamco обновила последнюю версию этого формата до Gerber X2, в который были включены данные, важные для производства, регламентированные стандартом IPC-2581. Теперь, при передаче данных для производства, в едином файле хранится расширенная информация о плате, которая содержит данные о сложных стеках платы, о гибких и жёстких её частях, о материалах и так далее. Современный Altium Designer 15 полностью поддерживает упомянутые форматы, и при этом у пользователей есть возможность настроек вывода файлов для производства как в новом, так и в старом формате с максимальным набором настроек. Новая версия Altium Designer может применяться на крупных производствах благодаря обновлённой системе управления данными Altium Vault 2.0.

Для передачи данных на производство в новой версии программы будут использоваться современные стандарты обмена данными.

Завершивший первую часть форума доклад продакт-менеджера Altium Алексея Сабунина состоял из двух частей: «Управление данными в области электроники и Altium Designer: Altium Vault» и «Уникальность Altium Designer 15 для российского пользователя». По словам представителя Altium, вторая версия системы Altium Vault обеспечивает максимальный контроль над процессами проектирования. Altium Vault 2.0 в первую очередь ориентирован на крупные предприятия, предлагая им возможности сетевой установки и обновления Altium Designer, многопользовательской работы с проектами и расширенные функции администрирования и работы с хранилищем. Система, имеет три типа лицензий «Component», «Workgroup» и «Enterprise», отличающиеся друг от друга набором функций и рассчитанных на предприятия разного масштаба.



Altium Vault представляет собой основу интеллектуальной среды для управления данными в программе Altium Designer, работающую на локальном (внутрисетевом) сервере и хранящую в себе всё – от отдельных компонентов до выполненных проектов. Altium Vault обеспечивает совместную работу и управление инженерными данными в Altium Designer, начиная с 13-й версии, помогая разработчикам наиболее эффективно организовывать данные о проектах и электроизделиях, управлять ими и отслеживать изменения. Это, в первую очередь, инструмент для администраторов, позволяющий организовать работу большого числа инженеров в рамках одного или нескольких предприятий по единым корпоративным стандартам.

В системе Altium Vault 2.0 были сделаны следующие изменения:

- повышена эффективность работы с библиотеками (упрощена работа с редактором компонентов, расширены возможности группового редакти-

рования и минимизирован процесс передачи библиотечных элементов в хранилище и из него);

- добавлена функция управления проектами (можно управлять группами разработчиков: каждое вносимое имеет именной характер, есть функция комментариев, для добавления которых не нужно сохранять файл и делать новую ревизию);
- возможна сетевая установка (отдельный раздел панели управления предлагает администраторам указать параметры установки и загрузки Altium Designer, а также последующих обновлений программы; удалённая сетевая установка гарантирует одинаковую версию на всех рабочих местах, причём с идентичными настройками).

Использование системы Altium Vault позволяет решить целый ряд проблем, актуальных для систем автоматизированного проектирования данного класса:

- *Управление библиотеками электро-радиоизделий.* При добавлении ком-



понентов в хранилище использует удобный интерфейс, позволяющий заполнить карточку элемента, выбрать для него нужный схемный символ и посадочное место из списка доступных и ранее утверждённых файлов. Для библиотечных элементов можно определить набор необходимых параметров, указать ссылки на поставщиков, а также задать маршрут жизненного цикла, в рамках которого компонент будет проходить стадии проверки, утверждения и использования.

- **Верификация проектов.** Проекты, которые попадают в хранилище Altium Vault, проходят целый ряд назначенных проверок на предмет соответствия ранее заданным конструкторским и схемотехническим требованиям. Также при передаче проекта в хранилище происходит синхронизация различных областей проекта (схемы и платы) и проверка допустимости использования применяемых компонентов.
- **Актуализация данных.** Для каждого проекта, передаваемого в хранилище, можно указать конфигурационный файл, в соответствии с которым будет сформирован комплект конструкторской и технологической документации данного проекта. Каждая новая версия проекта, поступающая в хранилище, будет иметь свой актуальный на текущий момент комплект документации.
- **Стандартизация процессов и рабочей среды.** Обширные возможности настроек программы Altium Designer и всё многообразие шаблонов для различных прикладных задач могут централизованно управлять из системы Altium Vault на множестве рабочих мест в рамках предприятия.
- **Совместная работа над проектами.** Через систему Altium Vault удобно распределять права в рамках коллективной работы группы пользователей над одним проектом. Каждый пользователь, работая с локальной копией проекта, синхронизируется с единым сервером, может вносить изменения и загружать новые версии проекта, а также добавлять комментарии.

Во второй части своего выступления Алексей Сабунин отметил, что в версии Altium Designer 14.3, которая была выпущена несколько месяцев назад, основной фокус был направлен на инстру-

менты работы с высокоскоростными платами, которые получили дальнейшее развитие в 15-й версии (см. дополнительные материалы к статье на сайте журнала «Современная электроника»). При этом самое пристальное внимание уделено специфическим требованиям российского рынка, обусловленным жесткими национальными стандартами. Так, начиная с первых релизов 14-й версии, в Altium Designer появляются всё более полные возможности адаптации программы под российские ГОСТы. Для формирования текстовой документации в соответствии с ГОСТ, в Altium Designer 15 реализован новый плагин.

По словам руководителя подразделения Altium (ЗАО «Нанософт») Олега Илюкина «Компания Altium взяла курс на российских пользователей, и 15-я версия Altium Designer подтверждает это со всей наглядностью. Продукт стал намного мощнее, гораздо ближе к российской проектной практике и к требованиям отечественных стандартов, ГОСТов и ЕСКД, которые необходимы для разработки конструкторской документации. Мы надеемся, что Altium Designer 15 произведёт на наших пользователей самое благоприятное впечатление и позволит им разрабатывать проекты очень высокого уровня сложности. Серьёзные усилия прилагаются и в направлении максимально полной интеграции продукта со сторонними CAD-системами и решениями. Пользователи смогут выстраивать работу предприятия вокруг систем, которые дружелюбно относятся друг к другу. Не будет никаких коллизий, что поспособствует и более высокому уровню выполнения проектов, и более быстрой сдаче разработок в производство, а в конечном итоге и более эффективной работе компании в целом».

Работу форума продолжил так называемый «вендорский» блок, где представители компаний-разработчиков программного обеспечения рассказали об интеграционных возможностях своих решений и Altium Designer. Технический директор компании «Фидесис» Анатолий Вершинин предложил обзор системы прочностного анализа CAE FIDESYS и привёл примеры решённых промышленных задач. Ведущий специалист отдела внедрения ОДО «ИНТЕРМЕХ» Дмитрий Печко выступил с докладом «ИНТЕРМЕХ в приборостроении». Интеграция с Altium



Designer – больше возможностей в автоматизации КТПП». Технический специалист CAD/CAM/CAE/PDM компании SolidWorks Russia Игорь Ларионов ознакомил участников форума с PLM-технологиями SolidWorks в приборостроении, а аналитик компании «АСКОН» Петр Никифоров представил комплекс решений «АСКОН» для приборостроительной отрасли и пути интеграции этих решений с Altium Designer.

Завершением официальной части стал блок «Altium: истории успеха ведущих предприятий радиоэлектронной отрасли России», в рамках которого прозвучали доклады по истории внедрения и работы Altium Designer на Чебоксарском электроаппаратном заводе (ЧЭАЗ), в УП «Тетраэдр» и Институте космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН).

Также в рамках форума состоялось уже традиционное и особо ожидаемое награждение победителей конкурса «Я проектирую в Altium Designer!». На конкурс было представлено около 40 работ, лучшей из которых, по мнению организаторов, стал проект Александра Кочеткова из концерна «Гудвин»: «Очень впечатлён призом за первое место в конкурсе, на который отправлял две работы. Победившая достаточно сложна, выполнена недавно и с использованием тех приёмов, которые отличают Altium Designer от других программ. В новом Altium Designer 15 особенно интересуют возможность выравнивания от точки к точке, скорость работы. Кроме того, на форуме смог пообщаться с интересными людьми, восстановить старые контакты, есть и новые знакомства. Думаю, что буду участвовать и в следующем году – такие масштабные мероприятия случаются в нашей отрасли не так уж часто». Второе место занял Вячеслав Осипов (ОАО «НИИЭТ»), а третье – Дмитрий Курлов (ЗАО «ЧЭАЗ»). Призы для победителей предоставили постоянные партнёры



тнёры форума: ARBYTE, 3DConnexion и NVIDIA.

Второй по счёту форум «Altium: навстречу российскому пользователю» получил самую высокую оценку его посетителей. В частности, дизайнер-конструктор Института космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН) Виктор Соловьёв высказался так: «Программа форума очень насыщена, из зала по каждому докладу задавалось много вопросов. Моё выступление касалось вопросов проектирования гибких плат. В России это направление пока развито слабо, но сейчас уже можно говорить о некоторых аспектах работы с предприятиями, которые изготавливают электронные платы в России».

В этом году информационных партнёров форума было значительно больше: «Современная электроника», «Технологии в электронной промышленности», «САПР и графика», «CADmaster», «REM», «CAD/CAM/CAE



Observer», «Радиолоцман», «IT World», портал «KAZUS».

Как отметила директор по маркетингу компании «Нанософт» Евгения Николаева «В этом году участников было намного больше, чем в прошлом, хотя и прошлогоднее мероприятие собрало почти полный зал. Но в этот раз у нас настоящий аншлаг, что объяснимо: форум предоставляет действительно эксклюзивную возможность получить полную и всестороннюю информацию об Altium как от пользователей и партнёров, так и от самого вендора, что немаловажно. Особо отмечу, что мы стремились именно к диалогу, и, надо сказать, получилась действительно большая, не побоюсь этого слова, глобальная беседа по продукту. Вопросов из зала было очень много, некоторых докладчиков просто не отпускали, продолжая общение и в перерывах. Отмечу, что половина аудитории – это участники первого форума, и мы рады были видеть знакомые лица».





IF/RF & Microwave Design
advantex

LNO-HP62M

Диапазон частот: **100 МГц .. 12 ГГц**

Шаг перестройки: **<0.001 Гц**

Уровень фазового шума: **-125 дБн/Гц**
при отстройке 10 кГц @ 1 ГГц

Выходная мощность: **-10..+10 дБм**

Шаг регулировки: **0.5 дБ**

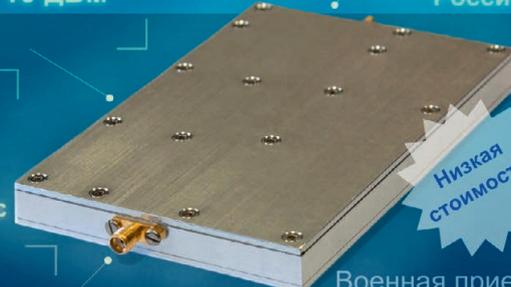
Время перестройки:
шаг 100 МГц: **<5 мкс**
шаг 1 ГГц: **<40 мкс**
во всем диапазоне: **<180 мкс**

Опорный сигнал:
диапазон частот: **70-200 МГц**
уровень мощности: **0±2 дБм**

Габаритные размеры: **135x87.5x13 мм**

Синтезатор частот

Сделано в России



Военная приемка

Низкая стоимость!

www.advantex.ru
info@advantex.ru

СТАТЬЯ	№ журнала
РЫНОК	
Новости российского рынка	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
Synopsys: о перспективах САПР на российском рынке	1
Как сделать жилой дом энергоэффективным?	5
Keysight Technologies: новое имя заслуженного игрока	7
Fairchild активизирует работу на российском рынке	7
Взлёт рынка солнечной энергетики	9
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
Методы сжатия данных для потоковой передачи широкополосных импульсных сигналов РЛС <i>Майкл Мэй</i>	1
Автоэлектроника: тенденции и тренды... <i>Алексей Сашин</i>	2
Число станций быстрого заряда электромобилей достигнет 200 000 к 2020 году <i>Жюльен Хаппич</i>	2
Защита данных в ИТ-системах <i>Владимир Вычужанин</i>	2
Вторая редакция стандарта ARINC 818: что нового? <i>Пол Грюнвальд</i>	3
Совместимость материалов изолятора соединителей с процессами пайки и промывки печатных плат <i>Наталья Мартынова</i>	4
Разработка отечественного керамического материала для изготовления изделий по технологии LTCC <i>Юрий Непочатов, Светлана Кумачёва, Юлия Швецова, Александр Дитц</i>	4
Основы импульсного режима тестирования новых типов энергонезависимой памяти <i>Питер Дж. Халберт</i>	4
Новые электронные приборы на основе GaAs и их применение в различных видах приводов <i>Александр Гордеев</i>	5
Исследование технологии изготовления многослойных печатных плат СВЧ с применением жидкокристаллических полимеров <i>Елена Абрамова, Николай Пахомов, Яков Перцель</i>	5
Новая экстремальная электроника на основе LPE i-GaAs монокристаллов <i>Виктор Войтович, Анатолий Думаневич, Александр Гордеев</i>	6
Мощные фотозлектрические преобразователи монохроматического и концентрированного солнечного излучения <i>Вячеслав Андреев</i>	6
Алюмо-водородные источники тока для портативных электронных устройств <i>Евгений Школьников</i>	6
Программно-аппаратные методы повышения радиационной стойкости микросхем SRAM ПЛИС <i>Алексей Соколов</i>	6
Рынок встраиваемых компьютерных технологий: встречайте Bay Trail <i>Сергей Руденко, Александр Ковалёв</i>	6
Зачем умному автомобилю путь наибольшего сопротивления? <i>Александр Хлынов</i>	7
Радиолокационные отражения от «ясного неба» вынуждают улучшать параметры РЛС <i>Владимир Бартнев</i>	7
Высокотемпературные конденсаторы для нефтегазовой промышленности <i>Евгений Кожухов, Алексей Дворянинов</i>	7
Новые возможности для развития отечественной микроэлектроники <i>Пётр Козлов, Евгений Ермолаев</i>	8
Обзор современных технологий производства ЖК-матриц <i>Игорь Матешев, Андрей Туркин</i>	8
Расширение возможностей стандарта ARINC 818 для работы с высокоскоростными датчиками и системами. Часть 1 <i>Тим Келлер, Пол Грюнвальд</i>	8
Опыт проведения испытаний на ЭМС технических средств военного назначения <i>Александр Ивко</i>	8
Расширение возможностей стандарта ARINC 818 для работы с высокоскоростными датчиками и системами. Часть 2 <i>Тим Келлер, Пол Грюнвальд</i>	9
Технологии изготовления плат для высокомощных силовых полупроводниковых устройств. Часть 1 <i>Иван Красный, Юрий Непочатов, Светлана Кумачёва, Юлия Швецова</i>	9
ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ	
Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: последовательный интерфейс SPI <i>Олег Вальпа</i>	1
Микросхемы активации питания с интерфейсом LIN <i>Юрий Петропавловский</i>	1
Применение структурных кристаллов для создания интерфейсов датчиков <i>Олег Дворников, Владимир Чеховский, Валентин Дятлов, Николай Прокопенко</i>	1
Ионистор в автономной электрической цепи <i>Андрей Кашкаров</i>	1
Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: часы реального времени RTC <i>Олег Вальпа</i>	2
Мультикетлы – новое слово в микропроцессорах <i>Борис Зырянов, Николай Стрельцов, Дмитрий Кукушкин, Михаил Власов, Михаил Бахтерев, Наталья Горностаева</i>	2

СТАТЬЯ	№ журнала
Модули фильтрации и защиты от перенапряжений для питающих сетей постоянного тока <i>Виктор Жданкин</i>	2
Особенности реализации полупроводниковых датчиков температуры <i>Олег Дворников, Владимир Чеховский, Валентин Дятлов, Николай Прокопенко</i>	3
Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: блок резервных данных ВКР <i>Олег Вальпа</i>	3
Характеристики и особенности светодиодов компании SemiLEDs <i>Андрей Туркин</i>	3
Томские светодиоды: история, характеристики и перспективы <i>Андрей Туркин</i>	4
Устройства гальванической развязки <i>Сергей Поплавный</i>	4
Методы обработки сигналов индуктивных датчиков линейных и угловых перемещений <i>Владимир Ануфриев, Александр Лужбинин, Сергей Шумилин</i>	4
Инерциальные датчики и модули на основе МЭМС <i>Дмитрий Данильцев, Андрей Михеев, Олег Греков</i>	4
Z-термисторы в системах регулирования температуры <i>Владислав Зотов</i>	4
Обзор новых ЖК-панелей Sharp для промышленного применения <i>Игорь Матешев, Андрей Туркин</i>	5
Современные светодиодные изделия компании Avago Technologies <i>Юрий Петропавловский</i>	5
Радиочастотные соединители с предельной частотой 40 ГГц: перспективы применения в отечественных изделиях СВЧ <i>Кива Джуринский</i>	5
Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: организация памяти <i>Олег Вальпа</i>	6
Микросхемы для приборов учёта коммунальных услуг <i>Владимир Ануфриев</i>	6
K1382HX045 – микросхема преобразователя фазы квадратурного сигнала в код положения <i>Георгий Прокофьев, Вениамин Стахин, Антон Обедин</i>	6
Новинки светодиодной продукции компании Philips Lumileds <i>Игорь Матешев, Алина Муленкова, Андрей Туркин, Константин Шамков</i>	6
Модульные DC/DC-преобразователи напряжения: безупречное электропитание <i>Олег Негреба</i>	6
ПЛИС Achronix – опыт освоения <i>Владимир Викулин</i>	7
Оценка возможности применения микросхемы 10194T3C в изделиях спецтехники <i>Алексей Бабкин, Дмитрий Коробов, Илья Струков</i>	7
Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: блок вычисления кода CRC <i>Олег Вальпа</i>	7
Новый способ построения высоконадёжных AC/DC-преобразователей <i>Александр Гончаров, Андрей Кузнецов, Иван Лукьянов</i>	7
Инновационные решения от компании MENTOR GmbH & Co <i>Ольга Романовская</i>	7
Обзор интегральных микросхем светодиодных драйверов <i>Евгений Цвелюк, Владимир Котов</i>	8
Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: флэш-память <i>Олег Вальпа</i>	8
Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: базовые таймеры <i>Олег Вальпа</i>	9
Силовые модули IGBT корпорации Mitsubishi Electric <i>Юрий Петропавловский</i>	9
Новые быстродействующие твердотельные коммутаторы <i>Сергей Поплавный</i>	9
Импортозамещающие изделия производства ОАО «Воронежский завод полупроводниковых приборов – сборка»	9
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ	
Рабочее место разработчика электронной аппаратуры <i>Владимир Дьяконов</i>	1
Выявление конфликтов доступа к шине CAN с помощью осциллографа <i>Джонни Хэнкок</i>	2
Различные типы систем бесперебойного питания <i>Нил Расмуссен</i>	2
Осциллографы высокого разрешения Teledyne LeCroy и их возможности <i>Владимир Дьяконов</i>	3
Ускорение отладки автомобильных электронных систем с использованием декодирования и запуска по символам CANdbcc <i>Джонни Хэнкок</i>	3
Советы по обеспечению совместимости оборудования различных производителей в системах на базе PXI <i>Алан Леско</i>	4
Система светодиодной подсветки Xlight Cabinet <i>Екатерина Бойцова</i>	5
Модернизация волоконно-оптической системы измерения уровня жидкости <i>Татьяна Мурашкина, Инна Назарова, Кирилл Серебряков, Дмитрий Серебряков, Денис Митин</i>	5

СТАТЬЯ	№ журнала
Погрешность измерений при анализе спектра <i>Боб Нельсон</i>	5
Комплексы имитации сетей электропитания для испытаний технических средств <i>Михаил Попов</i>	6
Восемь типичных ошибок при выполнении измерений с помощью анализатора спектра <i>Боб Нельсон</i>	6
Мощные светодиоды в осветительных устройствах <i>Андрей Кашкаров</i>	6
Сравнение технических характеристик современных анализаторов спектра для испытаний на ЭМС <i>Сергей Зернов, Максим Смолин</i>	7
Выбор осциллографических токовых пробников для работы с маломощными устройствами <i>Кенни Джонсон</i>	7
Измерение сверхширокополосных многопортовых устройств <i>Николай Дроботун, Олег Кравченко</i>	7
Векторный анализ цепей в учебном процессе <i>Владимир Губа, Олеся Быкова, Александр Савин</i>	7
Место и роль датчика движения в системе тахографического контроля <i>Рашит Хафизов</i>	8
Осциллографы серии InfiniVision 4000X корпорации Agilent <i>Владимир Дьяконов</i>	8
Высокоскоростные объединительные платы от HARTING Integrated Solutions (HIS) <i>Сергей Власов, Ольга Романовская</i>	8
Отладочная плата STM32F429I в качестве осциллографа <i>Валентин Юрзин, Сергей Недорезов</i>	9
Контрольно-проверочная аппаратура для тестирования навигационных приёмников космических аппаратов <i>Александр Савин, Владимир Губа, Олеся Быкова</i>	9
Цифровой запоминающий характериограф полупроводниковых приборов Л2-100 ТЕКО <i>Дмитрий Лисовский, Михаил Рагозин</i>	9
Может ли быть энергетической плотности слишком много? <i>Александр Гончаров, Андрей Кузнецов, Иван Лукьянов</i>	9
ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ	
Мощный тиристорный выключатель переменного тока с гальванической развязкой <i>Алексей Кузьминов</i>	1
Реализация профиля клавиатуры USB HID на плате STM32 Mini <i>Андрей Шаронов, Валерий Володин, Равиль Бикметов</i>	1
Таймер, управляющий 30 независимыми нагрузками <i>Сергей Шишкин</i>	1
Регулятор мощности паяльника в сетевой вилке <i>Алексей Кузьминов</i>	2
Автоматизация кабинета для спелеотерапии <i>Сергей Шишкин</i>	3
Конвертер сигналов ISM-диапазонов <i>Виктор Безруков</i>	3
Необычное управление таймером KP1006B11 <i>Андрей Кашкаров</i>	4
Умный дом на микроконтроллерах ATMEL <i>Сергей Шишкин</i>	5
Измеритель ослабления оптических сред <i>Павел Редькин</i>	5
Светодиодный драйвер MP4050 без гальванической развязки от Monolithic Power Systems <i>Александр Щерба</i>	7
Магнитотерапевтическая установка с двумя индукторами <i>Сергей Шишкин</i>	9
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ	
Средства VHDL для функциональной верификации цифровых систем: пакет RandomPkg <i>Николай Авдеев, Пётр Библио</i>	1
Проектирование принципиальных схем и печатных плат с помощью САПР Mentor Graphics PADS 9.5 <i>Татьяна Колесникова</i>	1
Проектирование антенной решётки в программах электродинамического моделирования HFSS и CST <i>Александр Курушин, Константин Папилов</i>	2
Проектирование принципиальных схем и печатных плат с помощью САПР Mentor Graphics PADS 9.5. Часть 2 <i>Татьяна Колесникова</i>	2
Модельно-ориентированное проектирование генератора случайных чисел <i>Владимир Бартнев, Анна Бартнева</i>	2
Регистрация и цифровая обработка сигналов люминесценции в сепараторах алмазов <i>Евгений Владимиров, Евгений Бубырь</i>	2
Mentor Graphics Expedition Enterprise 7.9.4 – разработка стеков контактных площадок и посадочных мест компонентов <i>Татьяна Колесникова</i>	3
ToroR 6.0: шесть шагов навстречу <i>Оксана Воробьёва, Константин Кноп</i>	3

СТАТЬЯ	№ журнала
Расчёт зеркальных параболических антенн с помощью современных САПР СВЧ <i>Александр Курушин, Евгений Лаврецкий, Сергей Чадов</i>	3
Высокоселективный микрополосковый фильтр на плавнонерегулярных линиях передачи <i>Денис Клименко</i>	3
Проектирование перестраиваемого фильтра с регулируемой полосой пропускания <i>Михаил Ярославский, Денис Могучёнок</i>	4
Обзор возможностей ANSYS Designer RF <i>Александр Евграфов</i>	4
Маршрут проектирования Mentor Graphics Expedition Enterprise 7.9.4 – работа с центральной библиотекой <i>Татьяна Колесникова</i>	4
Проектирование аналоговых и аналого-цифровых ИС с использованием языка Verilog-AMS. Часть 1. Введение в язык Verilog-A <i>Дмитрий Осипов</i>	4
Новые возможности OrCAD Capture/PSpice 16.65 <i>Анатолий Сергеев</i>	5
ANSYS HFSS: передовые технологии трёхмерного решения электродинамических задач <i>Александр Евграфов</i>	6
OrCAD Library Builder: новая программа для создания библиотек компонентов <i>Анатолий Сергеев</i>	7
Моделирование излучающих многопортовых СВЧ-структур <i>Александр Курушин</i>	7
Маршрут проектирования Mentor Graphics PADS 9.5 – разработка посадочных мест средствами PADS Layout <i>Татьяна Колесникова</i>	7
Проектирование аналоговых и аналого-цифровых интегральных схем с использованием языка Verilog-AMS. Часть 2. Аналоговые события <i>Дмитрий Осипов</i>	8
Вопросы тестирования интерфейсов стандарта USB 3.x <i>Тами Пипперт</i>	8
Широкополосная логоспиральная антенна с круговой поляризацией <i>Пётр Вьюгин, Александр Курушин</i>	8
OrCAD PCB Designer Standard – лучший редактор печатных плат для профессионалов <i>Анатолий Сергеев</i>	8
Модуль на малощумящих полевых транзисторах для обработки сигналов лавинных фотодиодов <i>Олег Дворников, Владимир Чеховский, Валентин Дятлов, Николай Прокопенко</i>	8
Автоматизация измерений: упрощение процесса <i>Кэйс Дрейтлейн</i>	9
Оптимизация разработки программ для встраиваемых систем в симуляторе Vista Virtual Prototyping <i>Анна Сергеева</i>	9
СОБЫТИЯ	
Наше радиовещательное наследие. К 95-летию создания Нижегородской радиолaborатории <i>Владимир Бартенев</i>	1
Итоги Международного промышленного форума «Радиоэлектроника. Приборостроение. Автоматизация»	1
Открытие Зеленоградского нанотехнологического центра: старт новых проектов	1
Не пропустите ведущее мероприятие в области неразрушающего контроля и технической диагностики!	1
Авиасалон МАКС-2013: возрождение великой державы	2
«Золотой чип» – высокая награда на престижной выставке	2
Забывтое изобретение А.С. Попова, или Первый в мире детекторный радиоприёмник. 155-летию со дня рождения А.С. Попова посвящается <i>Владимир Бартенев</i>	3
«Встраиваемые технологии 2014. Современные программные и аппаратные решения»	3
ЭкспоЭлектроника: олимпийские достижения	3
Два учебных центра тахоп motor в России – далеко не предел	4
SEMICON Russia 2014 – выход на глобальный рынок микроэлектроники	4
7 мая – День радио. Изобретатель радио А.С. Попов в Крыму <i>Владимир Бартенев</i>	5
Весна – лучшее время для развития бизнеса	5
ЭкспоЭлектроника 2014: конкурс пайки и другие встречи специалистов	6
Форум SEMICON Russia на пике	7
Выставка electronica 2014: программа к 50-летию юбилею	7
Aerospace Testing & Industrial Control: 11 лет свершений и побед	8
Юбилейная Interlight Moscow powered by Light+Building	8
50 лет под именем «electronica»	8
Рождение радиоэлектроники <i>Владимир Бартенев</i>	9
Проблема импортозамещения – неэффективный процесс коммуникации	9
Остек: новые решения в организации производства	9
Форум «Altium: навстречу российскому пользователю – 2014». Как это было	9
КОМПЕТЕНТНОЕ МНЕНИЕ	
Научно-технический совет «ПРОТИВ»	8



WIND RIVER

- Операционная система реального времени VxWorks 653 для интегрированной модульной авионики, сертифицируемая по DOC-178B/C
- Средства разработки и конфигурирования, соответствующие DOC-178B/C и поддерживающие процессы DOC-279
- Готовые пакеты сертификационной и квалификационной документации

БЕЗОПАСНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ — ОСНОВА МОДУЛЬНОЙ АВИОНИКИ

LDRA
Software Technology

- Инструментарий трассировки требований, анализа и автоматизированного тестирования ПО авионики, сертифицированный по DOC-178B/C
- Полуавтоматическая генерация сертификационных документов
- Система поддержки сертификационного процесса DOC-178B/C и взаимодействия с аудитором

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИЙ WIND RIVER И LDRA

PROSOFT[®]

МОСКВА
С.-ПЕТЕРБУРГ

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

ВСЕ ЦВЕТ
ЭЛЕКТРОНИКИ

ufi
Approved
Event

E • X • P • O
ELECTRONICA



18-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ
И КОМПЛЕКТУЮЩИХ

Совместно с выставкой



24–26 марта 2015

Забронируйте стенд!
www.expoelectronica.ru

МОСКВА
КРОКУС ЭКСПО

Организаторы:



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

При содействии:



0+



ЗАО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «ДОЛОМАНТ»

КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ОТВЕТСТВЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ
ОБЩЕГО И СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

ВЕРНЫМ ПУТЕМ РАЗВИТИЯ — К УСПЕХУ ЗАКАЗЧИКОВ!

Открыт дополнительный прием заявок на производство в 2014-2015 гг.



В 2014 году завершен крупный этап модернизации:

- ★ Умножены мощности производственной базы по всем направлениям деятельности на основе самого современного оборудования
- ★ Реализованы меры жесткого контроля качества процессов и прослеживаемость циклов производства изделий

В первом квартале 2015 года запланировано введение в эксплуатацию дополнительной линии автоматизированного монтажа, а также современных программ управления производством

Постановка на серию и серийное производство / ОКР, макеты, адаптация документации и технологий / Тестирование, испытания, спецпроверки / Ответственное комплектование / Сервисная и технологическая поддержка

Приглашаем на наши семинары и в офисы компании (дизайн-центр, производство). Подробнее на сайте

Реклама

WWW.DOLOMANT.RU / +7 (495) 739 0775