

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 2 2015



В номере:

- Итоги ФЦП «Развитие ЭКБ и радиоэлектроники на 2008–2015 гг.»
- Формирование и анализ сверхширокополосных сигналов
- Кодовый замок с загрузкой эталонного кода по RS-485
- Моделирование зеркальной антенны с помощью HFSS ANSYS
- Методика АПМ и тестирования систем ЦОС
- Лауреаты Нобелевской премии 2014 года
- «Дополненная реальность» в Москве

и многое другое

www.soel.ru



**Лидер в области разработки
и производства высоковольтных
реле и контакторов**



Вакуумные реле



Газонаполненные реле



Герконовые реле



Контакторы

Нельзя обмануть законы физики.

Но их можно обойти.

Если вы занимаетесь разработкой памяти DDR, наверняка вы сталкиваетесь с требованиями сокращения сроков реализации проектов, снижения энергопотребления, уменьшения размеров, уплотнения компоновки, усложнением доступа к точкам подключения. Мы поможем справиться с этими задачами. Keysight – единственный производитель контрольно-измерительного оборудования и программного обеспечения, используемого на всех стадиях разработки микросхем DDR. Наши решения охватывают все этапы разработки: от моделирования до измерения параметров прототипа, отладку, верификацию и тестирование на соответствие стандартам.

HARDWARE + SOFTWARE + PEOPLE = DDR INSIGHTS

Программные решения – от моделирования до тестирования на соответствие стандартам

Лабораторные и модульные приборы

Полный набор высокоскоростных пробников с высокой плотностью компоновки

Специализированные пробники для ваших задач



САПР Keysight ADS W2211BP
Модуль САПР ADS W2351EP на соответствие стандарту DDR4



Осциллографы Keysight серии 90000X
ПО на соответствие стандартам и декодеры протоколов для DDR 2/3/4 и LPDDR 2/3/4



Модуль логического анализатора Keysight U4154B для DDR 2/3/4 и LPDDR 2/3/4 в шасси M9502A
ПО для декодирования протоколов DDR 2/3/4 и LPDDR 2/3/4 и тестирования на соответствие стандартам



Высокопроизводительный анализатор битовых ошибок J-BERT M8020A

Пробники Keysight - стандартные и специализированные

Закажите DVD-диск с материалами по DDR 2015
www.keysight.com/find/HSD-insight



8 800 500 9286 (Звонок по России бесплатный)

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, 2015

2/2015 Contents

MARKET

Russian Market News	4
Innovation in the Industry – is Joint and Several Liability of Inventors and Industrialists	10

MODERN TECHNOLOGIES

Electrocondensation Method of the Silicon, Carbon and Silicon Carbide Synthesis	14
<i>Arseniy Brykin, Arseniy Artemov, Daria Arsenyeva</i>	

ELEMENTS AND COMPONENTS

Modern 32-bit ARM Microcontrollers Series STM32: Digital-to-Analog Converter	20
<i>Oleg Val'pa</i>	

DEVICES AND SYSTEMS

Budget Multifunctional Oscilloscopes AKIP 4126 with Frequency Range From 70 to 300 MHz	28
<i>Vladimir Dyakonov</i>	

High Speed and Low Phase Noise Frequency Synthesizer	32
<i>Petr Bobkovich, Andrey Kuzmenkov</i>	

Formation and Analysis Methods of UWB-Signals Based on the Keysight Technologies' Equipment	38
<i>Aleksandr Chumadin</i>	

ENGINEERING SOLUTIONS

Combination Lock with Reference Code Load through RS-485	46
<i>Sergey Shishkin</i>	

Contactless Controllers for the Tag-Keys	50
<i>Andrey Kashkarov</i>	

DESIGN AND SIMULATION

Reflector Antenna Modeling Using HFSS ANSYS	58
<i>Aleksandr Kurushin, Evgeniy Lavretskiy, Semen Dergachev</i>	

The Technique of Hardware and Software Simulation and Testing Systems Designed for Digital Signal Processing	62
<i>Vladimir Vychuzhanin</i>	

EVENTS

The Nobel Prize in Physics 2014: Isamu Akasaki, Hiroshi Amano and Shuji Nakamura	68
<i>Andrey Turkin, Aleksandr Yunovich</i>	

«Power Electronics 2014»	74
---------------------------------------	-----------

Annual Seminar «Keysight Environment»	78
--	-----------

AR Conference: Augmented Reality in Moscow	80
---	-----------

COMPETENT OPINION

Some Results of the Program «Development of Electronic Component Base and Radioelectronics»	84
<i>Vladimir Bartenev</i>	

Содержание 2/2015

РЫНОК

- 4 **Новости российского рынка**
10 **Инновации в индустрии – солидарная ответственность изобретателей и промышленников**

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 14 **Электроконденсационный метод синтеза кремния, углерода и карбида кремния**

Арсений Брыкин, Арсений Артёмов, Дарья Арсеньева

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- 20 **Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: цифроаналоговый преобразователь**

Олег Вальпа

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- 28 **Многофункциональные бюджетные осциллографы АКИП 4126 с полосой частот от 70 до 300 МГц**

Владимир Дьяконов

- 32 **Отечественный синтезатор частот с высоким быстродействием и низким уровнем фазовых шумов**

Пётр Бобкович, Андрей Кузменков

- 38 **Методы формирования и анализа сверхширокополосных сигналов на базе оборудования Keysight Technologies. Часть 1**

Александр Чумадин

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

- 46 **Кодовый замок с загрузкой эталонного кода по RS-485**

Сергей Шишкин

- 50 **Бесконтактные контроллеры для ключей-меток**

Андрей Кашкаров

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 58 **Моделирование зеркальной антенны с помощью HFSS ANSYS**

Александр Курушин, Евгений Лаврецкий, Семён Дергачёв

- 62 **Методика аппаратно-программного моделирования и тестирования проектируемых систем**

Владимир Вычужанин

СОБЫТИЯ

- 68 **Лауреаты Нобелевской премии по физике 2014 года: И. Акасаки, Х. Аmano и С. Накамура**

Андрей Туркин, Александр Юнович

- 74 **«Силовая Электроника 2014»**

- 78 **Ежегодный семинар «Среда Keysight»**

- 80 **AR Conference: дополненная реальность в Москве**

КОМПЕТЕНТНОЕ МНЕНИЕ

- 84 **Некоторые итоги программы «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники»**

Владимир Бартнев

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

Новости российского рынка

СОБЫТИЯ

NDT Russia 2015 – «Неразрушающий контроль и техническая диагностика в промышленности»

С 17 по 19 февраля 2015 года в Москве, в Крокус Экспо пройдёт 14-я Международная выставка «Неразрушающий контроль и техническая диагностика в промышленности» – NDT Russia.

Основные разделы выставки:

- неразрушающий контроль;
- разрушающий контроль;
- лабораторный контроль;
- экологическая диагностика;
- измерения и испытания;
- услуги.

На NDT Russia представлены ведущие российские и зарубежные разработчики и поставщики оборудования и технологий для неразрушающего контроля и техниче-

ской диагностики в различных отраслях промышленности. Выставка предоставляет компаниям-участницам новые возможности для развития бизнеса и расширения географии продаж, а посетителям – самую актуальную информацию о рынке и широкий выбор специализированного оборудования.

В 2015 году NDT Russia переезжает на одну из самых современных выставочных площадок мира – МВЦ «Крокус Экспо», которая заслужила признание российских и зарубежных экспертов выставочной индустрии. Несомненно, проведение выставки на такой современной и технически оснащённой площадке придаст новый импульс её развитию.



Деловая программа выставки включает серию научно-практических круглых столов и имеет высокую практическую значимость.

NDT Russia традиционно проходит одновременно с выставкой ExpoCoating Moscow – «Покрытия и обработка поверхности», ведущим проектом в России в сфере оборудования и технологий обработки поверхности. Выставка ежегодно демонстрирует современные достижения в области развития техники и технологий в отрасли покрытий, предоставляет российским и зарубежным участникам и посетителям возможности для обмена опытом и идеями, является площадкой для налаживания деловых контактов и реализации коммерческих задач компаний.

Организатором выставок является ООО «ПРИМЭКСПО», часть международной Группы компаний ITE, работает на выставочных рынках Санкт-Петербурга, Москвы и других городов России с 1996 года. На сегодняшний день портфель компании включает 25 ежегодных выставок. Высокое качество и престиж организуемых мероприятий подтверждаются многочисленными наградами компании за успешную выставочную деятельность.

www.ndt-russia.ru
Тел.: (812) 380-6000

17-я Международная конференция «Цифровая обработка сигналов и её применение»

С 25 по 27 марта 2015 года в Москве в ИГУ РАН им. В.А. Трапезникова состоится 17-я Международная конференция «Цифровая обработка сигналов и её применение» – DSPA'2015.

17-я Международная Конференция Цифровая Обработка Сигналов и ее Применение	DSPA-2015 25 - 27 марта 2015 г. Москва Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова (ИГУ РАН)
Семинар ANALOG DEVICES Inc. «ANALOG DEVICES PROCESSORS»	Состоится 26 марта, начало в 10:30 Дополнительная информация на сайтах www.autex.ru и www.dspa.ru

26 марта в 10:30 в рамках конференции пройдёт семинар по теме «Процессоры компании Analog Devices Inc.».

Место проведения конференции: ИГУ РАН (Москва, ул. Профсоюзная, дом 65).

Организаторы:

- РНТОРЭС им. А.С. Попова;
- IEEE Signal Processing Society;
- Российская секция IEEE;
- Институт радиотехники и электроники РАН;
- Институт проблем управления РАН им. В.А. Трапезникова;
- Институт проблем передачи информации РАН;
- Московский научно-исследовательский телевизионный институт (ЗАО МНИТИ);
- компания AUTEX Ltd. (АВТЭК).

Заседания будут проходить в аудиториях, оборудованных мультимедийными проекторами.

Слушатели приглашаются на конференцию и семинар бесплатно.

www.autex.ru
Тел.: (495) 334-9151, 334-7741,
(495) 334-8729, 234-9991

Новости российского рынка

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

Новый прецизионный малощумящий кварцевый генератор ГК310-ТС для космических применений

ОАО «МОРИОН» – ведущее предприятие России и один из мировых лидеров в области разработки и серийного производства пьезоэлектронных приборов стабилизации и селекции частоты – представляет новый прецизионный термостатированный кварцевый генератор ГК310-ТС.



Эксплуатационные характеристики данного генератора позволяют использовать его в условиях открытого космоса в негерметичных отсеках космических аппаратов. Генератор обладает повышенной стойкостью к ВВФ, в том числе – специальным факторам.

ГК310-ТС поставляется на частоты 10,23 МГц и 10,0 МГц (по согласованию). В дальнейшем возможно расширение диапазона частот. Компактные размеры обеспечивают дополнительное преимущество данного прибора. Генератор выполнен в герметичном корпусе 47 × 42 мм с высотой 26 мм, с возможностью крепления на шасси.

Генератор обеспечивает хорошую долговременную и температурную стабильность частоты (норма на температурный коэффициент частоты $\pm 1,0 \times 10^{-10}$ 1/°C).

Показатели фазовых шумов – на уровне лучших генераторов аналогичного класса:

- 1 Гц < -100 дБ;
- 10 Гц < -130 дБ;
- 100 Гц < -150 дБ;
- 1000 Гц < -155 дБ;
- 10000 Гц < -160 дБ;
- 100000 Гц < -160 дБ.

ГК310-ТС освоен в категории качества «ВП» и планируется к включению в «Перечень электрорадиоизделий, разрешённых к применению...» (МОП44) в I-II квартале 2015 года.

Дополнительная информация об этих и других новых приборах доступна на сайте ОАО «МОРИОН».

www.morion.com.ru

Тел.: (812) 350-7572, (812) 350-9243

АСС: широкая номенклатура Gigavac на российском рынке

Компания Gigavac, расположенная в Санта-Барбаре (США, штат Калифорния), является ведущим экспертом в области высоковольтных реле и герметичных контакторов. Основанная ведущими специалистами отрасли, Gigavac разрабатывает, производит и продаёт высоковольтные реле, контакторы и другие силовые продукты уже на протяжении 12 лет.

Сфера применения высоковольтных реле достаточно широка. В первую очередь это различные радиочастотные устройства, приложения с большими бросками напряжения (до 70 кВ), где реле используют для коммутации ёмкостных и индуктивных нагрузок, измерительное оборудование (измерители напряжения пробоя и сопротивления изоляции), промышленные коммутаторы постоянного тока (изделия во взрывозащищённом исполнении) и многое другое.

Кроме этого специалисты Gigavac продолжают расширять серию контакторов GX. Контактники данной серии позволяют коммутировать токи до 1000 А при напряжении до 800 В. При этом силовые выводы этих устройств соответствуют по размерам стандартным монтажным панелям UL508. Поэтому отпадает необходимость в подборе специальных силовых кабелей, шин или накопечников для подключения проводников. Герметизация произведена по запатентованной технологии EPIC™, которая гарантирует работоспособность аппаратуры при температуре окружающей среды до +175°C, что снижает риски возникновения пожара и оплавления контактов при перегрузке по току. Качество герметизации соответствует стандарту IP67, что допускает временное погружение под воду (до 30 минут). Для облегчения монтажа предусмотрена возможность установки в любом положении – вертикальном или горизонтальном.

В перечень производимой продукции Gigavac входят:

- высоковольтные реле:
 - вакуумные реле – для радиочастотных приложений и «горячей коммутации»;
 - газонаполненные реле – для приложений с большими бросками и разрядами ёмкостных нагрузок;
 - высоковольтные герконовые реле – для маломощных приложений с большим сроком службы;
 - герметичные контакторы постоянного и переменного тока – для низковольтных приложений и коммутации больших токов;



• контакторы:

- промышленные контакторы – рабочее напряжение до 800 В, ток до 1000 А;
- высоконадёжные контакторы – рабочее напряжение до 48 В, ток до 1000 А;
- высоковольтные контакторы – рабочее напряжение до 1500 В, ток до 350 А;
- MiniTactor (контакторы малых размеров): миниатюрные переключатели – рабочее напряжение до 1500 В, ток до 50 А;
- герметичные ручные переключатели;
- ручные переключатели – рабочее напряжение до 1000 В, ток до 500 А.

Перед отгрузкой заказчику вся продукция Gigavac (реле, контакторы и переключатели) проходит полное тестирование.

Официальным дистрибьютором компании Gigavac является ЗАО «Аппаратура Систем Связи».

www.escltd.ru

Тел.: (495) 925-5013

Hummel – новый бренд в программе поставок ПРОЧИП

В программе поставок компании ПРОЧИП в направлении «Электромеханические компоненты и соединители» появился новый, но уже известный на мировом рынке бренд – Hummel.



Уже более 60 лет немецкая компания Hummel AG производит продукцию, соответствующую высокому уровню качества.

В ассортимент продукции входят:

- кабельные вводы различных конструкций, в том числе:
 - гермовводы;

Новости российского рынка

- вводы для взрывоопасных зон;
- круглые штепсельные экранированные разъёмы;
- различные распределительные коробки;
- электрооборудование специального назначения:
 - пылевлагозащищённое;
 - устойчивое к агрессивным средам;
 - взрывобезопасное.

Продукция Hummel изготавливается в строгом соответствии с действующими нормами ЕС. Многие изделия защищены международными патентами, их конструк-

ции оригинальны, поэтому данная продукция не имеет аналогов.

Все изделия прошли сертификацию в РФ. Они имеют необходимые сертификаты соответствия ГОСТ Р и сертификаты ТР ТС (соответствия техническим регламентам Таможенного союза России, Беларуси и Казахстана).

Использование компонентов такого уровня позволяет предприятиям высоко позиционировать конечный продукт.

Продукция Hummel отличается привлекательной ценой, а также быстрыми сро-

ками поставки, так как компания поддерживает постоянную доступность со склада практически всей номенклатуры изделий. Кроме того, производитель располагает большим фондом образцов, которые могут быть бесплатно предоставлены по запросу предприятия (без необходимости регистрировать проект).

Раздел, посвящённый бренду Hummel, появится на сайте ПРОЧИП в ближайшее время.

www.prochip.ru

Тел.: (495) 232-2522

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

NI представляет приборы с уникальными характеристиками

Компания National Instruments (NI) представляет СВЧ векторный анализатор с наибольшей в отрасли полосой и высокопроизводительный СВЧ-генератор с быстрой перестройкой.



Новые приборы призваны удовлетворить растущие требования в таких приложениях, как тестирование микроэлектроники и радарных систем, радиоэлектронная борьба.

Недавно NI выпустила высокопроизводительный СВЧ векторный анализатор до 26,5 ГГц с наибольшей в отрасли полосой, а также СВЧ-генератор до 20 ГГц с быстрой перестройкой. Эти два устройства дополняют существующую линейку модульных приборов, расширяя измерительные возможности платформы PXI.

Высокопроизводительные векторные анализаторы NI предоставляют комбинацию низких фазовых и амплитудных шумов и высокой линейности. Новый анализатор

до 26,5 ГГц добавляет к этим возможностям мгновенную полосу 765 МГц. С такой полосой инженеры могут за одно измерение анализировать самые широкополосные сигналы, включая радарные импульсы, сигналы LTE-Advanced и 802.11ac. Кроме того, скорость измерений этого прибора помогает инженерам значительно увеличить скорость и снизить стоимость тестирования продукции. Наконец, разработчики смогут программировать встроенную ПЛИС с помощью графической среды разработки систем LabVIEW, настраивая поведение и функционал прибора для наиболее сложных ВЧ-приложений.

Новый генератор до 20 ГГц характеризуется идеальным сочетанием исключительных фазовых шумов и быстрой перестройки (100 мкс). Этот прибор создан для таких приложений, как высокоточные измерения интермодуляционных искажений, а также различные задачи РЭБ.

«Новый генератор NI предлагает отличную комбинацию фазовых шумов и времени перестройки в компактном форм-факторе – идеальный набор для тестирования радарных систем нового поколения», – комментирует старший специалист по СВЧ-измерениям в Saab AB Леннард Берлин.

www.ni.com

Монохромный дисплей TFT-LCD с диагональю 3,5" и встроенным контроллером RA8875

Компания Raystar Optronics, Inc предлагает графический монохромный ЖК-дисплей RFJ350N с размером диагонали 3,5" и разрешением 240 × 320 точек. Это монохромная модель, но встроенная в активную матрицу тонкоплёночных транзисторов (TFT), которая обеспечивает высокий контраст (900:1) и короткое время отклика.

Применение специальной технологии монохромной матрицы тонкоплёночных транзисторов, отличающейся от распространённой технологии создания цветных TFT, обеспечивает весьма приличный контраст. Монохромные высокоэффективные TFT-LCD дисплеи являются идеальными для автомобильных и промышленных применений, где не предъявляются требования к полноцветному изображению. Управление этим дисплеем проще, тем не менее, монохромный дисплей TFT обеспечивает рабочие характеристики, подобные полноцветному TFT-дисплею. Дисплейный модуль RFJ350N способен функционировать при температурах от –30 до +80°C.

Этот дисплей не требует применения сложной платы контроллера для управления модулем микроконтроллера и способен непосредственно управлять системой подсвета. Дисплей также способен работать в режимах с 2,4 или 16 градациями уровня серого, что зависит от установок. Так как драйвер дисплея поддерживает несколько режимов связи (3- или 4-проводной последовательный интерфейс и 8-битовый параллельный интерфейс совместимый со стандартными системами серий 8080 или 6800), желаемый режим для управления устрой-



Новости российского рынка

ствами системы выбирается пользователем. Также заслуживает упоминания возможность ввода дисплея в дежурный режим, при активации которого не очищается содержимое памяти устройства.

Основные параметры дисплея RFJ350N:

- точечная матрица 240×320 ;
- яркость $400 \dots 500$ кд/м²;
- габаритные размеры $62,9 \times 86,54 \times 4,1$ мм;
- рабочее поле $53,28 \times 71,04$ мм;
- шаг пикселя $0,222 \times 0,222$ мм;
- тип дисплея – TFT, просветный, нормальный-чёрный;
- угол обзора в горизонтальной и вертикальной плоскостях $160/160^\circ$;
- тип системы подсветки – светодиоды белого свечения.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

4,3" цветной ЖК-дисплей: инверсия шкалы уровня серого преодолена при помощи технологии O-Film

На рынке доступно много технологий для расширения углов наблюдения, например, MVA (Multi-Domain Vertical Alignment) или IPS (In-Plane Switching – адресация в плоскости). По сравнению с ними технология O-Film TFT имеет преимущество в стоимостном выражении.

Что ещё более важно, эксплуатационные характеристики и размеры TFT-дисплеев, выполненных с применением технологий MVA и IPS, чаще востребованы рынком потребительских товаров (планшеты и смартфоны).

Большинство доступных на рынке стёкол TFT-LCD для промышленных применений относится к твист-нематическим (TN) дисплеям, состоящим из нескольких слоёв. Однако твист-нематическая технология страдает от эффекта инверсии шкалы серого. Это означает, что дисплей имеет одну сторону обзора, у которой цвет изображе-

ния после превышения специфицированного угла обзора изменяется внезапно. Поэтому в предлагаемых компанией Raystar моделях цветных дисплеев угол обзора ограничен. Серия дисплеев TFT O-Film является решением с увеличенным углом обзора TN-стекла и без проблемы инверсии шкалы серого.

Для увеличения угла обзора цветных дисплеев компания RAYSTAR предлагает следующее решение. На верхнюю плоскость цветного TN-стекла добавляется плёнка O-Film. Угол обзора при этом значительно расширяется. Первоначально предлагаются две модели: RFE4AQ-EZW-DBN (с платой управления) и RFE43H-AZW-DNN (без платы управления).

Основные характеристики дисплеев серии O-Film (RFE430H):

- точечная матрица $480 \times \text{RGB} \times 272$ (TFT);
- габаритные размеры модуля $105,5 \times 67,2 \times 2,95$ мм;
- рабочее поле $95,04 \times 53,86$ мм;
- шаг пикселя $0,066 \times 0,198$ мм;
- тип дисплея – TFT, просветный;
- угол смещения $12:00$ часов (наблюдение сверху);
- угол смещения, при котором происходит инверсия шкалы серого, $6:00$ часов (наблюдение снизу);
- яркость 400 кд/м²;
- контрастность $350:1$;
- тип системы подсветки светодиодный (светодиоды белого свечения);
- угол обзора по горизонтали (справа и слева) 75° ;
- угол обзора в вертикальной плоскости 75° .

Диапазон рабочих температур составляет $-20 \dots +70^\circ\text{C}$. Диапазон температур хранения $-30 \dots +80^\circ\text{C}$.

В 2015 году планируется выпустить стандартные дисплеи на основе технологии O-Film с различными размерами экранов.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

EL40S –электролюминесцентный сегментный дисплей для жёстких условий эксплуатации

Компания Veneq, поставляющая TFEL-дисплеи под торговой маркой Lumineq, начала поставки буквенно-цифрового электролюминесцентного дисплея EL40S с высокой яркостью свечения экрана, предназначенного для применения в экстремальных условиях. Дисплей демонстрирует исключительную чёткость и удобочитаемость информационного контента, а также имеет широчайший диапазон рабочих температур.



Дисплеи TFEL являются идеальными для применения в наружной измерительной аппаратуре, тяжёлой промышленности, военной и медицинской аппаратуре и других ответственных сферах.

Достоинства дисплея EL40S:

- диапазон рабочих температур $-60 \dots +85^\circ\text{C}$;
- яркость 300 кд/м² (считывание информации при ярком солнечном свете);
- высокая контрастность;
- регулировка яркости;
- защита от перегрева.

Технические характеристики дисплея EL40S:

- тонкоплёночная электролюминесцентная технология;
- цвет свечения жёлтый;
- угол обзора 179° (при любом направлении наблюдения);
- время отклика – менее 1 мс;
- яркость 300 кд/м²;
- контрастность $180:1$ (типичное значение при освещённости 500 лк), $16:1$ (типичное значение при освещённости $10\,000$ лк), $4:1$ (типичное значение при освещённости $50\,000$ лк);
- сегменты – матрица 4×7 сегментов из точечных элементов отображения;
- символы – «Батарея», «+», «-», «F», «°C», «mV», «:»;
- масса 150 г;
- габариты $138 \times 56 \times 21$ мм (с монтажными проушинами);
- рабочая площадь 110×26 мм;
- напряжение питания 12 В постоянного тока;
- мощность – менее 6 Вт при 300 кд/м²;



Новости российского рынка

- среднее время наработки до отказа 100 000 ч;
- диапазон температур –60...+85°C (рабочий), –60...+85°C (хранение);
- влажность 93% (относительная);
- высота 18 000 м;
- удар 100g в течение 6 мс;
- вибрация (случайная) 5...500 Гц, 0,05 g²/Гц;
- интерфейс SPI;
- опция – защитное покрытие печатной платы.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

Электролюминесцентный прозрачный дисплей ELT15S-1500 TASEL® высокой яркости от Lumineq®

Компания Lumineq представила прозрачный электролюминесцентный сегментный дисплей ELT15S-1500 серии TASEL®, демонстрирующий свойства прозрачных дисплеев для применения в приложениях, требующих эстетических или функциональных свойств.



Дисплей разработан для того, чтобы помочь оценить необходимый размер дисплея и уровень яркости для конечного устройства, и предлагает руководство касательно вида изображения, который необходимо отображать.

Прозрачные дисплеи Lumineq® серии TASEL сочетают надёжность и прочность конструкции дисплеев TFEL с уникальной свободой разработки совершенно прозрачного дисплея. TASEL идеален для использования в бытовой электронике, архитектуре и в других областях, где зрительное восприятие и эстетика продукта являются крайне важными аспектами.

Основные свойства:

- технология, основанная на тонкоплёночной электролюминесценции;
- 15-сегментный дисплей;
- высокая яркость;

- размер дисплея 50 × 57 мм. Технические характеристики ELT15S-1500:
- технология Transparent Thin Film Electroluminescence (TASEL) (прозрачная тонкоплёночная электролюминесцентная);
- цвет свечения – жёлтый;
- пиктограмма 15 предопределённых сегментов (укрупнённых элементов);
- угол наблюдения 360°, полностью прозрачный;
- время отклика – менее 1 мс;
- яркость 1500 кд/м² (тип.);
- прозрачность – более 80%;
- размер демообразца 60 × 145 × 14 мм;
- размер стекла 50 × 62 × 2,2 мм;
- потребляемая мощность – менее 3 Вт;
- разъём питания Mini USB (USB 2.0);
- диапазон рабочих температур – для офисного применения;
- гарантия 3 месяца со дня приобретения.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

Компактный 500 Вт источник питания AC/DC для медицинских и промышленных применений

Компания XP Power объявила о начале выпуска высокоэффективных 500-ваттных источников питания серии GSP500. Имея небольшую площадь основания 101,6 × 152,4 мм (4 × 6 дюймов), эти одноканальные модели с принудительным охлаждением способны обеспечивать в непрерывном режиме полную мощность во всём широком температурном диапазоне –40...+50°C (до +70°C с понижением мощности). Имея высокоэффективное исполнение и почти совсем плоскую кривую



зависимости КПД от нагрузки во всём диапазоне нагрузок, источнику требуется всего лишь 12 CFM (объём) воздушного потока. К тому же модуль GSP500 способен обеспечивать выходную мощность в нагрузке до 180 Вт при конвекционном охлаждении.

Доступны три одноканальные модели, обеспечивающие выходные напряжения с номинальными значениями +12, +24 и +48 В с габаритными размерами 101,6 × 152,4 × 42,4 мм П-образной конструкции, предназначенной для монтажа на шасси.

Предусмотрен также выходной канал 12 В/0,3 А для питания вентилятора. Доступна также модель со встроенным в торце охлаждающим вентилятором. Применяются два трёхскоростных вентилятора. Скорость вентилятора зависит от сочетания окружающей температуры, температуры внутри корпуса, входного напряжения и нагрузки, и обеспечивает минимальное значение акустического шума. Кроме того, модуль разработан таким образом – когда нагрузка является минимальной, вентиляторы отключаются при всех входных условиях. Этот метод позволяет продлить срок службы вентилятора, а также соответствует требованиям медицинских применений, когда конечное оборудование располагается рядом с пациентами.

Источники питания серии GSP500 соответствуют требованиям 3-й редакции стандарта ANSI/AAMI ES60601-1 к медицинской электрической аппаратуре, а также соответствует требованиям безопасности международных стандартов IEC/UL/EN 60950-1 к оборудованию информационной технологии. Функции защиты и сигналы управления включают отключение электричества (сети), дистанционное включение/выключение, входы для подключения внешней обратной связи и светодиодный сигнал состояния выходного напряжения. Напряжение питания +12 В доступно для исполнения в виде П-образного шасси, а канал +5 В/2 А доступен для обеспечения питания логических схем. При конвекционном охлаждении канал обеспечения дежурного режима, тем не менее, доступен и обеспечивает мощность 5 Вт.

Серия GSP500 способна обеспечивать пиковую мощность до 650 Вт в течение 100 мс (макс.). Гарантийный срок службы составляет 3 года.

Заказать модули серии GSP500 можно у официального дистрибьютора продукции XP Power – компании ПРОСОФТ.

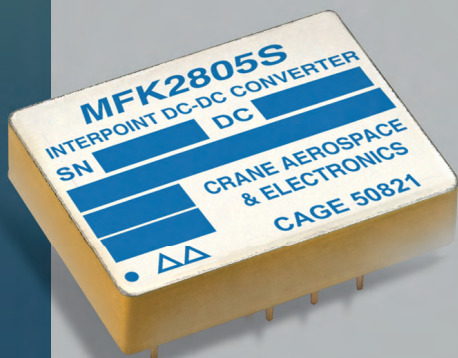
www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636



НОВИНКА!

25-ваттные DC/DC-преобразователи Interpoint®

MFK Series™



Габаритные размеры:
37,08 × 28,7 × 9,14 мм

- Широкий диапазон входного напряжения от 16 до 50 В
- Удельная мощность до 2570 Вт/дм³
- 11 значений выходного напряжения от 1,8 до 28 В
- Одно- и двухканальные модели
- КПД до 87%
- Трансформаторная развязка в контуре обратной связи
- Диапазон рабочих температур от – 55 до +125°C
- Обширный ряд сервисных функций

Высокая надёжность!



ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ CRANE ELECTRONICS В РОССИИ

ProSoft®

МОСКВА
С.-ПЕТЕРБУРГ
КАЗАНЬ
НОВОСИБИРСК
САМАРА

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
Тел.: (843) 291-7555 • Факс: (843) 570-4315 • info@kzn.prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • Факс: (383) 230-2729 • info@nsk.prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • info@samara.prosoft.ru • www.prosoft.ru

Инновации в индустрии – солидарная ответственность изобретателей и промышленников

GenerationS – это федеральный конкурс-акселератор технологических проектов, который с 2013 года проводят РВК и Центр инновационного развития Москвы при поддержке Правительства Москвы.

Главная задача Generations – вырастить из изобретателя человека, который способен стать частью бизнес-процесса. 40 лучших индустриальных команд вместе с лучшими менторами и экспертами в течение трёх недель работали над развитием бизнес-компетенций и навыков взаимодействия с инвесторами, над повышением инвестиционной привлекательности проектов.



Константин Фокин

Промышленное производство, индустрия – не самая модная отрасль для инновационных стартапов. Внутренний рынок сбыта ограничен, разработки требуют колоссальных инвестиций и годы самоотверженной работы команды. Для увеличения числа и стимулирования деятельности подобных компаний в федеральном конкурсе-акселераторе Generations был создан специализированный трек для индустриальных проектов, участники которого безвозмездно работали с ведущими российскими экспертами и менторами в течение трёх недель, а также получали обратную связь по своим проектам от инвесторов и бизнес-ангелов. В итоге многие команды значительно увеличили свои бизнес-компетенции, обзавелись необходимыми для развития бизнеса связями, а также поняли, каким образом можно коммерциализовать свои проекты. Некоторые про-

екты уже находятся на стадии подписания контрактов с инвесторами.

Индустриальных стартапов в стране не очень много, и этому есть объективные причины. В отличие от информационных технологий индустриальные разработки требуют значительных временных и финансовых ресурсов с самого начала работы. Только процесс прототипирования обычно больше года занимает и, как правило, требует более \$1...1,5 млн инвестиций. Чтобы выпустить конечный продукт нужно ещё 2–3 года и «длинные» деньги. «Без поддержки стратегического инвестора или партнёра жизнь индустриального стартапа может остановиться, небольшие раунды нам не помогут», – сетует основатель стартапа Exo Atlet Екатерина Березий, финалист Generations-2014.

Ситуация с развитием индустриальных проектов в России очень сложная, соглашаются эксперты. «Ответ-

ственность за результат лежит не только на страпах и инвесторах, но и на производственных компаниях, – уверен Сергей Митрофанов, заместитель генерального директора Pulsar Venture Capital. – Но большинство компаний пока не готовы вкладывать деньги в разработки на ранних стадиях, они привыкли покупать готовые технологии, чаще за рубежом. К тому же российские индустриальные компании скорее рассматривают варианты модернизации, чем внедрения новых технологий».

Константин Фокин, генеральный директор Центра инновационного развития Москвы, также считает, что отсутствие рынков сбыта – одна из главных проблем для развития российских индустриальных стартапов. «Пробиться в госсектор молодым компаниям невероятно сложно. Государственные корпорации не заинтересованы в развитии – в комфортной среде ты можешь



позволить себе неэффективность. Поэтому конкуренцию в госкорпорациях приходится вводить из-под палки. Одна из таких принудительных мер – 5-процентная квота на инновационные закупки, установленная правительством Москвы для предприятий столицы», – отмечает Константин Фокин.

Рыночная экономика вынуждает промышленников и предпринимателей искать пути взаимного обогащения и сотрудничества. Федеральный конкурс-акселератор GenerationS собрал на своей площадке все заинтересованные стороны процесса: и индустриальные стартапы, и инвесторов, и российских промышленников, и представителей зарубежных компаний, заинтересованных во внедрении инновационных технологий. Заявки на участие в индустриальном треке конкурса GenerationS поступили от 508 индустриальных стартапов из очень разных наукоёмких отраслей, таких как: встраиваемые системы, робототехника, электроника и микроэлектроника, новые материалы, системы безопасности, навигационные и оборонные технологии, машиностроение и приборостроение, строительные технологии. Около 70% индустриальных проектов, заявленных на конкурс, находились на «предпосевной» и «посевной» стадиях – есть идея, команда и технология, но ещё нет готового бизнеса.

Необходимость деления конкурса и акселератора GenerationS на треки стала очевидна ещё в прошлом году, когда экспертам приходилось иметь дело с проектами разного профиля, а инвесторы не могли сфокусироваться на интересующем их направлении. В итоге появилось четыре трека: для индустриальных и биотехнологических проектов, а также разработок в области «чистых технологий» и ИТ. В результате в ходе конкурса и акселерационной программы многому приходилось учиться не только участникам проектов, но и оператору трека – Pulsar Venture Capital (Казань), признаётся Сергей Митрофанов.

Некоторые проекты нашли заинтересованных инвесторов на конкурсе GenerationS, например, стартап «Плазма-конверсия», разработавший технологию недорогого синтез-газа для нефтегазовой отрасли. Но помощь в поиске инвестора – не единственная цель конкурса. GenerationS помог индустриальным проектам найти своё место на рынке. «В самом начале конкурса многим участникам не хватало понимания,



Алексей Лаврин, менеджер инвестиционной деятельности «Плазма-конверсия» (Проект «Экономичная технология конверсии метана в синтез-газ для нефтегазовых и газохимических компаний». Саратов).

Мы ориентируемся как на российский, так и зарубежные рынки (в соответствии с географией патентования: Европа, Китай, Канада, США, Бразилия, Малайзия, ЮАР, Южная Корея, Япония). Интерес со стороны потребителей к технологии уже есть –

ведём переговоры с несколькими зарубежными компаниями.

В ходе конкурса проект вызвал интерес нескольких инвестиционных фондов, и сейчас они нас рассматривают. У нас уже есть действующий макет реактора мощностью 1 кВт. Проведены установочные эксперименты по плазмохимической конверсии метана, получены положительные результаты. Инвестиции нужны, чтобы разработать и создать прототип реактора плазмохимической конверсии метана, разработать полноценную технологию. Конечно, нужны инвестиции на маркетинг, чтобы вывести технологию на рынок и привлечь стратегического инвестора из числа крупных профильных компаний. На первые продажи лицензий и исполнение исследовательских контрактов мы планируем выйти через 2 года.

что рынок и изобретательство, научная работа – это разные вещи. Не хватало понимания системы построения рыночных отношений, принципов конкуренции. Мнение «Я же делаю классный продукт. Почему его не покупают?» – это распространённая проблема стартаперов», – говорит Сергей Митрофанов.

Практически все победители индустриального трека уже обладают достижениями в области продаж, имеют чёткое представление о дальнейших шагах на рынке и перспективах развития и умеют ярко и увлекательно представить свои разработки. «Пожалуй, это три основных слагаемых успеха. Сами по себе технологии залогом успеха не являются», – резюмирует руководитель индустриального трека.

В 2014 году участниками конкурса стали 1858 проектов из 13 стран мира и 65 регионов России. Акселерационные программы проводились по четырём отраслевым направлениям: ИТ (Информационные технологии), Industrial (Индустриальные решения), BiotechMed (Биотехнологии и медицина) и Cleantech (Энергоэффективность и ресурсосбережение). Более 400 российских и международных экспертов выступили менторами проектов, помогая им развиваться и находить стратегических партнёров и инвесторов. Призовой фонд GenerationS в 2014 году составил 5 млн рублей, стоимость партнёрских призов – 38 млн рублей.

<http://generation-startup.ru>



Екатерина Березий, основатель и CEO Exo Atlet (Проект «Экзоскелет для реабилитации пациентов с локомоторными нарушениями нижних конечностей». Москва).

Главное, что дал нам конкурс – это новое понимание венчурного рынка. Exo Atlet – это первый стартап для нас, мы не очень представляли, как на самом деле привлекаются инвестиции. Любые контакты людей, которые искренне хотят помочь проекту, были очень полезны.

Интерес к проекту после конкурса был, но с теми фондами отношения не сложились. У нас достаточно известный проект, и сейчас нас исследуют несколько инвесторов. Мы ищем стратегического инвестора, который готов идти с нами до выхода на точку безубыточности.

Мы уже вложили в проект около \$1 млн собственных средств, и сейчас проект держится на менеджерских талантах и отложенных платежах. Помочь нам могут либо быстрые «ангельские» деньги, либо частный инвестор. К сожалению, венчурные фонды рассматривают проекты с потребностью инвестиций свыше \$1 млн очень долго – от 9 до 12 месяцев. А как проекту «жить» всё это время? На мой взгляд, это общая проблема технологических стартапов. Практически все проекты в индустриальном треке «родом» из научно-исследовательских институтов или маленьких производственных компаний – у них не может быть необходимых для развития собственных средств. При этом надо содержать большую команду специалистов разного профиля, рассчитываться с поставщиками, оплачивать дорогостоящую сертификацию.

Радиационно-стойкая ИС от IR: основа для создания повышающих преобразователей напряжения

Компания International Rectifier предлагает высоконадёжный радиационно-стойкий силовой модуль IRMHR14409, разработанный для применения в условиях воздействия полей ионизирующих излучений космического пространства, с которыми сталкиваются спутники на геостационарных орбитах, космические зонды для исследования дальнего космоса и спутники связи.

Новая силовая сборка характеризуется небольшими размерами, малым весом и высокой стойкостью к воздействию ионизирующих излучений космического пространства, как в области дозовых, так и одиночных эффектов; а также таких воздействующих факторов, как предельные температуры, вибрационные и ударные воздействия.

Силовая сборка IRMHR14409 включает в свой состав драйвер для управления затворами силовых ключей MOSFET и IGBT (для верхнего и нижнего ключей полумоста), 250-вольтный радиационно-стойкий транзистор MOSFET и диод с мягким переключением, формирующий базисный строительный блок для высокопроизводительных структур повышающих преобразователей.

В схеме применяются кристаллы и компоненты производства International Rectifier: драйвер управления затвором RIC7113L4, транзистор MOSFET IRHNA67264 (2N7585U2) и диод HFB60HF20.

Компоненты заключены в герметичный керамический корпус с размерами 18,42 × 28,96 × 5,33 мм. Выводы припаиваются к контактным площадкам на подложке и соединены с внутренними проводниками

через вольфрамовые переходные отверстия. Корпус герметизирован с применением шовно-роликовой сварки.

Согласно новым правилам регулирования экспорта, микросхема IRMHR14409 может быть поставлена в Россию без оформления лицензии в Государственном департаменте и/или Министерстве торговли США. Радиационно-стойкие преобразователи напряжения реклассифицированы из перечня вооружений USML Category XV (e) в перечень EAR99 под классификационным номером экспортного контроля ECCN 9A515.e. Контролируемыми параметрами изделий, имеющих этот номер экспортного контроля (Export Control Classification Number), являются предельная накопленная доза и пороговые линейные потери энергии: в том случае, когда суммарная накопленная доза радиации ≥ 100 крад и ЛПЭ ≥ 80 МэВ·см²/мг. Продукция с классификационным номером ECCN 9A515.e подобно ITAR USML Category XV (e) требует оформления экспортной лицензии в государственных ведомствах США, ответственных за регулирование экспорта технологий и продукции военного назначения.

Так как значение ЛПЭ микросхемы IRMHR14409 меньше 80 МэВ·см²/мг (немного более 64 МэВ·см²/мг), согласно новым правилам возможна поставка этого изделия в Россию без получения экспортной лицензии в государственных ведомствах США. Необходимо только предоставить основную информацию о конечном получателе и виде продукции, производимой из экспортируемого компонента.



Как известно, в настоящее время оформление экспортных лицензий (или других форм разрешения на экспорт) агентствами правительства США на поставку технологий и продукции двойного назначения в Россию приостановлено.

Основные характеристики модуля IRMHR14409:

- гарантируется сохранение параметров при поглощённой дозе > 100 крад (Si);
- одиночные эффекты не наблюдаются при пороговых линейных потерях энергии (ЛПЭ) ионов > 64 МэВ·см²/мг (минимальные линейные потери энергии ионов, при которых наблюдаются одиночные эффекты SEU, SEL, SEGR, SEB);
- небольшой вес – менее 8,5 г;
- выходной ток до 25 А;
- напряжения питания драйвера затворов от +10 до +20 В;
- отдельное напряжение питания логической схемы от +5 до +20 В;
- входы КМОП с триггерами Шмитта;
- задержки прохождения сигналов синхронизированы для обоих каналов (нижнего и верхнего ключей полумоста);
- диапазон рабочих температур $-55...+150^{\circ}\text{C}$.

www.irf.com

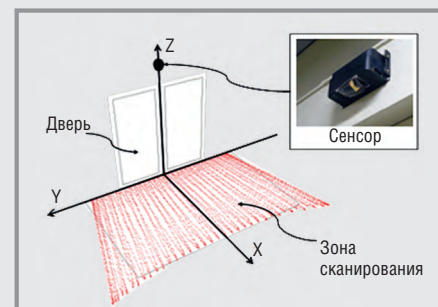
Робототехника: новейшая система автоматических дверей

Тецуо Томизава, доцент кафедры Интерактивных систем в высшей школе информационных систем (Университет электрокоммуникаций, UEC), уже долгое время разрабатывает роботизированные системы, внедряемые в современном мегаполисе.

Недавно Томизава занялся разработкой интеллектуальных автоматических дверных систем. В своей работе он использовал технологию лазерного сканирования. Основной задачей является развитие системы автоматических дверей, которые открываются только для тех, кто намерен их использовать, а также настроить время открытия дверей таким образом, чтобы оно точно соответствовало скорости людей, движущихся к дверям.

Автоматическая система состоит из инновационного трёхмерного лазерного датчика расстояния, который в реальном времени сканирует фигуры Лиссажу вблизи двери (диапазон измерений на высоте 3,5 м на расстоянии от 5,0 до 3,0 м; регистрация 5440 точек/кадр при частоте кадров 10 Гц), и алгоритмов управления открытием дверей. Система называется интеллектуальной, поскольку проявляет устойчивость к свету и осадкам, а также проводит визуальное опознавание людей, которые просто идут мимо, не намереваясь войти в двери.

Другим нововведением является использование трёхмерного лазерного сканера для подсчёта людей, использующих автоматические двери. Основной проблемой подсчёта людей является идентификация двух раз-



ных человек, идущих в непосредственной близости друг от друга. Примечательно, что данная автоматическая система дверей добилась 99% точности при подсчёте 500 человек в течение 90 минут.

В данный момент устройство находится в стадии разработки коммерческого образца.

www.uec.ac.jp



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

Электроконденсационный метод синтеза кремния, углерода и карбида кремния

Арсений Брыкин, Арсений Артёмов,
Дарья Арсеньева, ОАО «Российская электроника»

Выявлены и обоснованы преимущества электроконденсационного метода. Авторами проведено исследование вышеуказанного метода, дано его описание, сформулированы характеристики, необходимые для технологического применения.

Карбид кремния: применение и известные методы получения

Карбид кремния (SiC) является одним из распространённых химических соединений, используемых в силовой и/или экстремальной электронике из-за уникальных сочетаний его электрических и физико-химических свойств. На базе карбида кремния разрабатывается широкий спектр приборов, эксплуатируемых в условиях высоких температур, сильного воздействия радиации и химически агрессивных сред. Использование карбида кремния в мощных силовых приборах обусловлено высокой электрической прочностью, широкой запрещённой зоной и высокой удельной теплопроводностью, которая достигает величины 500 Вт/(м·К) и в несколько раз превосходит аналогичный показатель для кремния и арсенида галлия. Благодаря уникальному сочетанию физико-химических свойств, верхний предел рабочих температур приборов на основе SiC может быть увеличен до 700°C при сохранении малых токов утечки. К таким полупроводниковым приборам на основе SiC относятся, прежде всего, мощные выпрямительные диоды, диоды Шоттки, тиристоры, биполярные и полевые транзисторы и др., – по большинству параметров эти приборы значительно превосходят свои кремниевые аналоги.

Разработка элементной базы силовой электроники на основе SiC является основой прогрессивных изменений в области силовой преобразовательной и импульсной техники: приборов СВЧ-электроники, детекторов ультрафиолетового излучения, счётчиков частиц высокой энергии, терморезисторов (с рабочим интервалом температур до 1500°C), ионно-селективных

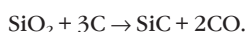
датчиков, способных работать в агрессивных средах. Перечисленные приборы востребованы авиационной и космической техникой, нефтехимией, геофизикой и другими отраслями.

В настоящее время применение карбида кремния всё более и более расширяется и находит совершенно новые области использования, например, в охране окружающей среды при создании фильтров для очистки газов дизельных двигателей, в нанотехнологиях при изготовлении форсунок для субмикрораспыления топливных смесей.

Порошковый SiC может найти применение для изготовления нелинейных полупроводниковых резисторов (варисторов), высокотемпературных нагревателей, волновых поглочителей. Варисторы применяются в системах автоматики, вычислительной техники, электроприборостроении для стабилизации токов и напряжений, защиты схем от перенапряжения, регулирования и преобразования сигналов.

Практический интерес представляет керамика на основе карбида кремния, обладающая одновременно и высокой термостойкостью, и высокой химической устойчивостью к газовым кислородсодержащим средам. Такую керамику получают спеканием микронных и субмикронных порошков SiC с небольшими добавками лёгких элементов (B, Be, Al, C) в интервале температур 2000–2200°C. Изменяя состав шихты и условия спекания, можно регулировать удельное сопротивление керамики в интервале 1×10^{-4} – 1×10^6 Ом·м.

Обычно технический карбид кремния изготавливают в электрических печах при восстановлении кварцевого песка углеродом:



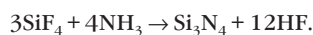
До температуры 2000°C образуется кубическая β-модификация SiC, а при более высокой температуре восстановления – гексагональная α-модификация. Обычно синтез ведут при температуре 1600–1700°C. При температуре свыше 2700°C наблюдается возгонка карбида кремния [1]. Синтез карбида кремния проводят в стационарных печах большого размера. Это позволяет получать карбид кремния более высокого качества в части размера кристаллов, чистоты материала и правильности формы по сравнению с осуществлением процесса в небольших передвижных печах. Производство SiC в стационарных печах большого размера имеется в Голландии (компания «Коло»), США (компания «Вашингтон Миллс»), ЮАР (компания «Сублайн»).

Для повышения чистоты и выхода целевого продукта по этому способу рекомендуется проводить процесс в атмосфере азота под давлением до 0,13 МПа или в токе азота со скоростью 0,5–3,3 л/ч [4]. Одной из модификаций этого метода получения карбида кремния является использование в качестве сырья ($\text{SiO}_2 + \text{C}$) природных углеродистых пород, включающих равномерно распределённые в матрице углерода кремнийсодержащие компоненты слоистых алюмосиликатов и кварца размерами до 10 мкм и не менее 25% неграфитируемого углерода с величиной кремнезёмно-углеродного модуля SiO_2/C не более двух [5]. Такой природной углеродистой породой являются шунгиты, залежи которых имеются в Карелии. Нагрев этой породы до температуры 1400–2100°C со скоростью более 100 град/мин, выдержкой при этой температуре в течение 5–30 мин с последующим охлаждением в инертной среде до температуры не более чем 400°C позволяет получать с выходом до 85% смесь 16–30% аморфных и/или кристаллических нановолокон карбида кремния диаметром 5–500 нм, длиной 0,1–50 мкм и 18–55% гиперфуллеренового углерода в виде многослойных полиэдрических или сфероидальных частиц и волокон с диаметром 10–400 нм и межслоевым расстоянием 0,342–0,348 нм.

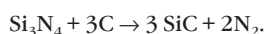
Модификацией процесса получения карбида кремния из шунгита является метод, в соответствии с которым проводят нагрев шунгита при температуре 1600–1800°C в вакуумной печи при остаточном давлении 0,25–1,3 кПа со скоростью 200–300 град/ч, выдержкой полученного продукта при этой температуре в течение 1–2 часов с последующим охлаждением полученного продукта в печи при остаточном давлении 0,25–1,3 кПа [8].

Помимо шунгита природным сырьём, из которого может быть получен SiC, является рисовая шелуха, как известно, содержащая значительное количество SiO₂. Термообработка предварительно отмытой кислотой рисовой шелухи в углеродном тигле со скоростью подъёма температуры не более 1000 град/мин при температуре 1400°C в течение 0,1 часа с последующим охлаждением и вторичной термообработкой полученного продукта при 700°C в течение не менее 2 часов позволяют получать целевой продукт с выходом до 88% [6, 7].

Газофазным методом получения SiC является метод, который предусматривает двухстадийный синтез [2]. Сначала при температуре 1500°C осуществляют реакцию синтеза нитрида кремния:



Полученную реакционную смесь захлаживают в интервале температур 0–15°C, при этом фтористый водород конденсируется и отделяется от аммиака, находящегося в газообразном состоянии. На второй стадии при температуре 1800°C получают SiC при взаимодействии нитрида кремния с графитом:



Авторы метода утверждают, что применение данной технологии позволяет получать SiC с выходом до 99,5% и содержанием примесей, не превышающим 10⁻⁶–10⁻⁷ массовых долей, что вполне соответствует требованиям, предъявляемым к полупроводниковым материалам.

В способе получения слоёв карбида кремния предложено совмещать стадию газофазного получения карбида кремния с его напылением на подложку, нагретую до 1200–1250°C путём взаимодействия метилтрихлорсилана с водородом. Не прореагировавшие газообразные продукты

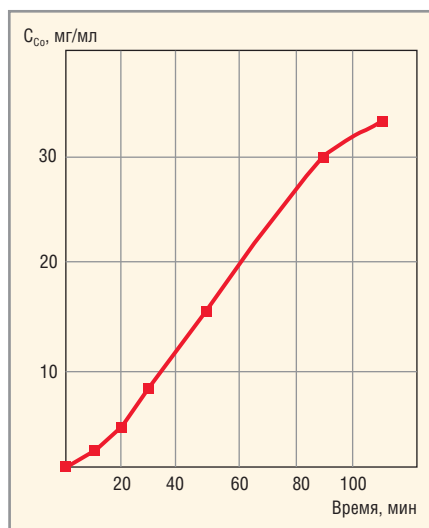
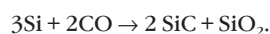


Рис. 1. Влияние продолжительности работы искрового генератора на концентрацию частиц нанодисперсного кобальта

реакции выделяют вымораживанием и рециркулируют на основную стадию процесса.

Высокоочищенный карбид кремния может быть получен из порошка или пластины предварительно очищенного монокристаллического кремния, который помещают в реакционную ёмкость, вакуумируют её до 1×10^{-2} мм рт. ст. и нагревают до 1200–1415°C. Затем заполняют реакционную ёмкость очищенным от влаги и кислорода монооксидом углерода и выдерживают кремний с монооксидом углерода при указанной температуре в течение 5–600 мин. После этого охлаждают. Полученные нановолокна карбида кремния отмывают от диоксида кремния или смеси диоксида кремния с непрореагировавшим кремнием [9]:



Основы ЭЛЕКТРОКОНДЕНСАЦИОННОГО МЕТОДА

В основе электроконденсационного метода (ЭКМ) лежит процесс пропускания высокочастотного переменного электрического тока (600–900 кГц, 600–900 В) между электродами и крупными частицами, помещёнными в жидкую фазу. В качестве жидкой фазы обычно используют воду, однако возможно использование и органических растворителей. Процесс получения нанодисперсных частиц в жидкой фазе (золей) проводят в специально разработанном для этих целей реакторе [10, 11]. Электрические параметры процесса регулируют высокочастот-

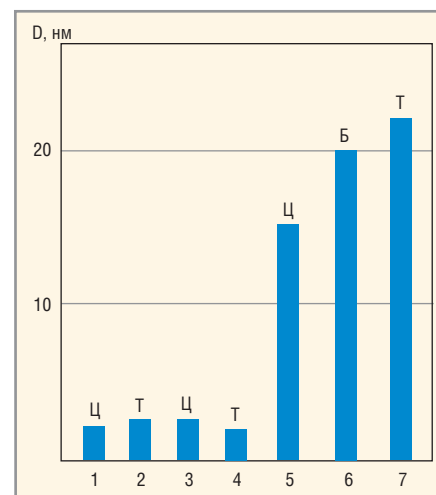


Рис. 2. Влияние дисперсионной среды (жидкой фазы) на размер частиц нанодисперсных металлов: 1, 2 – железо; 3, 4 – олово; 5–7 – палладий; Ц – циклогексан; Т – толуол; Б – бензол

ным искровым генератором. Процесс проводят в присутствии газовой фазы (воздух, азот, аргон), облегчающей процесс получения золей.

В процессе работы генератора в жидкой фазе между электродами и частицами, помещёнными на дно реактора, возникает «тлеющий» искровой разряд. В искровом канале возникает высокая температура (около 10 000°C), что приводит к испарению вещества частиц в ограниченном объёме (образование «газового пузыря»). Последующее резкое понижение температуры «газового пузыря» за счёт его контакта с жидкой фазой приводит к конденсации пара с образованием наночастиц вещества, имеющих субмикронный размер (1–30 нм) и высокую удельную поверхность – до 300 м²/г. Полученные ЭК-методом наночастицы вещества агрегативно устойчивы и не оседают на дно реактора. Агрегативную устойчивость золей можно повысить введением ПАВ, например, стеарата натрия. В таблице и на рисунках 1 и 2 приведены данные о влиянии условий получения ЭКМ на свойства нанодисперсных частиц некоторых металлов, полученных ЭКМ.

Как видно из приведённых данных, свойства нанодисперсных частиц (средний диаметр частиц, удельная поверхность, концентрация) зависят от многих факторов: продолжительности работы искрового генератора, физической природы вещества, характера дисперсионной среды (жидкой фазы), электрических параметров процесса – прежде всего частоты и напряжения переменного электрического тока.

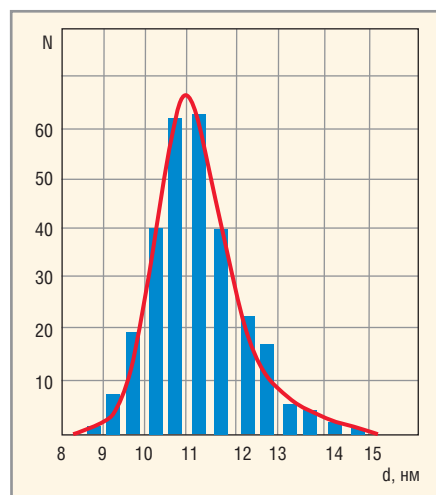


Рис. 3. Распределение наночастиц SiC по размерам

Получение SiC с использованием ЭКМ

Для получения SiC использовали два электрода в виде стержней: Si (анод) диаметром 5 мм и C (катод) диаметром 20 мм. Electrodes располагали соосно, монтировали на специальном устройстве (реакторе) и помещали в воду. Зазор между электродами составлял 1–2 мм. Через жидкую фазу постоянно барботировали аргон. Напряжение разряда и сила тока составляли 47 В и 10 А, соответственно. В процессе синтеза прозрачность раствора уменьшается. После непрерывного разряда в течение 20 мин суспензия имела тёмно-коричневый цвет, часть образовавшегося порошка SiC коагулирует на дно реактора. В течение дугового разряда масса электродов уменьшалась, что свидетельствовало об электроэрозионном характере процесса.

На рисунке 3 показано распределение полученных наночастиц SiC по размерам. Средний размер частиц составил $11,0 \pm 1,5$ нм (электронная микроскопия, Hitachi H-8100). На форму и концентрацию частиц SiC влияют многие факторы, в том числе состав жидкой фазы и материал электродов.

Величины удельной поверхности и средние размеры нанодисперсных частиц некоторых металлов, полученных электроконденсационным методом (по данным электронной микроскопии)

Металл	Напряжение, В	Частота, кГц	Жидкая фаза	Концентрация металла, мг/м	Удельная поверхность, м ² /г	Средний диаметр частиц, нм
Палладий	700	850	циклогексен	0,75	120	15
Кобальт	700	900	тетралин	0,25	270	2,5
Кобальт	600	800	тетралин	4,5	270	2,5
Железо	900	900	тетралин	4,9	250	3
Серебро	700	850	тетралин	4,7	65	7
Кобальт	850	700	тетралин	2,3	270	2,5

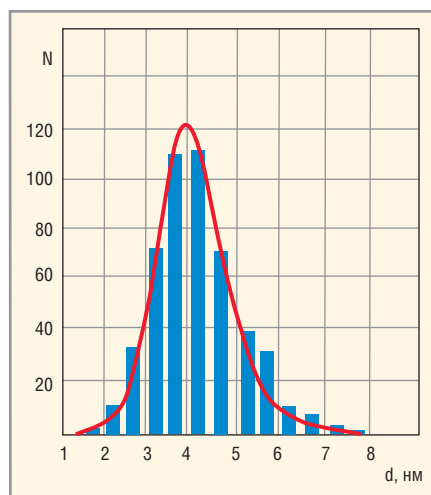


Рис. 4. Распределение наночастиц Si по размерам

Получение кремния и углерода с использованием ЭКМ

Одномерные Si- и/или C-содержащие наноструктуры в виде нанопроводов, наностержней и нанотрубок могут найти применение в качестве наноразмерных оптоэлектронных устройств [12–16]. Синтез полупроводниковых Si-нанопроводов является достаточно перспективным в нанoeлектронике. Известные методы синтеза подобных структур с использованием химического осаждения из паровой фазы, молекулярно-лучевой эпитаксии и др. требуют высокого вакуума, дорогостоящего оборудования, специальных устройств для получения высокой температуры (лазер), проведения процесса в присутствии катализаторов.

Альтернативой этим методам получения Si- и/или C-содержащих наноструктур является электрический разряд в жидкости – ЭКМ. Этот метод, в отличие от перечисленных выше, не использует металлических катализаторов, не требует взрывоопасных или агрессивных газов и дорогого специального оборудования. С помощью ЭКМ могут быть синтезированы угле-

родные «луковицы» и углеродные нанотрубки.

Для синтеза Si-наноструктур использовали два электрода в виде стержней диаметром 5 мм (анод) и 20 мм (катод), которые погружали в воду. Через воду непрерывно барботировали аргон. Для поддержания постоянного разряда в воде катод и анод были разведены на расстояние в 1 мм. Напряжение разряда и сила тока составили 25 В и 10 А, соответственно. Во время дугового разряда наблюдалось голубоватое свечение и образование пузырьков вокруг электродов. Пузырьки группировались около пятна дуги и направлялись к поверхности воды. В процессе синтеза прозрачность раствора уменьшается: после непрерывного разряда в течение 10 мин суспензия становится бледно-жёлтой, через 1 час – коричневой и часть Si-порошка осаждается на дно реактора. Во время дугового разряда масса электродов уменьшалась, что визуально наблюдалось по возникновению шероховатости на поверхности электродов.

На рисунке 4 показано распределение полученных наночастиц Si по размерам. Средний размер частиц составил $4,0 \pm 1,2$ нм (электронная микроскопия, Hitachi H-8100). Рентгенофазовым анализом было установлено, что частицы Si представляют собой алмазоподобный кристаллический кремний, плоскости кристалла которого соответствуют ориентации {111}, {220} и {311}. Помимо наночастиц кремния при электродуговом разряде между двумя Si-электродами, погружёнными в воду, в жидкой фазе были обнаружены Si-нанопровода, имеющие диаметр «провода» в несколько десятков ангстрем. Образование Si-нанопроводов происходит в газовом пузыре параллельно действию электрического поля, а рост проводов происходит при участии {111} поверхности. В противоположность этому Si-частицы образуются в областях, где влияние электрического поля незначительно. Наночастицы и нанопровода Si могут быть нанесены на поверхность образцов любой формы с помощью процесса гетерокоагуляции, обеспечивая заданные свойства соответствующим изделиям.

Вывод

Таким образом, электроконденсационный метод может лежать в осно-

ве разработки новой эффективной технологии получения наночастиц кремния, углерода и карбида кремния. Оптимизация условий этого процесса: параметров электрического тока, состава жидкой фазы, состава и формы электродов, режима перемешивания в межэлектродном пространстве и др. позволит получить требуемые материалы для электронной компонентной базы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Сорокин В.С.* Материалы и элементы электронной техники. В 2 т. Т.1. Проводники, полупроводники, диэлектрики: учебник для студ. высш. учеб. Заведений. В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева. М. Издательский центр «Академия». 2006. С. 240–245.
2. Патент РФ 2071938 С1 МПК6 С01В 31/36. Оpubл. 20.01.1997. Способ получения карбида кремния. НПО «Радиовый институт им. В.Г. Хлопина». Авторы: Карелин В.А., Карелин А.И., Шпунт Л.Б., Волк В.И.
3. Патент РФ 2087416 С1 МПК6 С01В 31/36. Оpubл. 20.08.1997. Способ получения слоёв карбида кремния. Авторы: Иванов Л.С., Черников Г.Е.
4. Патент РФ 2240979 С2 МПК7 С01В 31/36. Оpubл. 27.11.2004. Способ получения карбида кремния. Институт химии твёрдого тела Уральского отделения РАН. Автор: Тимошук Т.А.
5. Патент РФ 2328444 С2 МПК7 С01В 31/36. Оpubл. 10.12.2007. Способ получения нановолокнистого карбида кремния. ООО «Шунгитон». Авторы: Ковалевский В.В., Сафронов А.Н.
6. Патент РФ 2299177 С1 МПК7 С01В 31/36. Оpubл. 07.10.2005. Способ получения порошка карбида кремния из рисовой шелухи. ФГУП «Обнинское НПП «Технология». Авторы: Викулин В.В., Шкарупа И.Л., Гурина Т.В. и др.
7. Патент РФ 2296102 С1 МПК7 С01В 31/36. Оpubл. 27.03.2007. Способ получения порошка карбида кремния из рисовой шелухи. ФГУП «Обнинское НПП «Технология». Авторы: Викулин В.В., Шкарупа И.Л., Гурина Т.В. и др.
8. Патент РФ 2163563 МПК7 С01В 31/36. Оpubл. 27.02.2001. Способ получения карбида кремния. ЗАО НПП «Шунгитовые технологии». Авторы: Туктамышев И.И., Селезнёв А.Н., Калинин Ю.К., Туктамышев И.Ш., Гнедин Ю.Ф., Шеррлюбе В.Г.
9. Патент РФ 2393112 С1 МПК7 С01В 31/36. Оpubл. 27.06.2010. Способ получения нановолокон карбида кремния. ИОНХ РАН. Авторы: Севастьянов В.Г., Павелко Р.Г., Антипов А.В., Ермаков В.А., Семоненко Е.П., Кузнецов Н.Т., Каблов Е.Н.
10. *Артёмов А.В., Жильцов В.А., Крутяков Ю.А. и др.* Получение наноразмерных металлов электрическим разрядом в жидкости. Вопросы атомной науки и техники. 2008. № 4. С. 150–154.
11. Патент РФ 2437741 С1 МПК7 В82В 3/00. Оpubл. 27.12.2011. Способ получения нанодисперсных металлов в жидкой фазе. НИЦ «Курчатовский институт». Авторы: Артёмов А.В., Жильцов В.А., Крутяков Ю.А. и др.
12. *Y. Wu, J. Xiang, C. Yang, W. Lu and C.M. Lieber.* Nature. 2004, 430, 61–65.
13. *J.D. Carter, Y. Qu, R. Orter, L. Hoang, D.J. Masiel and T. Guo.* Chem. Comm. 2005. 2274–22–76.
14. *U.K. Gautan and C.N. Rao,* J. Mater. Chem. 2004. 14. 2530–2535.
15. *J. Hu, Y. Bando, Z. Liu, J. Zhan, D. Golberg and T. Sekiguchi.* Angew. Chem. Int. Ed. 2004. 43. 63–66.
16. *Shu-Man Lin, Mikibiro Kobayashi, Seiichi Sato and Keisaku Kimura.* Chem. Commun. 2005. 4690–4692.



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 РЗА, КОРПУСА И КОНСТРУКТИВЫ
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
РАСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВСЕХ ВИДОВ ПРОИЗВОДСТВА
КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ



Место проведения: Москва,
Краснопресненская наб., 14,
м. Виставочная, ЦВК "Экспоцентр", Павильон №7

ОРГАНИЗАТОРЫ
ВЫСТАВКИ:



FarEXPO
PROFESSIONAL EXHIBITION & CONGRESS ORGANIZER



Санкт-Петербург, пр.Ю.Гагарина, 8.
Тел./факс: +7 (812) 777-04-07
www.farexpo.ru/pcb, rade2@farexpo.ru



Москва, 121351 Ярицевская улица, дом 4.
Тел. +7 (495) 221-5015
www.chipexpo.ru, info@chipexpo.ru

Реклама

Новости мира News of the World Новости мира

40 Вт радиационно-стойкие DC/DC-преобразователи для систем электропитания космических аппаратов

Компания International Rectifier объявила о начале выпуска 40-ваттных радиационно-стойких DC/DC-преобразователей серий M3N100 и M3N28, предназначенных для создания систем питания космических аппаратов с шинами постоянного напряжения 100 и 28 В.

Небольшие габариты, малая масса и прочность конструкции делают преобразователи серий M3N идеальными для применений в аппаратуре космических аппаратов для геостационарных орбит и исследований дальнего космоса.

Серии M3N100 и M3N28 разработаны с использованием проверенной методики проектирования, основанной на наследии серии M3G и громадном опыте конструирования оборудования для космических применений. При проектировании учитывался выбор компонентов с подтвержденной надёжностью и известными параметрами радиационной стойкости, а также требования к отклонению от номинальных параметров NASA EEE-INST-002 и MIL-STD-1547B.

Модули преобразователей напряжения серии M3N доступны в одно-, двух- и трёхканальном исполнении и обеспечивают выходные напряжения 3,3; 5; 12; 15; ± 5 ; ± 12 ; ± 15 ; $+3,3/\pm 5,4$; $+3,3/\pm 12$ и $+5/\pm 12$ В. Выходная мощность до 40 Вт.

Основные характеристики модулей серии M3N:

- суммарная поглощённая доза 100 крад (Si);
- отсутствие одиночных эффектов от воздействия протонов и тяжёлых ионов при пороговых линейных потерях энергии (ЛПЭ) ионов в веществе 64 МэВ·см²/мг;
- встроенный на входе помехоподавляющий фильтр;
- небольшая масса – менее 125 г;
- компактный корпус с размерами 88,9 × 63,5 × 12,07 мм (с учётом контактов и монтажных проушин).

Продвинутых пенсионеров в России становится больше

Аналитическое общество GFK опубликовало исследование российского сегмента интернет-пространства. По его данным, за 2014 год количество пользователей Сети в возрасте шестнадцати лет превысило 80 млн человек, что составляет 67% от общего количества граждан России аналогичного возраста. Таким образом, общее количество пользователей Интернета увеличилось на 10%. Также регулярно в Сеть выходят практически все россияне в возрас-

DC/DC-преобразователи серии M3N100 способны функционировать в диапазоне входных напряжений от 65 до 110 В (предназначены для работы в системах электропитания космических аппаратов со стабилизированным промежуточным напряжением постоянного тока 100 В).

Модули серии M3N28 предназначены для систем питания с номинальным напряжением 28 В и характеризуются диапазоном входных напряжений 18...60 В. Модули оснащены функцией защиты от пониженного напряжения, входом и выходом сигналов синхронизации, входом дистанционного включения/выключения.

DC/DC-преобразователи серий M3N28/100 квалифицированы по MIL-PRF-38534 Class K (уровень качества Space).

Проведённые исследования и оформленная документация включают отчёты по устойчивости к радиационным воздействиям, показателям надёжности, анализ наихудшего сочетания внешних факторов, электрического и температурного воздействий (доступны по запросу).

В соответствии с требованиями новых правил регулирования экспорта, модули DC/DC-преобразователей серий M3N100 и M3N28 поставляются в Россию без оформления лицензии в Государственном департаменте и/или Министерстве торговли США. Радиационно-стойкие преобразователи напряжения реклассифицированы из перечня вооружений USML (US Munitions List) Category XV (e) в перечень EAR99 под классификационным номером экспортного контроля ECCN 9A515.e. Контролируемыми параметрами продукции, имеющей этот номер экспортного контроля (Export Control Classification Number), являются поглощённая доза и линейные потери энергии иона в веществе: в том случае, когда поглощённая доза радиации ≥ 100 крад по объёмному кремнию



и ЛПЭ ≥ 80 МэВ·см²/мг, продукция с классификационным номером ECCN 9A515.e, подобно продукции из перечня ITAR USML Category XV (e), требует оформления экспортной лицензии в государственных ведомствах США, ответственных за регулирование экспорта технологий и продукции военного назначения.

Так как значение ЛПЭ модулей DC/DC-преобразователей серий M3N100 и M3N28 меньше 80 МэВ·см²/мг (немного более 60 МэВ·см²/мг), а поглощённая доза равна 100 крад по объёмному кремнию, то согласно новым правилам, возможна поставка этого изделия в Россию без получения экспортной лицензии в государственных ведомствах США. Необходимо только предоставить основную информацию о конечном получателе и о виде продукции, производимой из экспортируемого компонента.

Как известно, в настоящее время оформление экспортных лицензий (или других форм разрешения на экспорт) агентствами правительства США на поставку технологий и продукции двойного назначения в Россию приостановлено.

www.irf.com

составляет 71%, а в небольших поселениях – 62%. Причём со смартфонов выходят в Сеть 17,6%, то есть 21 млн человек старше 16 лет, а с планшетов – 8,4% (10 млн человек).

По данным GFK, за прошлый год в России было реализовано 27 млн смартфонов, что на 42% больше, чем в предыдущем, и 9,2 млн планшетных компьютеров – на 34% больше, чем за аналогичный период в 2013 году.

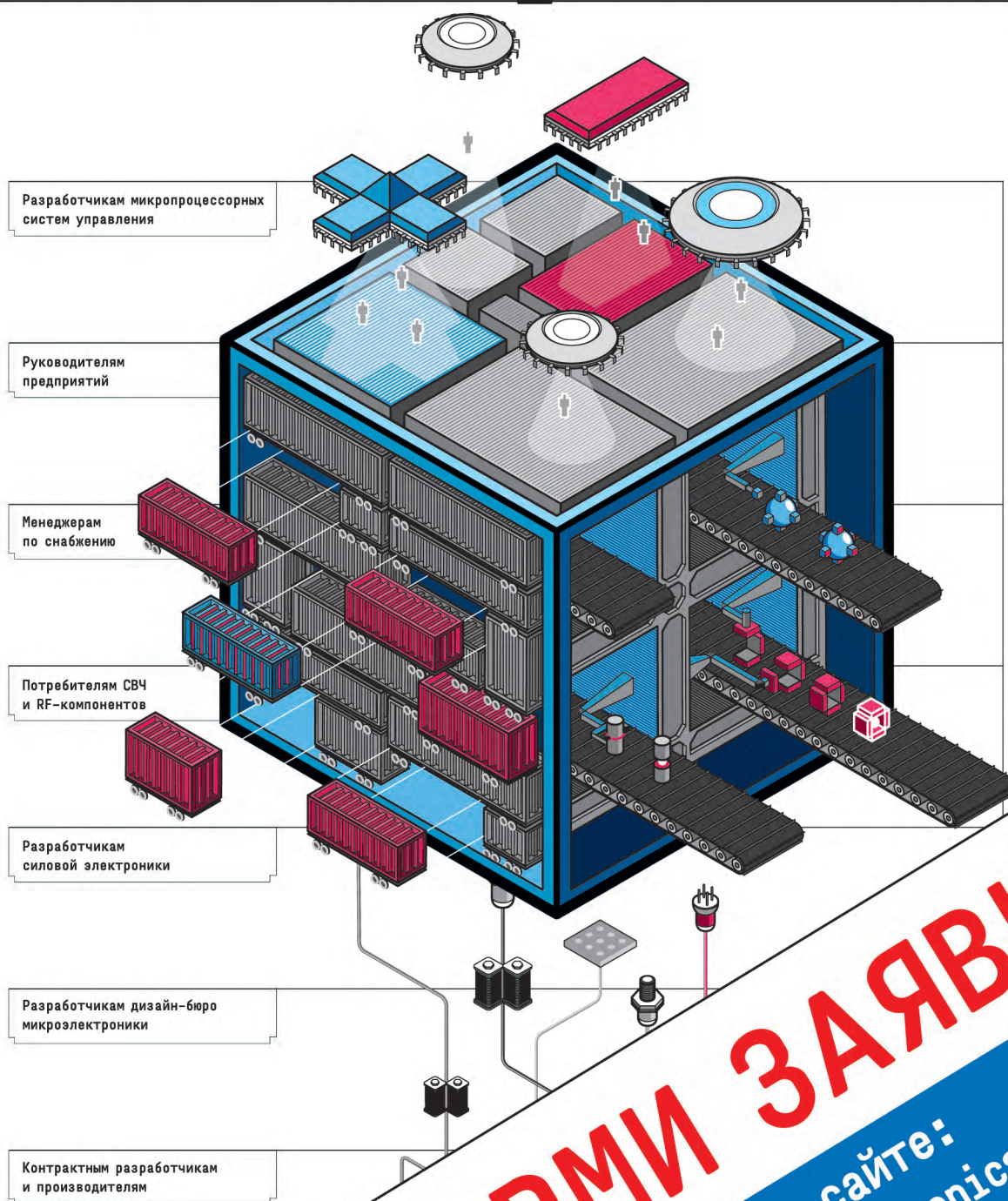
www.gizmonews.ru

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

Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: цифроаналоговый преобразователь

Олег Вальпа (г. Миасс, Челябинская обл.)

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

Введение

Цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) представляет собой устройство, позволяющее получить аналоговый сигнал необходимой формы из соответствующего цифрового кода. Фактически он производит обратную операцию, выполняемую аналого-цифровым преобразователем (АЦП). ЦАП и АЦП являются интерфейсами между дискретным цифровым миром и аналоговыми сигналами. Любой ЦАП характеризуется разрядностью, производительностью и динамическим диапазоном.

Описание ЦАП

Цифроаналоговый преобразователь микроконтроллеров серии STM32 [1] представляет собой 12-разрядный преобразователь цифровых данных в выходное напряжение от 0 В до опорного напряжения V_{REF+} . ЦАП поддерживает

как 12-разрядный режим, так и 8-разрядный. Кроме того, он может быть использован в сочетании с блоком прямого доступа к памяти DMA.

ЦАП имеет два канала, каждый из которых содержит независимый преобразователь. Канал 1 подключён к выводу PA4, а канал 2 – к выводу PA5.

В двухканальном режиме преобразование может выполняться независимо или одновременно, когда оба канала группируются для синхронного запуска.

В 12-разрядном режиме данные могут выравниваться по правому или по левому краю 16-разрядных слов.

Запуск преобразования возможен программно либо от внешних источников. В качестве таких источников запуска могут служить таймеры или внешний вход EXTI_9.

Вход опорного напряжения V_{REF+} является общим с блоком АЦП.

ЦАП микроконтроллеров серии STM32 имеет следующие основные характеристики:

- два цифроаналоговых преобразователя с самостоятельным выходом;
- поддержка 8-разрядного и 12-разрядного режимов;
- возможность выравнивания данных по левому или правому краю в 12-разрядном режиме;
- обеспечение возможности синхронного обновления;
- наличие встроенного генератора шума;
- наличие встроенного генератора треугольных импульсов;
- допустимость независимого или одновременного преобразования в каналах;
- возможность использования DMA для обоих каналов;
- обеспечение внешнего запуска преобразований;
- наличие входа опорного напряжения.

Структурная схема цифроаналогового преобразователя приведена на рисунке 1. Выводы, показанные на нём, имеют следующие назначения:

- EXTI_9 – вход внешнего прерывания с номером 9;
- V_{REF+} – вход опорного напряжения;
- V_{DDA} – вход аналогового питания;
- V_{SSA} – вход общего потенциала аналогового питания;
- DAC_OUTx – выход аналогового сигнала, где x принимает значение 1 или 2 для соответствующего канала.

В верхней левой части схемы показаны источники внешнего запуска преобразования: программный запуск, таймеры и внешний вход EXTI_9. Логика управления позволяет формировать сигнал шума и треугольный сигнал, а также запрос DMA. Регистр управления предназначен для программного управления блоком ЦАП. Сигнал DMAENx регистра управления предназначен для разрешения работы первого или второго канала ЦАП. Сигнал TENx включает внешний запуск преобразования от источника, выбираемого сигналами TSELx[2:0]. С помощью разрядов WAVENx[1:0] включаются и отключаются функции формирования шума или треугольного сигнала. Разряды MAMPx[3:0] задают битовую

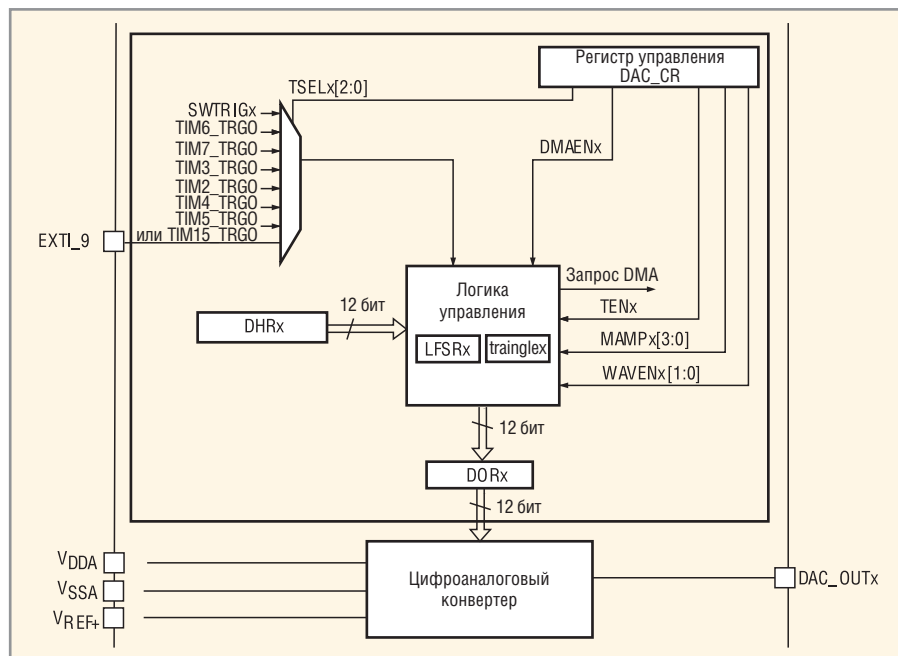


Рис. 1. Структурная схема ЦАП

маску, которая используется для формирования сигнала шума с помощью регистра сдвига и логических вентилей. Если формируется треугольный сигнал, тогда в этих разрядах задаётся амплитуда выходного сигнала.

ОПИСАНИЕ РЕГИСТРОВ ЦАП

Блок ЦАП включает в свой состав 14 регистров для двух каналов. Карта размещения регистров ЦАП в пространстве памяти представлена в таблице 1.

Рассмотрим подробнее назначение всех разрядов этих регистров.

Регистр управления DAC_CR имеет нулевое смещение адреса и обнуляется после сброса микроконтроллера. Этот регистр состоит из двух частей: разряды 0...15 управляют работой канала 1, а разряды 16...31 управляют работой канала 2. Они устанавливаются и очищаются программно.

Биты 31...30 зарезервированы.

Бит 29 с именем DMAUDRIE2 разрешает прерывания в канале 2 при отставании запроса DMA. Состояние 0 этого бита запрещает прерывание, а состояние 1 – разрешает.

Бит 28 DMAEN2 разрешает запрос DMA в канале 2.

Биты 27...24 MAMP2[3:0] служат для выбора маски в режиме генерации шума или амплитуды в режиме генерации треугольных импульсов в канале 2. Они могут принимать следующие значения:

- 0000 – не маскирован бит 0 LFSR или амплитуда треугольных импульсов равна 1;

- 0001 – не маскированы биты [1:0] LFSR или амплитуда треугольных импульсов равна 3;
- 0010 – не маскированы биты [2:0] LFSR или амплитуда треугольных импульсов равна 7;
- 0011 – не маскированы биты [3:0] LFSR или амплитуда треугольных импульсов равна 15;
- 0100 – не маскированы биты [4:0] LFSR или амплитуда треугольных импульсов равна 31;
- 0101 – не маскированы биты [5:0] LFSR или амплитуда треугольных импульсов равна 63;
- 0110 – не маскированы биты [6:0] LFSR или амплитуда треугольных импульсов равна 127;
- 0111 – не маскированы биты [7:0] LFSR или амплитуда треугольных импульсов равна 255;
- 1000 – не маскированы биты [8:0] LFSR или амплитуда треугольных импульсов равна 511;
- 1001 – не маскированы биты [9:0] LFSR или амплитуда треугольных импульсов равна 1023;
- 1010 – не маскированы биты [10:0] LFSR или амплитуда треугольных импульсов равна 2047;
- 1011 – не маскированы биты [11:0] LFSR или амплитуда треугольных импульсов равна 4095.

Биты 23...22 WAVE2[1:0] разрешают генерацию шума или треугольного сигнала в канале 2 и могут принимать следующие значения:

- 00 – генерация запрещена;
- 01 – разрешена генерация шума;

- 1X – разрешена генерация треугольного сигнала.

Генерация возможна, если бит TEN2 регистра DAC_CR установлен в 1, т.е. разрешён запуск в канале 2.

Биты 21...19 TSEL2[2:0] позволяют выбрать источник запуска для канала 2. Эти биты определяют тип внешнего события, используемого для запуска канала 2 ЦАП. Они могут принимать следующие значения:

- 000 – таймер 6;
- 001 – зарезервирован;
- 010 – таймер 7;
- 011 – таймер 9;
- 100 – таймер 2;
- 101 – таймер 4;
- 110 – внешняя линия 9;
- 111 – программный запуск.

Бит 18 TEN2 разрешает запуск канала 2 ЦАП.

Бит 17 BOFF2 разрешает использование выходного буфера для канала 2.

Бит 16 EN2 разрешает работу канала 2.

Биты 15...0 имеют аналогичное назначение для канала 1.

Регистр DAC_SWTRIGR служит для программного запуска.

Биты 31...2 зарезервированы.

Бит 1 SWTRIG2 обеспечивает программный запуск канала 2.

Бит 0 SWTRIG1 производит программный запуск канала 1.

Регистр DAC_DHR12R1 служит для записи 12-разрядных данных с выравниванием по правому краю и позволяет использовать биты 11...0 в качестве данных для канала 1. Остальные биты в нём зарезервированы.

Таблица 1. Карта регистров ЦАП

Сдвиг адреса	Имя регистра	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	DAC_CR	Резерв		DMAUDRIE2	DMAEN2	MAMP2[3:0]				WAVE2		TSEL2[2:0]		TEN2	BOFF2	EN2	Резерв		DMAUDRIE1	DMAEN1	MAMP1[3:0]				WAVE1[2:0]		TSEL1[2:0]			TEN1	BOFF1	EN1	
0x04	DAC_SWT RIGR	Резерв																													SWTRIG2	SWTRIG1	
0x08	DAC_DHR1 2R1	Резерв																			DACC1DNR[11:0]												
0x0C	DAC_DHR1 2L1	Резерв														DACC1DHR[11:0]										Резерв							
0x10	DAC_DHR8 R1	Резерв																							DACC1DHR[7:0]								
0x14	DAC_DHR1 2R2	Резерв																			DACC2DHR[11:0]												
0x18	DAC_DHR1 2L2	Резерв														DACC2DHR[11:0]										Резерв							
0x1C	DAC_DHR8 R2	Резерв																							DACC2DHR[7:0]								
0x20	DAC_DHR1 2RD	Резерв			DACC2DHR[11:0]											Резерв				DACC1DHR[11:0]													
0x24	DAC_DHR1 2LD	DACC2DHR[11:0]												Резерв				DACC1DHR[11:0]										Резерв					
0x28	DAC_DHR8 RD	Резерв														DACC2DHR[7:0]						DACC1DHR[7:0]											
0x2C	DAC_DOR1	Резерв																			DACC1DOR[11:0]												
0x30	DAC_DOR2	Резерв																			DACC2DOR[11:0]												
0x34	DAC_SR	Резерв	DMAUDR2	Резерв														DMAUDR1	Резерв														

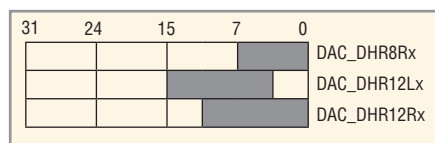


Рис. 2. Способы загрузки регистра DAC_DORx в режиме одиночных каналов

Регистр DAC_DHR12L1 служит для записи 12-разрядных данных с выравниванием по левому краю и позволяет использовать биты 15...4 в качестве данных для канала 1. Остальные биты в нём зарезервированы.

Регистр DAC_DHR8R1 служит для записи 8-разрядных данных с выравниванием по правому краю и позволяет использовать биты 7...0 в качестве данных для канала 1. Остальные биты в нём зарезервированы.

Структура регистров для второго канала ЦАП DAC_DHR12R2, DAC_DHR12L2 и DAC_DHR8R2 такая же, как и для первого.

Следующие три регистра позволяют записывать данные в два канала одновременно.

Регистр DAC_DHR12RD служит для записи 12-разрядных данных с выравниванием по правому краю. Биты 11...0 служат для записи данных для первого канала, а биты 27...16 – для данных второго канала.

Регистр DAC_DHR12LD предназначен для записи 12-разрядных данных с выравниванием по левому краю. Биты 15...4 служат для записи данных для первого канала, а биты 31...20 для данных второго канала.

Регистр DAC_DHR8RD нужен для записи 8-разрядных данных с выравниванием по правому краю. В биты 7...0 записываются данные для первого канала, а в биты 16...8 для второго.

Регистры выходных данных DAC_DOR1 и DAC_DOR2 содержат выходные данные соответственно для первого и второго каналов. Они доступны только для чтения. Структура этих регистров одинаковая. Данные содержатся в разрядах 11...0.

Таблица 2. Выбор источника запуска

Источник запуска	Тип	Содержимое TSEL[2:0]
Таймер 6	Внутренний сигнал от таймера	000
Таймер 3		001
Таймер 7		010
Таймер 5 или таймер 15		011
Таймер 2		100
Таймер 4		101
EXTI_9	Внешний сигнал	110
SWTRIG	Программно	111

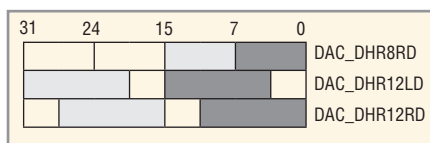


Рис. 3. Способы загрузки регистра DAC_DORx в режиме двойных каналов

Регистр статуса DAC_SR хранит информацию о состоянии ЦАП. В этом регистре зарезервированы все биты кроме двух.

Бит 29 DMAUDR2 – это флаг, сигнализирующий отставание запроса DMA в канале 2. Такая ситуация происходит, когда частота запуска преобразования выше, чем возможность обслуживания запроса DMA.

Бит 13 DMAUDR1 – аналогичный флаг отставания запроса DMA в канале 1.

Режимы работы ЦАП

Каждый канал может быть включён установкой разряда ENx соответствующего канала в регистре DAC_CR. Канал включается с задержкой времени Twakeup.

ЦАП имеет два выходных буферных элемента, которые используются для снижения выходного сопротивления и подключения напрямую к нагрузке без применения внешнего операционного усилителя. Управление выходными буферами осуществляется с помощью разрядов BOFFx в регистре DAC_CR.

В зависимости от содержимого регистра DAC_DORx изменяется напряжение на выходе DAC. Но непосредственная запись данных в этот регистр невозможна, допускается только чтение. В режиме одиночных каналов данные загружаются в регистр DAC_DORx через специальные регистры:

- DAC_DHR12Rx – для записи 12 бит данных с выравниванием по правому краю;
- DAC_DHR12Lx – для записи 12 бит данных с выравниванием по левому краю;
- DAC_DHR8Rx – для записи 8 бит данных с выравниванием по правому краю.

На рисунке 2 наглядно показаны все эти способы загрузки регистра DAC_DORx.

В режиме двойных каналов данные загружаются в DORx через регистры:

- DAC_DHR12RD – для записи 12 бит данных с выравниванием по правому краю;
- DAC_DHR12LD – для записи 12 бит данных с выравниванием по левому краю;
- DAC_DHR8RD – для записи 8 бит данных с выравниванием по правому краю.

На рисунке 3 показаны представленные здесь способы загрузки регистра DORx.

Данные, загруженные в регистр DAC_DHRx, автоматически переписываются в регистр DAC_DORx через один цикл APB1, если разряд TENx регистра DAC_CR сброшен, или через три цикла, если разряд TENx регистра DAC_CR установлен.

Когда регистр DAC_DORx загружается содержимым DAC_DHRx, сформированное напряжение появляется на аналоговом выходе спустя время Tsettlng, которое зависит от напряжения питания и нагрузки, подключённой к выходу.

Цифровые данные преобразуются с помощью ЦАП в выходное напряжение, находящееся в диапазоне от 0 В до Vref+. Зависимость выходного сигнала от входных данных линейная. Выходное напряжение вычисляется по следующей формуле: $DAC_{output} = V_{ref+} * (DOR / 4095)$.

Если управляющий разряд TENx установлен, включается внешний запуск преобразования от таймера или внешнего вывода контроллера. С помощью разрядов TSELx[2:0] выбирается источник запуска, как показано в таблице 2.

Каждый раз при обнаружении фронта запускающего сигнала данные, хранящиеся в регистре DAC_DHRx, будут переданы в регистр DAC_DORx, и он обновится через три цикла APB1.

Если выбран программный запуск, преобразование начнётся сразу после установки разряда SWTRIG, который сбросится аппаратно после передачи данных из регистра DAC_DHRx в регистр DAC_DORx.

Разряды TSELx[2:0] нельзя изменять, если установлен бит ENx. Если выбран программный запуск, то передача данных из регистра DAC_DHRx в регистр DAC_DORx занимает один цикл шины APB1.

Использование DMA

Каждый канал может работать с DMA. Для обслуживания запросов от ЦАП

в модуле DMA предусмотрено два канала. Запрос DMA будет генерироваться от ЦАП, когда приходит не программный сигнал внешнего запуска. Затем значение регистра DAC_DHRx будет перенесено в регистр DAC_DORx.

В вдвоенном режиме, если установлены оба разряда DMAENx, генерируются запросы DMA от обоих каналов. Если необходим только один запрос, то следует установить соответствующий разряд DMAENx.

Запросы от ЦАП к DMA не имеют очереди, поэтому если второй внешний запуск пришёл до подтверждения последнего запроса, последний без сообщения об ошибке обслужен не будет.

ГЕНЕРАТОР ШУМА

Для генерирования шума доступен регистр LFSR (Linear Feedback Shift Register). Генератор шума выбирается установкой разрядов WAVEx[1:0] = 01. Предусловленное значение регистра LFSR равно 0xAAA. Этот регистр обновляется спустя три такта APB1 после каждого внешнего запуска, после выполнения специального алгоритма вычисления сигнала шума, который приведён на рисунке 4.

Значение регистра LFSR, которое может быть скрыто полностью или частично с помощью разрядов MAMPx[3:0] регистра DAC_CR, добавляется без переполнения к содержимому регистра DAC_DHRx, который затем будет сохранён в регистре DAC_DORx. Если LFSR = 0, к нему добавляется 1, реализуя, тем самым, антиблокировочный механизм. На рисунке 5 представлена временная диаграмма процедуры генерации шума. Генератор шума включается установкой разряда TENx регистра DAC_CR.

ГЕНЕРАТОР ТРЕУГОЛЬНОГО СИГНАЛА

Генерирование треугольного сигнала посредством ЦАП производится записью в разряды WAVEx[1:0] двоичного значения 10. Амплитуда сигнала задаётся разрядами MAMPx[3:0] регистра DAC_CR. После каждого внешнего запуска через три цикла APB1 происходит инкремент специального счётчика. Значение этого счётчика затем добавляется к содержимому регистра DAC_DHRx и сохраняется в DAC_DORx. Этот счётчик будет инкрементироваться до тех пор, пока не достигнет максимального значения, которое определяется

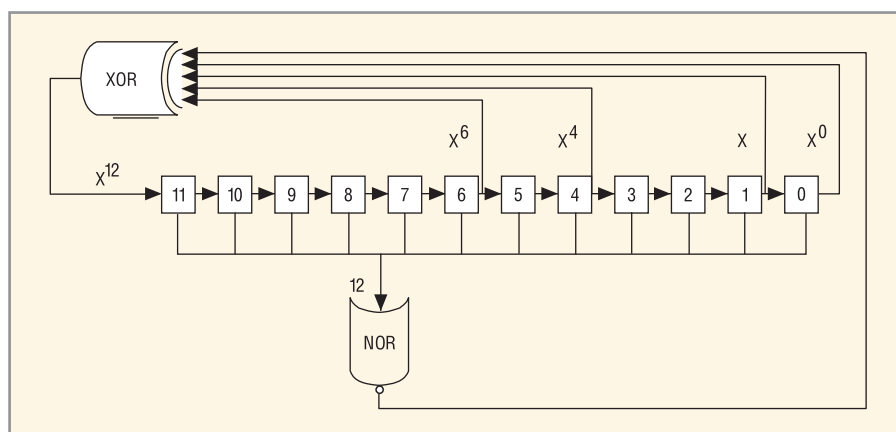


Рис. 4. Алгоритм вычисления сигнала шума

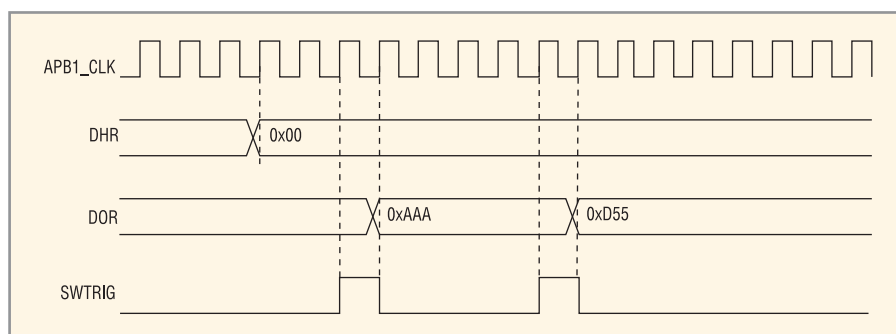


Рис. 5. Временная диаграмма процедуры генерации шума

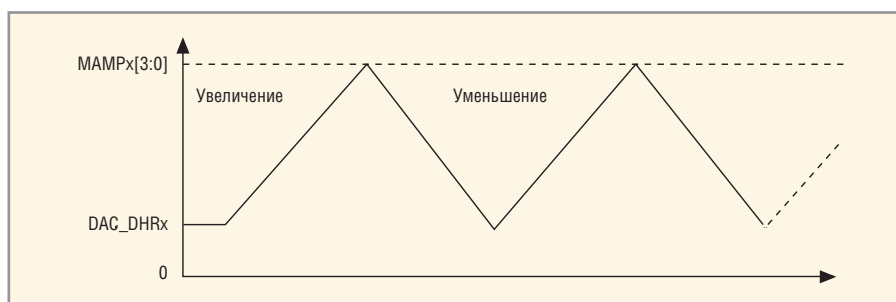


Рис. 6. Осциллограмма генерации шума

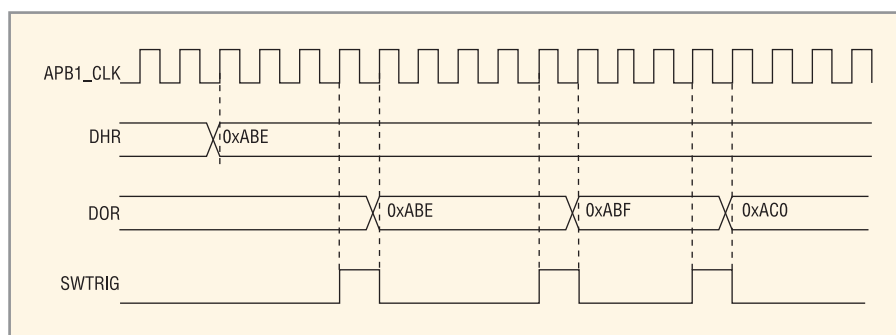


Рис. 7. Временная диаграмма процедуры генерации треугольника

разрядами MAMPx[3:0]. После достижения этого значения счётчик переключится на вычитание, а при достижении нуля – обратно на сложение. Сброс генерирования треугольного сигнала произойдёт после сброса разрядов WAVEx[1:0]. На рисунке 6 представлена осциллограмма генерации шума.

Временная диаграмма процедуры генерации треугольника представлена на рисунке 7.

Режим двухканального ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Чтобы эффективно использовать пропускную способность шины в приложениях, требующих работу двух каналов ЦАП, имеется три регистра (DHR8RD, DHR12RD и DHR12LD), которые обеспечивают одновременный доступ к обоим каналам.

Существует 11 способов преобразования с помощью двух каналов и этих

Листинг 1

```
#include <stm32f10x.h>
#include <stm32f10x_rcc.h>
#include <stm32f10x_gpio.h>
// Массив данных для генератора гармоничного сигнала синуса
const uint16_t sin[32] = {
2047, 2447, 2831, 3185, 3498, 3750, 3939, 4056, 4095, 4056,
3939, 3750, 3495, 3185, 2831, 2447, 2047, 1647, 1263, 909,
599, 344, 155, 38, 0, 38, 155, 344, 599, 909, 1263, 1647};
unsigned char i=0;
// Функция обработчика прерывания от таймера 6
void TIM6_DAC_IRQHandler(void)
{
TIM6->SR &= ~TIM_SR_UIF; // Сбросить флаг UIF
DAC->DHR12R1=sin[i++]; // Записать в ЦАП очередной элемент
массива
if (i==32) i=0; // Если вывели в ЦАП все 32 значения - начать
снова
}
int main(void)
{
// Включить порт
RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOA, ENABLE);
// Включить ЦАП
RCC_APB1PeriphClockCmd(RCC_APB1Periph_DAC, ENABLE);
// Включить таймер 6
RCC_APB1PeriphClockCmd(RCC_APB1Periph_TIM6, ENABLE);
// Настроить вывод ЦАП
GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_4;
GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_AIN;
GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);
// Настроить частоту таймера
TIM6->PSC = 0;
TIM6->ARR = 500;
TIM6->DIER |= TIM_DIER_UIE; // Разрешить прерывание от таймера
TIM6->CR1 |= TIM_CR1_CEN; // Начать отсчёт
NVIC_EnableIRQ(TIM6_DAC_IRQn); // Разрешить TIM6_DAC_IRQn прерывания
// Включить DAC1
DAC->CR |= DAC_CR_EN1;
// Организовать бесконечный цикл
while (1) {}
}
```

трёх регистров. Ниже приводятся описания этих режимов.

Независимый запуск без генерации

Для настройки этого режима преобразования необходимо выполнить следующие действия:

- включить оба канала установкой разрядов TEN1 и TEN2;
- задать источник запуска каждого из каналов установкой разрядов TSEL1[2:0] и TSEL2[2:0];
- загрузить данные в нужный регистр DHR (DAC_DHR12RD, DAC_DHR12LD или DAC_DHR8RD).

Когда появится сигнал запуска канала 1, данные из регистра DHR1 будут перенесены в регистр DAC_DOR1. Когда появится сигнал запуска канала 2, данные из регистра DHR2 будут перенесены в регистр DAC_DOR2. Перенос данных происходит через три такта APB1.

Независимый запуск с LFSR-генерацией

Для настройки этого режима преобразования необходимо выполнить следующие операции:

- включить оба канала установкой разрядов TEN1 и TEN2;

- задать источник запуска каждого из каналов установкой разрядов TSEL1[2:0] и TSEL2[2:0];
- сконфигурировать оба канала установкой разрядов WAVEx[1:0] в 01 и задать значение маски регистра LFSR с помощью разрядов MAMPx[3:0];
- загрузить данные в нужный регистр DHR (DAC_DHR12RD, DAC_DHR12LD или DAC_DHR8RD).

Когда появится сигнал запуска канала 1, значение счётчика LFSR1 с той же маской добавляется в регистр DHR1 и сумма переносится в регистр DAC_DOR1 через три такта APB1. После этого счётчик LFSR1 обновляется.

Когда появится сигнал запуска канала 2, значение счётчика LFSR2 с той же маской добавляется в регистр DHR2 и сумма через три такта APB1 переносится в регистр DAC_DOR2. После этого счётчик LFSR2 обновляется.

Независимый запуск с раздельной LFSR-генерацией

Для настройки этого режима преобразования необходимы следующие действия:

- включить оба канала установкой разрядов TEN1 и TEN2;
- задать источник запуска каждого из каналов установкой разрядов TSEL1[2:0] и TSEL2[2:0];
- конфигурировать оба канала установкой разрядов WAVEx[1:0] в 01 и задать различные значения маски регистра LFSR с помощью разрядов MAMP1[3:0] и MAMP2[3:0];
- загрузить данные в нужный регистр DHR (DAC_DHR12RD, DAC_DHR12LD или DAC_DHR8RD).

Когда сформируется сигнал запуска канала 1, значение счётчика LFSR1 с маской, заданной в MAMP1[3:0], добавляется в регистр DHR1 и спустя три такта APB1 сумма переносится в регистр DAC_DOR1. После этого счётчик LFSR1 обновляется.

Когда придёт сигнал запуска канала 2, значение счётчика LFSR2 с маской, заданной в MAMP2[3:0], добавляется в регистр DHR2 и через три такта APB1 сумма переносится в регистр DAC_DOR2. После чего счётчик LFSR2 обновляется.

Независимый запуск с генерированием треугольных импульсов

Для настройки этого режима преобразования необходимо выполнить следующие действия:

- включить оба канала установкой разрядов TEN1 и TEN2;

- задать источник запуска каждого из каналов установкой разрядов TSEL1[2:0] и TSEL2[2:0];
- сконфигурировать оба канала установкой разрядов WAVEx[1:0] в 10 и задать значение максимальной амплитуды сигнала разрядами MAMPx[3:0];
- загрузить данные в нужный регистр DHR (DAC_DHR12RD, DAC_DHR12LD или DAC_DHR8RD).

НЕЗАВИСИМЫЙ ЗАПУСК С ГЕНЕРИРОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ТРЕУГОЛЬНЫХ ИМПУЛЬСОВ

Настройка этого режима будет произведена, если выполнить следующие действия:

- включить оба канала установкой разрядов TEN1 и TEN2;
- задать источник запуска каждого из каналов установкой разрядов TSEL1[2:0] и TSEL2[2:0];
- сконфигурировать оба канала установкой разрядов WAVEx[1:0] в 10 и задать различное значение максимальной амплитуды сигнала разрядами MAMP1[3:0] и MAMP2[3:0];
- загрузить данные в нужный регистр DHR (DAC_DHR12RD, DAC_DHR12LD или DAC_DHR8RD).

ОДНОВРЕМЕННЫЙ ПРОГРАММНЫЙ ЗАПУСК

Для настройки этого режима преобразования необходимо загрузить данные в нужный регистр DHR (DAC_DHR12RD, DAC_DHR12LD или DAC_DHR8RD). При такой конфигурации, спустя один такт APB1, данные из регистров DHR1 и DHR2 будут перезаписаны в DAC_DOR1 и DAC_DOR2 соответственно.

ПРИМЕРЫ ПРОГРАММ

Рассмотрим программы, которые позволяют генерировать сигнал одной из трёх форм: синус, треугольник и шум. Для генерации синуса использован табличный метод. То есть для генерации синуса значения не вычисляются, а извлекаются из подготовленного заранее массива и выводятся в ЦАП каждый раз, когда возникает прерывание от таймера. Вариант этой программы приведён в листинге 1.

После запуска этой программы на выводе PA4 будет сформирован аналоговый сигнал с формой синуса. При этом на сигнале будут наблюдаться «ступеньки». Чтобы сделать сигнал более гладким, потребуется в несколько

Листинг 2

```
#include <stm32f10x.h>
#include <stm32f10x_rcc.h>
#include <stm32f10x_gpio.h>
int main(void) {
    // Включить порт A
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOA, ENABLE);
    // Включить ЦАП
    RCC_APB1PeriphClockCmd(RCC_APB1Periph_DAC, ENABLE);
    // Включить таймер 6
    RCC_APB1PeriphClockCmd(RCC_APB1Periph_TIM6, ENABLE);
    // Настроить вывод для ЦАП
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_4;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_AIN;
    GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);
    // Настроить частоту таймера
    TIM6->PSC = 0;
    TIM6->ARR = 500;
    TIM6->CR2=TIM_CR2_MMS_1; // Таймер назначить источником событий для ЦАП
    TIM6->CR1 |= TIM_CR1_CEN; // Начать отсчёт
    // Включить DAC1
    DAC->CR |= DAC_CR_TEN1; // Преобразование по возникновению события
    DAC->CR &= ~DAC_CR_TSEL1; // от таймера 6
    DAC->CR |= DAC_CR_WAVE1_0; // Генерация шума
    // DAC->CR |= DAC_CR_WAVE1_1; // Генерация сигнала треугольной формы
    DAC->CR |= DAC_CR_MAMP1; // Максимальная амплитуда
    DAC->CR |= DAC_CR_EN1; // Включить ЦАП1
    // Организовать бесконечный цикл
    while(1) {}
}
```

раз увеличить массив с предварительно вычисленными значениями синуса. Это позволит уменьшить разницу между соседними цифровыми значениями для формируемого сигнала.

Для генерации любой другой формы сигнала нужно просто заменить в массиве данных имеющиеся значения на значения для генерации нужного сигнала.

Рассмотрим программу для генерации сигнала шума. Здесь программа потребует лишь для инициализации ЦАП и таймера, после чего формирование сигнала будет происходить без участия программы, то есть аппаратно. Для этого следует включить внешний запуск преобразования, а источником его запуска назначить таймер, который будет досчитывать до записанного в его регистр значения, а затем обнуляться и генерировать событие, которое запустит новое преобразование. И так до бесконечности. В результате на соответствующем выводе микроконтроллера будет сформирован непрерывный сигнал шума. Вариант такой программы приведён в листинге 2.

После запуска этой программы на экране осциллографа, подключённого к выводу PA4 микроконтроллера, появится характерный сигнал шума.

Для генерации сигнала треугольника необходимо закомментировать в программе строку:

```
DAC->CR |= DAC_CR_WAVE1_0; //
```

Генерация шума

и удалить символы комментирования для строки:

```
DAC->CR |= DAC_CR_WAVE1_1; // Генерация сигнала треугольной формы.
```

В режиме генерации шума или треугольника можно задавать смещение сигнала относительно нуля. Это делается записью значения смещения в соответствующий каналу регистр DAC_DHRx.

Подробнее ознакомиться с блоком ЦАП микроконтроллера STM32 можно на сайте www.st.com [2].

ЛИТЕРАТУРА

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



Новости мира News of the World Новости мира

Рязанский Радиозавод признан лучшим предприятием ОПК области

ОАО «Рязанский Радиозавод», входящий в состав «Объединённой приборостроительной корпорации», признан лучшим предприятием оборонно-промышленного комплекса Рязанской области в 2014 году. Соответствующую награду радиозавод получил по итогам конкурса «Деловые итоги года», который традиционно проводится рязанским областным отделением общероссийской общественной организации малого и среднего предпринимательства «Опора России».

В конкурсе принимали участие более 50 предприятий, работающих на территории Рязанской области. Главными критериями отбора стали объём налоговых отчислений в бюджет и количество создаваемых рабочих мест. Сегодня на «Рязанском Радиозаводе» работают порядка двух тысяч человек. Налоговые отчисления за 2014 год составили 437 млн руб., из них 377 млн руб. поступили в федеральный бюджет, 53 млн руб. – в региональный и 7 млн руб. – в местный бюджет. По сравнению с 2013 годом выруч-

ка от реализации продукции в 2014 году возросла на 30% и составила 3,9 млрд руб.

«Рязанский Радиозавод» занимается выпуском средств радиосвязи пятого поколения, предназначенных для обеспечения всех воинских подразделений и частей устойчивой помехозащищённой и разведзащищённой радиосвязью, а также изготовлением командно-штабных машин различного назначения для МО, МВД и ФСО. Предприятие также ведёт собственные разработки, наиболее перспективной из которых на сегодняшний день является «Комплекс учебно-тренировочных средств» (КУТС) для подготовки военных связистов всех уровней (от рядовых до командиров), в условиях, максимально приближенных к боевым.

www.opkrt.ru

Новая технология Heat-Spring® для производства светодиодов

На конференции Strategies in Light 24, которая пройдёт 26 февраля в Лас-Вегасе (Невада, США), корпорация Indium представит технологию Heat-Spring®, суть которой заключается в использовании при создании теплового контакта сжимаемого и пригодного для повторной переработки материала.

Спрос на светодиоды повышенной яркости растёт в геометрической прогрессии. Это обусловлено не только качеством их света, но также энергоэффективностью и надёжностью. Эти характеристики напрямую соотносятся с конструктивным исполнением, методами сборки и используемыми материалами.

Heat-Spring корпорации Indium – это сжимаемый контактный материал, который обеспечивает теплопроводность 86 Вт/мК в диапазоне давлений всего лишь от 35 до 100 фунтов на квадратный дюйм. По сравнению с альтернативными термопастами, Heat-Spring обеспечивает стабильное тепловое сопротивление и лёгкость в использовании. Кроме того, материал Heat-Spring не выгорает и не удаляется, обеспечивая при этом долговечность функционирования и устраняя необходимость ремонта.

При необходимости Heat-Spring может быть удалён с поверхности и переработан. Фасуется же он на специальные подложки либо в катушки лент.

Heat-Spring – это лишь один материал из широкого ассортимента корпорации Indium, который она предлагает предприятиям, занимающимся сборкой светодиодов.

www.ostec-materials.ru



Посетите сайт журнала СТА! >>

Ведущий журнал для специалистов в области АСУ ТП и встраиваемых систем

WWW.STA.RU

Источники питания для монтажа на плату

- ✓ Низкая стоимость
- ✓ Высокая надёжность
- ✓ Короткое время выполнения заказа
- ✓ Стандартная площадь посадочного места
- ✓ Наивысшая удельная мощность



**5 Вт
AC/DC
с площадью
1"×1"**

Маломощные источники питания AC/DC для установки на плату



Серия ESE

- От 5 до 40 Вт
- Ультракompактные с площадью от 1"×1"
- Герметизированное исполнение
- Одно- и двухканальные модели
- Потребляемая мощность в режиме холостого хода < 0,3 Вт



Серия ECL

- От 5 до 30 Вт
- Ультракompактные
- Одно- и многоканальные модели
- Герметизированное исполнение и открытый каркас
- Потребляемая мощность в режиме холостого хода < 0,3 Вт



**20 Вт
DC/DC
с площадью
1"×1"**

Серии DC/DC-преобразователей в стандартном исполнении

От 1 до 3 Вт

- Корпуса SIP и DIP
- Варианты со стабилизацией выходного напряжения и с низким коэффициентом стабилизации
- Входы 2:1, 4:1 и ±10%
- Гальваническая развязка вход-выход от 500 В до 6 кВ



От 2 до 6 Вт

- Площади оснований 1"×1", 1"×2", 2"×2" и DIP-24
- Одно-, двух- и трёхканальные модели со стабилизированными напряжениями
- Широкий диапазон входного напряжения 2:1 и 4:1
- Гальваническая развязка вход-выход до 3,5 кВ



Соответствие требованиям медицинских стандартов

- От 3 до 10 Вт
- IEC60601-1, 3-е издание
- Усиленная изоляция 4000 В (переменный ток)
- Ток утечки на пациента 2 мкА



Драйверы для светодиодных систем освещения

- От 5 до 48 Вт
- Ток нагрузки до 1000 мА
- Режим генератора тока
- КПД 95%



Модели для поверхностного монтажа

- 1 и 2 Вт
- Варианты со стабилизацией выходного напряжения и с низким коэффициентом стабилизации
- Входы ±10%, 2:1 и 4:1
- Одно- и двухканальные модели



Загрузите

интерактивное руководство
по выбору преобразователей AC/DC и DC/DC

www.xppower.com/literature_downloads



Посетите наш сайт
и загрузите последний
выпуск каталога
продукции:
www.prosoft.ru/xp_power



GREEN•POWER



Селектор для загрузки
в мобильные устройства



XP Power



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ XP POWER

ProSoft®

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

Многофункциональные бюджетные осциллографы АКИП 4126 с полосой частот от 70 до 300 МГц

Владимир Дьяконов (г. Смоленск)

Мировые лидеры в разработке и производстве цифровых осциллографов, такие как Agilent (Keysight Technologies), Tektronix, Teledyne LeCroy, выпускают на отечественный рынок ряд приборов высокого класса. Но они дороги для многих пользователей и имеют избыточные возможности. Поэтому большим спросом пользуются китайские и южнокорейские приборы бюджетного класса. В статье описаны выпускаемые в России под торговой маркой АКИП осциллографы серии 4126, построенные на основе осциллографов фирмы SIGLENT с использованием современных комплектующих. Автор благодарит российскую компанию «Прист» за предоставленную для ознакомления старшую модель осциллографа АКИП.

Выпускается 8 моделей осциллографов серии АКИП 4126. Классификационные параметры четырёх приборов приведены в таблице. Параметры осциллографов серии 4126А аналогичны представленным в таблице.

Осциллографы серии 4126 обладают следующими техническими характеристиками:

- частота дискретизации 1 ГГц на каждый канал (2 ГГц при объединении);
- функция сужения полосы до 20 МГц;
- объём памяти на канал 14 МБ (28 МБ – при объединении);
- различные режимы сбора данных: выборка, пиковый детектор (> 2 нс), усреднение (4 /.../ 1024), интерполяция $\sin(x)/x$;
- усреднение осциллограмм (от 4 /16 до 12/ 1024);
- коэффициенты отклонения по вертикали от 2 мВ/дел до 1 В/дел для 50-омного входа и до 10 В/дел для 1 МОм входа;
- развёртка от 1 нс/дел до 50 с/дел;
- 32 вида автоматических измерений параметров, курсорные измерения;
- высокая скорость обновления экрана (до 110 000 осц./с);
- режим сегментированной памяти (до 4067 сегментов);

- режим HISTORY – запись и обратное воспроизведение осциллограмм (прокрутка во времени назад) для обнаружения предыдущих аномалий;
- режим автоматических измерений временных задержек (8 параметров);
- функция автоматической установки параметров развёртки и запуска;
- математические функции: сложение, вычитание, умножение, деление, дифференцирование (d/dt), интегрирование ($\int dt$), извлечение квадратного корня ($\sqrt{}$);
- частотный спектр, получаемый методом быстрого преобразования Фурье (БПФ);
- цифровые фильтры (ФВЧ, ФНЧ, полосовой и режекторный) с ручной регулировкой;
- режимы растяжки осциллограмм Zoom;
- самописец и режим XY;
- синхронизация и декодирование сигналов по протоколам последовательных шин I²C, SPI, UART/RS232, CAN, LIN (опция DC);
- анализ смешанных сигналов (MSO) – 8-канальный логический анализатор (опция MSO);
- опция функционального генератора с частотой до 25 МГц со стандартными формами сигналов и возможно-

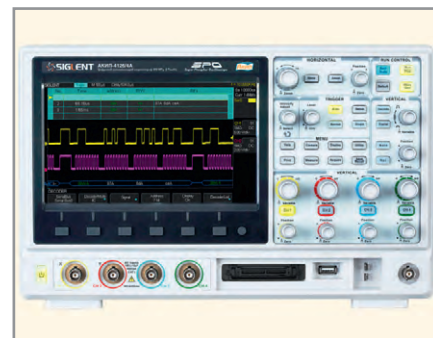


Рис. 1. Внешний вид осциллографа АКИП-4126/4А

стью формирования сигнала произвольной формы;

- интерфейсы USB, TMC для управления и сохранения данных (host/device), LAN, опция GPIB (коммуникационный USB кабель-адаптер);
 - цветной SVGA TFT-дисплей (20 см) с регулируемой яркостью и разрешением 800 × 480 точек при 8 × 14 делениях шкалы;
 - функция аналогового послесвечения (персистенции);
 - вывод данных на печать (поддержка PictBrige);
 - сохранение осциллограмм, настроек прибора и копий экрана во встроенной памяти и на USB-модуле флэш-памяти;
 - русифицированное меню;
 - потребляемая от сети мощность 50 Вт;
 - масса 6,2 кг, габариты 352 × 224 × 112 мм.
- Ключевыми преимуществами осциллографов АКИП этой серии являются:
- инновационная технология аналогового послесвечения SPO (Super Phosphor Oscilloscope);
 - высокая скорость сбора данных (110 000 осциллограмм/с);
 - наличие функции усреднения (до 1024 раз) и высокого разрешения (HiRes);
 - расширенное меню синхронизации и запуска сбора данных (9 видов, в том числе HDTV);
 - большое число автоматических измерений и функции математики;
 - допусковый контроль (тест по маске);

Квалификационные параметры осциллографов АКИП-4126

Модель	АКИП-4126/1	АКИП-4126/2	АКИП-4126/3	АКИП-4126/4
Число входных каналов	2 / 4*	2 / 4*	2 / 4*	2 / 4*
Полоса пропускания, МГц	0...70	0...100	0...200	0...300
Время нарастания, нс	5	3,5	1,7	1,3

* Четырёхканальные модели имеют в названии индекс А

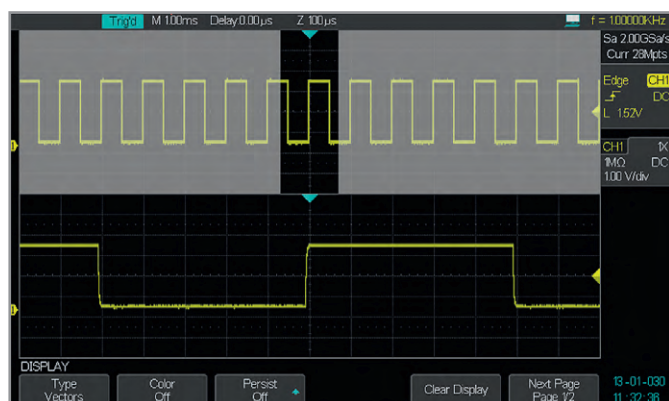


Рис. 2. Осциллограмма меандра и его участка

- режим X-Y для получения фигур Лиссажу;
- опция логического анализатора параллельных шин;
- опция синхронизации и декодирования последовательных данных по протоколам I²C, SPI, UART/RS-232, CAN, LIN;
- опция генератора сигналов (функциональный + СПФ);
- возможность устанавливать дополнительные опции (декодирование, логический анализатор, генератор сигналов) электронным ключом.

Исходя из технических параметров и ключевых особенностей, АКИП-4126 позиционируется как многофункциональный осциллограф широкого применения. Он может использоваться в сфере электронного дизайна, для исследования и тестирования РЭА, для технического проектирования и отладки встроенных систем, а также в сфере науки и образования, эксплуатационном обслуживании, сервисе и ремонте. Младшие модели могут быть интересны радиолюбителям, специалистам ремонтных радиомастерских, а также использоваться для постановки лабораторных работ в вузах и университетах. Старшие модели вполне пригодны для научно-исследовательских и конструкторских лабораторий и для промышленных целей (например, для тестирования различной аппаратуры и электронных компонентов).

На рисунке 1 показан внешний вид передней панели осциллографа АКИП-4126/4А. Поскольку в осциллографах предусмотрена возможность анализа смешанных сигналов (MSO – Mixed Signal Oscilloscope), на передней панели находится разъём подключения шлейфа логического пробника. Программно-аппаратная опция логического анализатора обеспечивает возможность анализа не только аналого-

вых сигналов, но и подключение до восьми цифровых каналов. Это, наряду с возможностью декодирования и анализа последовательных сигналов, превращает осциллографы АКИП-4126 в производительную систему для работы одновременно с аналоговыми и цифровыми сигналами. Частота дискретизации логического анализатора – 500 МГц.

Осциллографы имеют большой цветной TFT-дисплей с диагональю 20 см (SVGA, 8 × 14 дел, разрешение 800 × 480 при 256 градациях яркости и цвета), обширный набор автоматических измерений и математических функций, удобный интерфейс. Они отличаются высокой скоростью обновления информации на экране при сборе данных. Предусмотрены интерфейсы USB (host/device), LAN, выход «Синхр» (BNC), выход «Годен / Не годен» (BNC). Опционально доступен интерфейс GPIB в виде коммуникационного USB кабеля-адаптера. Для согласования входного тракта в различных измерительных схемах осциллографы имеют переключаемый входной импеданс 1 МОм/50 Ом. Ряд новых решений и режимов, внедрённых в осциллографах серии АКИП-4126, предоставляют пользователю дополнительные ресурсы для тестирования современных цифровых схем и устройств.

На задней панели осциллографа расположены разъём кабеля питания, разъём последовательной шины USB, разъём локальной сети и коаксиальные разъёмы BNC-запуска.

Осциллограф имеет привычный для современных цифровых осциллографов интерфейс пользователя. Каждый канал включается своей кнопкой и имеет свои ручки регулировки смещения и коэффициента отклонения. Для каждого режима работы есть своя зона на передней панели, а внизу экрана фор-

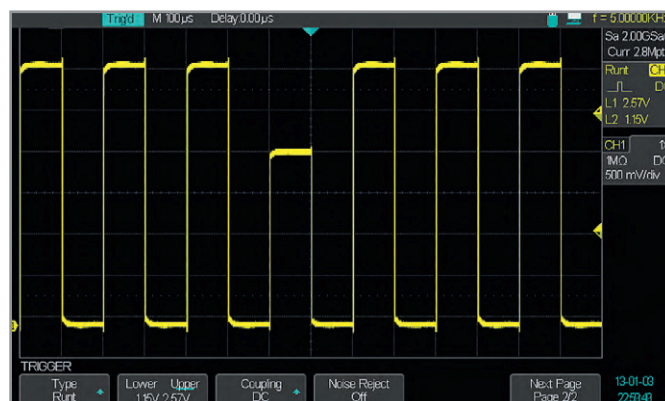


Рис. 3. Синхронизация по ранту обнаруживает аномалию импульса

мируется меню, позиции которого управляются кнопками под экраном. Система управления проста и интуитивно понятна.

Экран осциллографа достаточно большой и позволяет разместить на нём как осциллограммы, так и элементы интерфейса пользователя, и таблицу результатов автоматических измерений. На экран выводятся также позиции меню, предусмотренные для различных режимов работы. Кнопки их включения расположены под экраном.

Обработка сигнала осуществляется с применением инновационной технологии аналогового послесвечения SPO (Super Phosphor Oscilloscope). Она обеспечивает плавную регулировку яркости осциллограмм, характерную для аналоговых осциллографов. Также эти осциллографы имеют эффективную функцию выделения участка осциллограммы и увеличения её размеров – Zoom (см. рис. 2). Она действует как «лупа времени», но с присущей цифровым приборам точностью.

Высокая скорость сбора информации (110 000 осц./с) в сочетании с технологией SPO обеспечивает «чистое» и достоверное визуальное отображение, подобное отображению на аналоговом осциллографе, даже для динамично меняющегося сигнала. Одно из преимуществ новой технологии – цифровая аппаратная схема синхронизации, имеющая ультранизкий уровень собственного джиттера и высокую стабильность запуска системы сбора данных.

Осциллографы имеют все современные средства запуска и синхронизации развёртки. Особенно удобны средства запуска по различным критериям: нарастающему и спадающему фронту импульсов, по их длительности, по ранту, по временной задержке импульсов и так далее. Нередко это позволяет выявить аномальную или важную

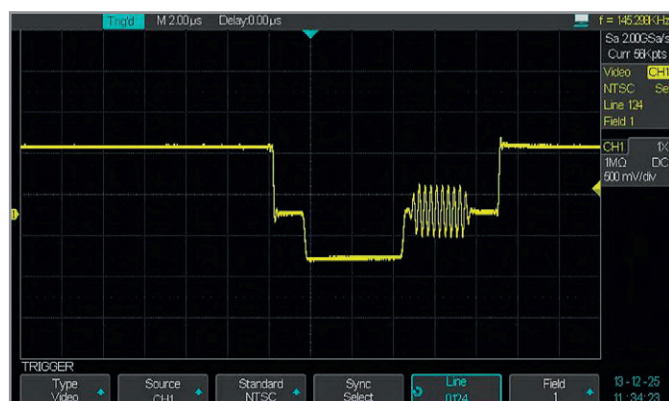


Рис. 4. Осциллограмма телевизионного сигнала

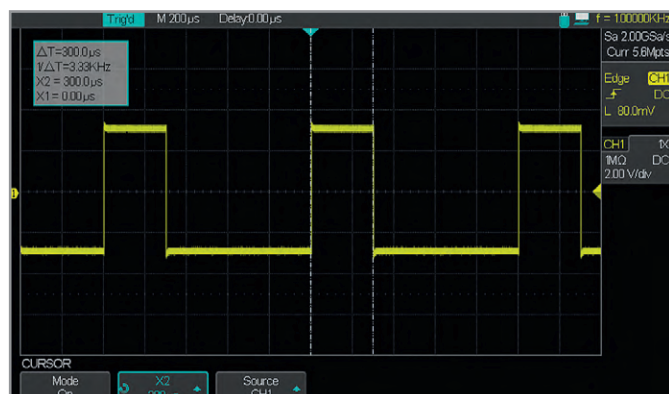


Рис. 6. Курсорные измерения длительности импульса

особенность временной зависимости сигнала, подобную представленной на рисунке 3.

Осциллографы серии АКИП реализуют также эффективную развертку видео- и телевизионных сигналов с выбором стандарта сигнала, номера полукадра, номера строки и нужного участка осциллограммы. На рисунке 4 показана осциллограмма части сигнала одной из строк, на которой довольно отчетливо видна вспышка цветовой поднесущей.

Обычно в бюджетных осциллографах декодирование последовательных данных в шинах не предусмотрено. Однако в описываемых осциллографах оно реализовано, что существенно расширяет области их возможного применения. Режим декодирования предусмотрен для протоколов последовательных шин I²C, SPI, UART/RS-232, CAN, LIN. Пример декодирования последовательной шины CAT показан на рисунке 5.

В осциллографах предусмотрен также допусковой контроль по маске, задающей допустимую область расположения осциллограмм. Маска может задаваться перемещением самой осциллограммы.

Осциллографы имеют развитые средства для проведения автоматических измерений и математической обра-

ботки сигналов. Возможны курсорные измерения (DU, DT, 1/DT) с горизонтальной и вертикальной парой курсоров. На рисунке 6 показан пример применения вертикальных курсоров для измерения длительности импульсов.

Осциллограф имеет 32 вида автоматических измерений. По вертикали можно автоматически измерять $U_{\text{пик-пик}}$, $U_{\text{ампл}}$, $U_{\text{ср.кв}}$, $-U$, $+U$, $U_{\text{макс.}}$, $U_{\text{мин.}}$, $U_{\text{сред.}}$, выбросы на вершине и в паузе, по горизонтали $U_{\text{пик-пик}}$, $U_{\text{ампл}}$, $U_{\text{ср.кв}}$, $-U$, $+U$, $U_{\text{макс.}}$, $U_{\text{мин.}}$, $U_{\text{сред.}}$, выбросы на вершине и в паузе. Кроме того, по горизонтали автоматически измеряются восемь параметров: f , T , t нарастания, t среза, $+ф$, $-ф$, коэффициент заполнения (%), фаза, задержка. На экране отображается таблица с результатами всех произведенных автоматических измерений (см. рис. 7). Следует отметить, что столь большое число автоматических измерений характерно для осциллографов высокого класса.

В осциллографах АКИП 4126 предусмотрены также средства математической обработки сигналов. При включенной статистике автоматических измерений в их таблице для каждого измерения указывается текущее, среднее, максимальное и минимальное значения, а также среднеквадратичное отклонение. Для сигналов двух каналов

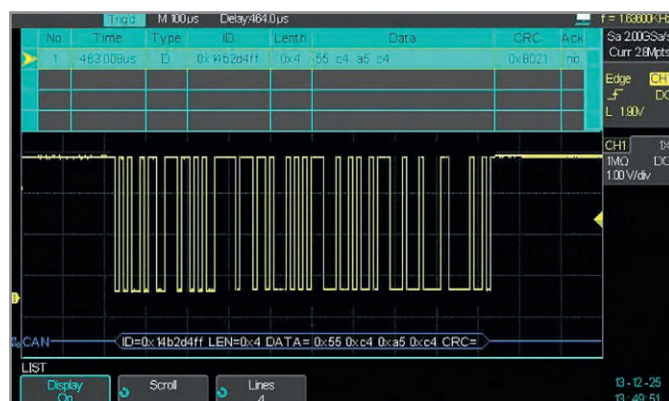


Рис. 5. Декодирование последовательной шины CAT

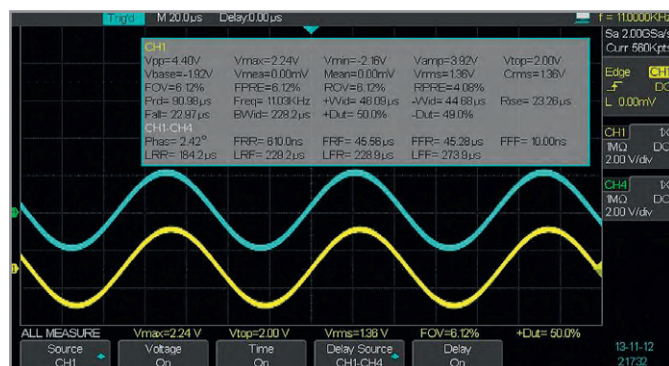


Рис. 7. Вывод на экран таблицы с результатами всех автоматических измерений

возможны арифметические операции суммирования (см. рис. 8), вычитания, умножения и деления.

Ряд математических операций возможен для осциллограммы с одного канала – это вычисление квадратного корня, дифференцирование и интегрирование. Функция БПФ реализует получение частотного спектра сигнала методом быстрого преобразования Фурье (см. пример на рис. 9).

Поскольку объем памяти, необходимой для сохранения одной осциллограммы мал, это позволяет разместить в памяти осциллографа тысячи осциллограмм. На этом основана сегментация памяти, реализованная в осциллографах высокого класса. Она реализована и в осциллографах АКИП-4126, причём возможно использование до 4067 сегментов. Их можно просматривать с помощью функции History (история). Для перехода от одного сегмента к другому служит цифровой проигрыватель, кнопки управления которым видны в меню.

В осциллографах предусмотрена опция внутреннего функционального генератора и генератора сигналов произвольной формы (ФГ + СФП) с дискретизацией 125 Мвыб/с и частотным диапазоном до 25 МГц (синус). Разрядность ЦАП генератора – 14 бит, разре-

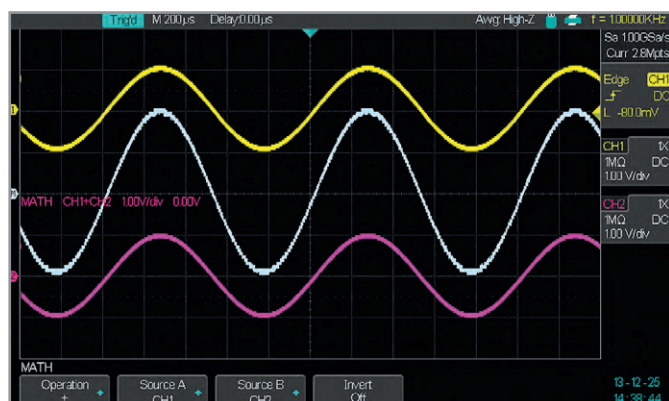


Рис. 8. Суммирование (белая осциллограмма) сигналов двух каналов

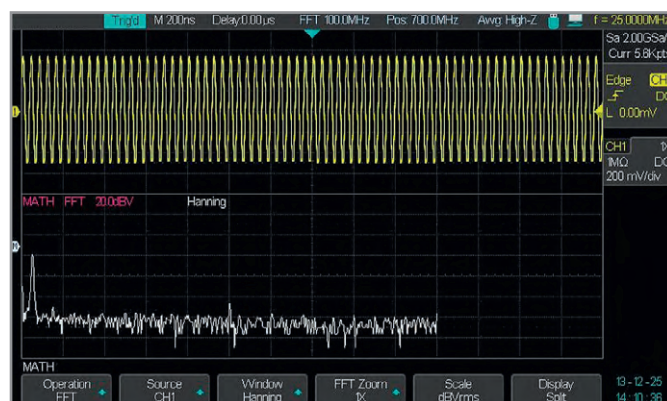


Рис. 9. Синусоида и её частотный спектр, полученный методом БПФ

шение установки частоты – 1 мГц. Выходные формы: прямоугольник, пила, импульс, синус, шум, гауссовский импульс, кардио и экспоненциальный сигнал. Длина памяти для произвольной формы – 16 000 точек. Выходной уровень: 4 мВпик ~6 Впик (1 МОм), 2 мВпик ~3 Впик (50 Ом).

Программная опция «Анализатор мощности» обеспечивает измерение электрической мощности при анализе напряжения и силы тока нагрузки. С помощью этой опции также возможно отображение и измерение гармо-

ник U/I, автоматическое вычисление бросков пускового тока, измерение уровня пульсаций и шумов.

Осциллографы серии АКІП позволяют записывать осциллограммы, настройки осциллографа и полные копии экрана как в память осциллографа, так и на внешние модули флэш-памяти с интерфейсом USB.

Описанные выше возможности осциллографов старших моделей серии АКІП аналогичны имеющимся у осциллографов более высокого класса ведущих фирм мира. В то же время

их стоимость в 2–4 раза ниже. Поэтому можно ожидать, что осциллографы серии АКІП найдут широкое применение для укомплектования рабочих мест по ремонту и тестированию электронных устройств и компонентов, а также их исследованию в пределах полос пропускания приборов.

ЛИТЕРАТУРА

1. User manual. Digital oscilloscope. V. 1.0. Siglent. 2014.
2. Data Sheet. Digital oscilloscope. Siglent. 2014.



PROCHIP

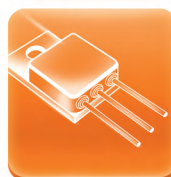
POWERED BY PROSOFT

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



Отечественный синтезатор частот с высоким быстродействием и низким уровнем фазовых шумов

Пётр Бобкович, Андрей Кузменков (Москва)

В статье описан новый отечественный синтезатор частот UNO-10M. Представлены результаты измерения его фазовых шумов и быстродействия. Показано, что по многим параметрам синтезатор не уступает импортным приборам инструментального класса.

ВВЕДЕНИЕ

Современные широкополосные синтезаторы частот и генераторы характеризуются следующими основными параметрами: уровнем фазовых шумов и побочных спектральных составляющих (ПСС) и скоростью перестройки по частоте. К синтезатору, используемому в лабораторных исследованиях, предъявляются особенно жёсткие требования в части уровня фазового шума и чистоты спектра сигнала. По этой причине в высококачественных СВЧ-синтезаторах используют ферро-резонансные генераторы на железиттриевых гранатах (ЖИГ), которые в совокупности с параметрами сигнала, полученного умножением частоты опорного кварцевого генератора, обеспечивают исключительно высокую спектральную чистоту выходного сигнала. Однако из-за физических ограничений скорость перестройки ЖИГ-генератора по частоте невысокая.

Для снижения уровня фазовых шумов применяется синхронизация высокочастотного генератора (реализованного, например, на диэлектрическом или лейкоапфировом резонаторе) высокостабильным сигналом, а широкий диапазон частот обеспечивает гибридный синтез [1, 2]. В пересчё-

те на 10 ГГц, уровень фазовых шумов лучших СВЧ-генераторов составляет от -120 до -135 дБн/Гц на отстройке 10 кГц (иногда указывают 20 кГц), а время перестройки обычно составляет десятки или сотни миллисекунд. В таких изделиях, как правило, используется самая передовая и совершенная элементная база, нередко разработанная самим производителем.

Недостатком приборов с рекордными характеристиками является очень высокая цена, которая обусловлена сложностью разработки, уникальностью компонентов и использованием патентованных технических решений. Например, один из лучших генераторов компании Keysight Technologies – N5183B – продаётся в США в базовой комплектации по цене \$25 825 [3]. При заказе прибора, оснащённого функцией уменьшения фазовых шумов UNY, цена увеличивается на \$12 396. Оснащённый всеми функциями, но без дополнительных принадлежностей, прибор будет стоить около \$90 тыс. Следует отметить, что приобретение генератора с расширенными функциями в России затруднительно из-за экспортных ограничений со стороны Бюро промышленности и безопасности США.

Другой класс синтезаторов – малогабаритные приборы (программно-управляемые модули), которым свойственна высокая скорость перестройки по частоте за счёт использования генераторов, управляемых напряжением (ГУН). Такие синтезаторы реализуют широкий рабочий диапазон частот (с верхней границей до 20 ГГц), имеют достаточно низкие для большинства приложений уровни фазовых шумов и ПСС и, что очень важно, значительно меньшую стоимость. Эти приборы предназначены для встраивания в ком-

плексы измерительного оборудования, например, для тестирования и отладки промышленной продукции. Недостатками малогабаритных синтезаторов являются упрощённая регулировка мощности выходного сигнала (либо её отсутствие), компромиссные технологии модуляции, недостаточная фильтрация гармоник, узкий диапазон ослабления сигнала и некоторые другие.

Качественные малогабаритные синтезаторы частот реализуют уровень фазовых шумов в пересчёте на 10 ГГц от -100 до -125 дБн/Гц на отстройке 10 кГц, а время перестройки частоты составляет десятки или сотни микросекунд. По сравнению с приборами, реализованными с использованием ЖИГ-генераторов, синтезаторы с ГУН характеризуются более высоким уровнем фазовых шумов на отстройке 1...10 МГц.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ СИНТЕЗАТОР ЧАСТОТ UNO-10M

В классе малогабаритных приборов продукция отечественных разработчиков представлена не очень широко и, в целом, уступает по характеристикам лучшим зарубежным аналогам. Одним из малочисленных малогабаритных синтезаторов частот, производимых серийно и сопоставимых по характеристикам с зарубежными конкурентами, является UNO-10M – новый прибор российской компании Адвантех [4], который реализует диапазон выходных частот от 100 кГц до 12 ГГц с шагом 0,001 Гц (см. рис. 1).

Синтезатор частот UNO-10M выполнен по многокольцевой схеме со смещением частоты в тракте обратной связи ФАПЧ. В традиционных, однокольцевых, схемах снижение уровня фазовых шумов обеспечивается высокой частотой сравнения, благодаря которой уменьшается коэффициент передачи в петле ФАПЧ. Тем не менее, за счёт шума, вносимого частотно-фазовым детектором (ЧФД), достигнуть уровня фазового шума менее $-(125...130)$ дБн/Гц на отстройке 10 кГц от несущей 1 ГГц в таких схемах



Рис. 1. Внешний вид синтезатора частот UNO-10M, габаритные размеры 87,5 × 185 × 26,8 мм

затруднительно. Однако в многокольцевых схемах можно получить уровни фазовых шумов в полосе ФАПЧ на 10–30 дБ ниже за счёт меньшего вклада шумов ЧФД.

Основным источником фазовых шумов в многокольцевых схемах является опорный генератор. Следует отметить, что умножение частоты малошумящего генератора с малыми потерями является нетривиальной задачей и также определяет итоговые спектральные характеристики. В синтезаторе UNO-10M полоса фильтра ФАПЧ расширена по сравнению с приборами предыдущего поколения и составляет около 2 МГц. Это позволило достичь высокого быстродействия и уменьшить уровень фазового шума, который составляет в среднем –140 дБн/Гц на отстройке 20 кГц от частоты 1 ГГц (см. рис. 2). Уровни на остальных несущих в области отстроек от 1 кГц до 1 МГц можно приблизительно оценить по формуле [5, 6]:

$$L(f_{out}) = L_0(f_0) + 20 \lg(f_{out}),$$

где f_{out} – выходная частота, ГГц; $L_0(f_0)$ – уровень фазового шума на несущей частоте 1 ГГц.

В таблице 1 представлены паспортные уровни фазовых шумов коммерчески доступных моделей синтезаторов и генераторов как зарубежного, так и отечественного производства. Ранжирование продукции от более шумящих к менее шумящим приборам (сверху вниз) сделано с учётом характеристик на более высоких частотах.

Рабочий диапазон частот синтезатора UNO-10M составляет от 100 кГц до 12 ГГц, но может быть расширен до 12,8 ГГц. Также планируется выпуск модели с аналогичными характеристиками и рабочим диапазоном от 100 кГц до 20 ГГц. Благодаря высокочастотным ГУН с октавной перестройкой (базовые диапазоны от 6 до 12 ГГц и от 10 до 20 ГГц соответственно), обеспечивается отсутствие субгармоник в спектре сигнала. Более низкие частоты выходного сигнала формируются делителями частоты (до частоты 100 МГц), что позволяет уменьшить абсолютные значения уровней фазовых шумов. Спектр выходного сигнала UNO-10M для частоты 10 ГГц показан на рисунке 3.

Использование современной микросхемы цифрового вычислительно-

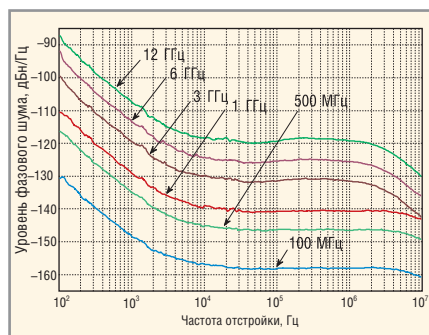


Рис. 2. Уровни фазовых шумов синтезатора UNO-10M

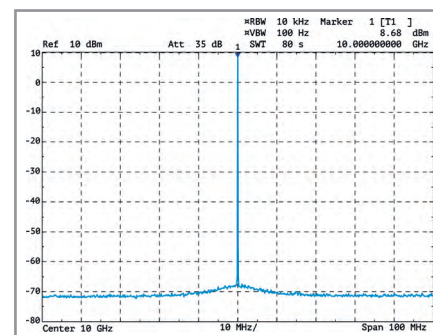


Рис. 3. Спектр выходного сигнала синтезатора UNO-10M для несущей частоты 10 ГГц

Таблица 1. Уровни фазовых шумов высококачественных генераторов и синтезаторов частот

Название прибора	Производитель	Диапазон частот, МГц	Уровень фазового шума на несущей 1 ГГц, дБн/Гц				
			1 кГц	10 кГц	100 кГц	1 МГц	10 МГц
HMC-T2220	Hittite	10–20000	–113	–119	–119	–135	–144
PLG06-11F	Микран	25–6000	–113	–121	–117	–142	–154
SSG-6400HS	Mini-Circuits	0,25–6400	–122	–133	–139	–144	–148
FSL-0010	National Instruments	650–10000	–124	–136	–136	–136	–150
HSM12001A	Holzworth Instrumentation	10–12500	–125	–133	–139	–146	–148
UNO-10M	Авантек	0,1–12000	–129	–139	–140	–141	–144
FSW-0010	National Instruments	100–10000	–132	–138	–138	–140	–144
N5183B	Keysight Technologies	0,009–13000	–133	–134	–133	–134	–158
SMF100A	Rohde & Schwarz	0,1–22000	–128	–135	–137	–148	–154
SMF100A с опц. SMF-B1	Rohde & Schwarz	0,1–22000	–134	–140	–139	–150	–158
N5183B с опц. UNY	Keysight Technologies	0,009–13000	–139	–146	–144	–140	–158

го синтезатора (ЦВС) позволило реализовать шаг перестройки по частоте 0,001 Гц во всём диапазоне частот. Выход ЦВС подключён к отдельному низкочастотному разъёму. Это даёт возможность перекрыть рабо-

чий диапазон частот от 100 кГц до 100 МГц, сохраняя фазовый шум на уровне шума хорошего кварцевого генератора (от –155 до –160 дБн/Гц на отстройке 20 кГц). Обычно в генераторах используется схема форми-



IF/RF & Microwave Design

UNO-10M

Синтезатор частот

Диапазон частот: **100 кГц .. 12 ГГц**

Шаг перестройки: **0.001 Гц**

Уровень фазового шума: **–140 дБн/Гц**
при отстройке 20 кГц @ 1 ГГц

Выходная мощность: **–10..+15 дБм**

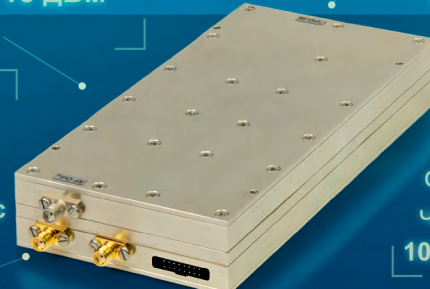
Шаг регулировки: **0.5 дБ**

Время перестройки:
шаг 10 МГц: **<1 мкс**
шаг 1 ГГц: **<40 мкс**
во всем диапазоне: **<140 мкс**

Опорный сигнал:
диапазон частот: **1-250 МГц**
уровень мощности: **0±10 дБм**

Габаритные размеры: **185x87.5x26.8 мм**

Сделано в России



Выход опорной частоты: **10/100 МГц**

Рабочий диапазон: **–40...+65°C**

www.advantex.ru
info@advantex.ru

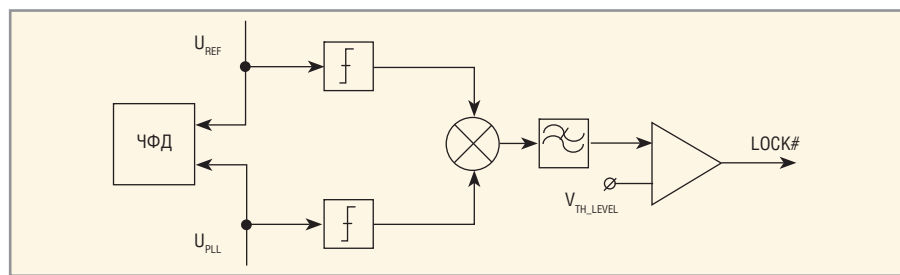


Рис. 4. Упрощённая схема детектирования захвата частоты в синтезаторе

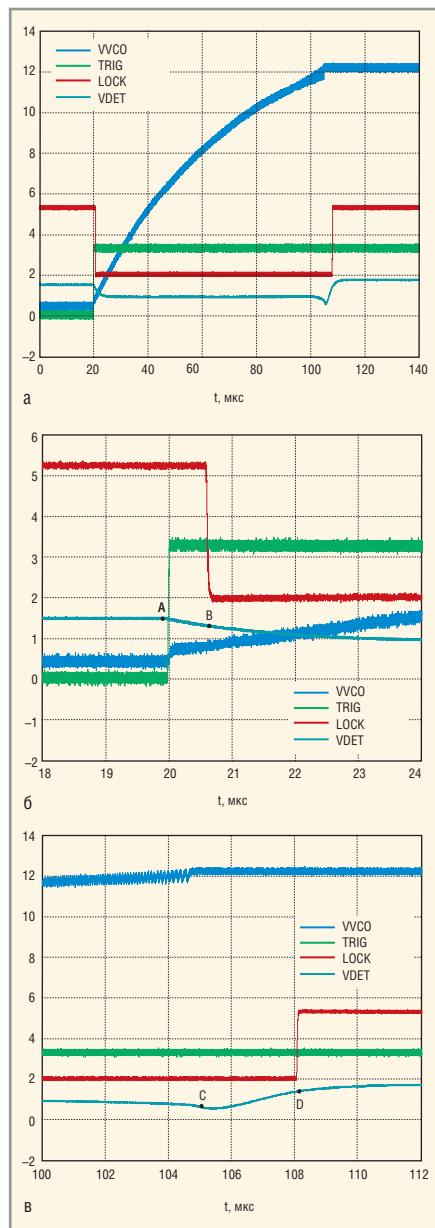


Рис. 5. Осциллограммы процессов, характеризующие перестройку частоты с 6 ГГц до 12 ГГц

рования низкочастотного сигнала с помощью переноса спектра вниз с помощью смесителя, что увеличивает уровень фазового шума. В этом случае он обычно составляет от -130 до -135 дБн/Гц на отстройке 20 кГц.

Стабильный опорный сигнал формируется высококачественным, термостатированным кварцевым генератором

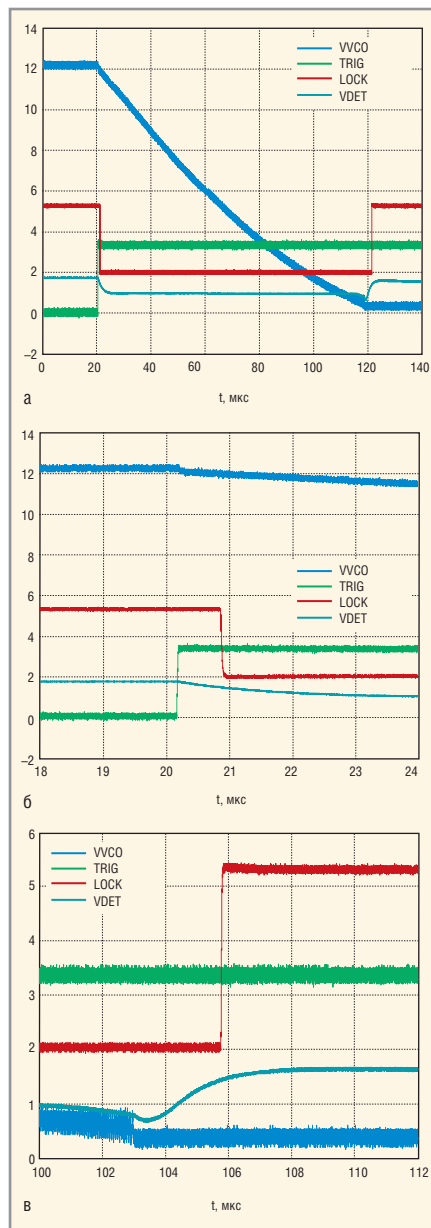


Рис. 6. Осциллограммы процессов, характеризующие перестройку частоты с 12 ГГц до 6 ГГц

с частотой 100 МГц. За счёт программного управления можно откалибровать частоту с высокой точностью и скомпенсировать влияние старения. Внутренний опорный сигнал выведен на отдельный разъём для синхронизации с другими устройствами (на частоте 10 или 100 МГц). Предусмотрена возможность синхронизации синтезатора

внешним сигналом с частотой от 1 до 250 МГц и шагом 1 МГц.

Новый синтезатор обладает высокой скоростью перестройки, что требуется в большинстве практических задач. При шаге 10 МГц и меньше в базовом диапазоне 6...12 ГГц время захвата ФАПЧ составляет менее 1 мкс. Для шага по частоте 1 ГГц в том же диапазоне время увеличивается до 35 мкс. В широком диапазоне перестройки, например, при переходе с 6 до 12 ГГц или, наоборот, с 12 до 6 ГГц, время увеличивается примерно до 120 мкс. Эти показатели приведены с запасом и без учёта задержки на программную обработку и загрузку данных. В задачах сканирования процесс управления частотой можно настроить так, чтобы данные загружались в течение времени перестройки частоты, а запуск нового процесса осуществлялся после считывания логического сигнала LOCK_DETECT (контроль захвата). Таким образом, можно перестраивать частоту синтезатора с минимально возможной задержкой.

Контроль установки требуемой частоты обеспечивается специально разработанной схемой детектирования захвата (Lock Detect), подключённой к соответствующим точкам синтезатора. Упрощённый вариант этой схемы приведён на рисунке 4. Детектор отслеживает как захват по частоте, так и захват по фазе, и может работать на высоких частотах сравнения (до 2 ГГц). Его преимущество заключается в слабой зависимости от амплитуды входного сигнала за счёт ограничителей, благодаря чему сигнал на выходе фильтра нижних частот (ФНЧ) в основном определяется разностью фаз сигналов U_{REF} и U_{PLL} .

Осциллограммы на рисунках 5а и 6а иллюстрируют процесс перестройки частоты с 6 до 12 ГГц и обратно. Начало и конец процесса перестройки показаны в увеличенном масштабе, на рис. 5б, 5в и 6б, 6в соответственно. На рисунках отображены: процесс изменения управляющего напряжения на оконечном ГУН (обозначен VVCO), индикация захвата частоты цифровым сигналом LOCK_DETECT (LOCK), изменение напряжения на выходе ФНЧ в схеме детектирования захвата (VDET) и сигнал запуска перестройки (TRIG). В начале перестройки частоты (интервал А–В) напряжение на выходе ФНЧ изменяется в целом равномерно, и после прохождения сигналом VDET

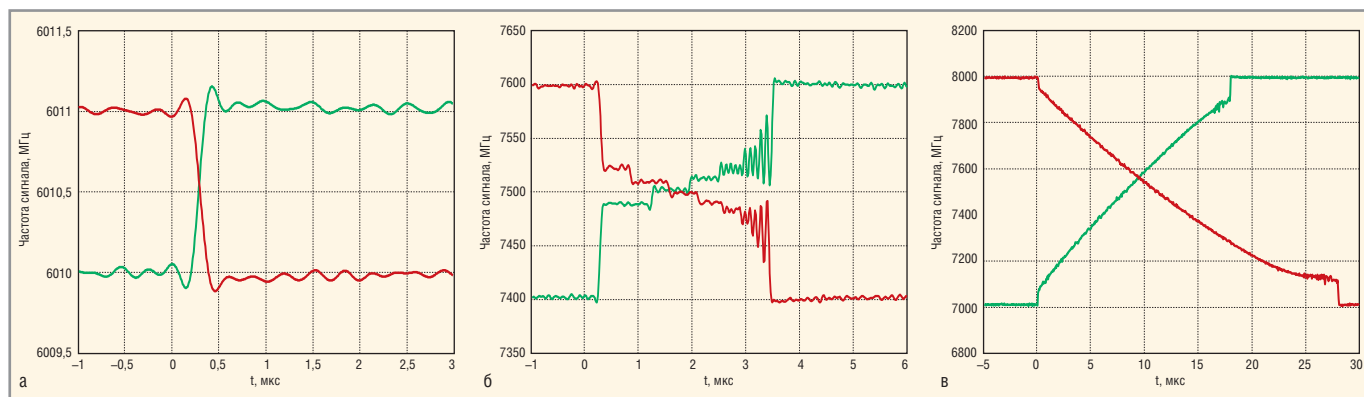


Рис. 7. Осциллограммы процессов перестройки частоты с шагом 1 МГц, 200 МГц и 1 ГГц

порогового уровня напряжения меняется состояние LOCK_DETECT. Требуемая частота устанавливается за интервал А–С, затем ФАПЧ начинает подстраивать фазу ГУН. В момент времени D точность установленной фазы составит около 45° , а напряжение на выходе ФНЧ снова пересекает пороговый уровень компаратора, что приведёт к переходу сигнала LOCK_DETECT в лог. 1.

Чтобы проверить результаты измерений процессов перестройки, была проведена аналоговая демодуляция частоты с помощью анализатора сигналов Rohde & Schwarz FSV. На рисунках 7а-в приведены результаты измерения при переключениях с 6010 на 6011 МГц (см. рис. 7а), с 7,4 ГГц на 7,6 ГГц (см. рис. 7б), с 7 на 8 ГГц (см. рис. 7в) и обратно. Измеренное таким способом время перестройки частоты с 7 до 8 ГГц и обратно составляет 18 и 28 мкс соответственно. Полное время перестройки, т.е. интервал времени А–D для перестройки с 7 до 8 ГГц и обратно, составляет 22 и 32,5 мкс соответственно, что обусловлено добавлением времени захвата по фазе, которое не определяется частотным демодулятором. Характеристики быстродействия синтезатора UNO-10M сведены в таблицу 2.

Следует отметить, что синтезатор UNO-10M обладает следующим преимуществом: при перестройке частоты отсутствует проблема ложного захвата, для устранения которой обычно требуется предварительная установка частоты, например, с помощью ЦАП. Именно поэтому быстродействие UNO-10M в основном определяется скоростью систем ФАПЧ. Таким образом, синтезатор будет превосходным решением для задач, в которых важна быстрая перестройка с малым шагом по частоте.

Таблица 2. Быстродействие синтезатора UNO-10M

Диапазон частот, МГц	Шаг перестройки, МГц	Скорость перестройки, мкс
6000–12000	10	1
	100	10
	1000	40
	любой	менее 120
3000–6000	5	1
	50	10
	500	40
	любой	менее 120
1500–3000	2,5	1
	25	10
	250	40
	любой	менее 120
100–12800	любой	менее 140
0,1–100	любой	0,1

Максимальная выходная мощность нового синтезатора до 8 ГГц составляет не менее +17 дБм, а на 12 ГГц достигает +15 дБм. Можно ослабить сигнал на 25 дБ, чего вполне достаточно для большинства приложений. Шаг регулировки мощности составляет 0,5 дБ.

Система управления синтезатором UNO-10M реализована не на основе встроенного микроконтроллера, а на ПЛИС, что позволило обеспечить:

- максимально высокую скорость расчёта содержимого регистров управления, которая будет зависеть только от пользовательских аппаратно-программных возможностей;
- минимальную задержку при перестройке частоты. Фактически, задержка определяется максимальной частотой 20 МГц последовательной шины управления SPI и скоростью ФАПЧ.

Синтезатор UNO-10M позиционируется как качественный гетеродин, работающий в составе аппаратуры заказчика. Вследствие этого приоритетным параметром является качество выходного сигнала при умеренных габаритных размерах и цене. Менее значимые функции, такие как фильтрация гармо-

ник, большое ослабление выходного сигнала, реализация типов модуляции, были максимально упрощены. Следует учитывать, что смесители, как правило, не требовательны к уровню гармоник сигнала гетеродина, поскольку работают в ключевом режиме [7].

Для сравнения с новым прибором были выбраны три зарубежных синтезатора, конкурирующие по техническим и эксплуатационным характеристикам (см. таблицу 3). Отметим, что цены зарубежных аналогов приведены для базовых комплектаций, продаваемых на территории США. При завозе оборудования в Россию его стоимость увеличивается.

Производителем синтезатора UNO-10M была выбрана собственная рыночная политика, которая, в отличие от традиционной западной модели, устанавливает единственную цену за полнофункциональный прибор. Напомним, что базовая конфигурация зарубежного аналога имеет приемлемую стоимость, однако за полнофункциональный прибор придётся заплатить существенно больше. В итоге аналогичный синтезатор будет стоить значительно дороже.

Таблица 3. Характеристики малогабаритных синтезаторов частот

Прибор и производитель	SSG-6400HS	FSW-0010	UNO-10M	HSM12001A
	Mini-Circuits	National Instruments	Авантех	Holzworth Instrumentation
Частотные характеристики				
Диапазон частот, МГц	0,25–6400	100–10000 (опц.)	0,1–12000	10–12500
Шаг перестройки, Гц	0,01	0,001	0,001	0,001
Регулировка фазы	есть	есть	есть	есть
Характеристики выходного сигнала				
Паспортный диапазон уровней, дБм	от –75 до +10	от –25 до +15 (опц.)	от –10 до +15	от 0 до +10
Шаг регулировки, дБ	0,01	0,1	0,5	0,01
Погрешность установки, дБ	от ±0,2 до ±0,75	±2	от ±0,75 до ±1	от ±0,5 до ±1
Спектральные характеристики				
Уровень фазового шума, несущая 1 ГГц, отстройка 10 кГц, дБн/Гц	–134	–138	–139	–134
Уровень гармоник, дБн	–30	–45	–30 (от 6 до 12 ГГц)	–30
Уровень ПСС, дБн	от –70 до –40	от –75 до –65	от –70 до –60	от –60 до –50
Быстродействие				
Скорость перестройки по частоте, мкс	300	100 (опц.)	от 1 до 140	100
Характеристики опорного сигнала				
Частота внутр. генератора, МГц	100	100	100	100
Температурная стабильность, ppm	±1	±0,2	±0,1	±1
Старение, ppm в год	±1	±1,25 (10 лет)	±0,5	±1
Частота внешнего сигнала, МГц	10 или 100	10	от 1 до 250 (шаг 1 МГц)	10 или 100
Частота выходного сигнала, МГц	100	10	10 или 100	100
Модуляции сигнала				
Амплитудная	есть	есть (опц.)	нет	нет
Частотная	есть	есть (опц.)	есть	нет
Фазовая	есть	есть (опц.)	есть	нет
Импульсная	есть	есть (опц.)	нет	есть
Эксплуатационные характеристики				
Рабочий диапазон температур, °C	от 0 до +50	от 0 до +55	от –40 до +55	от –40 до +75 (опц.)
Габаритные размеры (Ш × Д × В), мм	215,9 × 279,4 × 54,6	127 × 178 × 25,4	87,5 × 185 × 26,8	96,5 × 152,4 × 26,4
Потребление, Вт	28,8	18	19	15
Вес, кг	3,1	1,13	0,65	0,8
Цена	\$4995 (1)	\$6500 (1), (2)	\$4600 (3)	\$10 900 (1), (2)

Примечания:

- 1) Ориентировочная стоимость на территории США, полученная из открытых источников либо по запросу.
- 2) Базовая функциональность.
- 3) В пересчёте по валютному курсу в декабре 2014 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Совокупность технических характеристик и относительно низкая стоимость делают новый отечественный синтезатор UNO-10M достойным импортозамещающим изделием в классе быстрых, встраиваемых широкополосных СВЧ-синтезаторов со спектральной чистотой инструментального класса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Crook D. Hybrid Synthesizer Tutorial. Microwave Journal. February. 2003.
2. Belchicov S., Dzisiak A., Guletskiy I. A Low Phase Noise Octave-Band Synthesizer Using an X-Band Frequency Reference. Microwave Journal. May. 2014.
3. www.keysight.com/en/pd-2347794-pn-N5183B/mxg-x-series-microwave-analog-signal-generator?cc=US&lc=eng.
4. www.advantex.ru.
5. Chenakin A. Frequency Synthesizers: Concept to Product. Artech House. Norwood. MA. 2011.
6. Banerjee D. PLL Performance, Simulation, and Design. National Semiconductor. 2006.
7. www.radio-electronics.com/info/rf-technology-design/mixers/double-balanced-mixer-tutorial.php.



Новости мира News of the World Новости мира

Дистрибьюторское соглашение с Power System Technology

Компания «ЭФО» заключила дистрибьюторское соглашение с французской компанией Power System Technology (PST).

PST является ведущим разработчиком и производителем конфигурируемых модульных DC/DC- и AC/DC-преоб-

разователей и систем питания для ответственных применений. Разработку своей продукции компания PST ведёт в тесном сотрудничестве с одним из признанных лидеров в области построения современных высокотехнологичных источников питания – фирмой Vicor Corp. Разрабатываемые источники питания имеют модульную струк-

туру, что позволяет объединять их в сборки общей мощностью более 10 кВт.

Продукция PST удовлетворяет всем современным требованиям, предъявляемым к источникам питания. Система менеджмента качества компании PST сертифицирована на соответствие требованиям ISO 9001.

<http://www.powel.ru/rus/>

Новый взгляд на Фемтоамперметр/Петаомметр



ДОСТОВЕРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ СИЛЫ ТОКА ОТ $0,01 \times 10^{-15} \text{ A}$ И СОПРОТИВЛЕНИЯ ДО $10 \times 10^{15} \text{ OM}$

Измерители Keysight серии B2980A имеют широкие функциональные возможности, которые обеспечивают уверенность в результатах измерений и способствуют лучшему пониманию происходящих процессов. Благодаря встроенной аккумуляторной батарее, позволяющей устранить влияние шумов сети переменного тока, можно обнаружить и измерить реальные сигналы, которые раньше были невидимы. Функция построения гистограмм в режиме реального времени и возможность отображения сигналов во временной области позволит вам не пропустить критически важные нюансы поведения сигнала. Программа контроля состояния схемы упрощает выявление неисправностей. Воспользуйтесь возможностями самого точного в мире фемтоамперметра/петаомметра с графическим интерфейсом для повышения достоверности измерений.

HARDWARE + SOFTWARE + PEOPLE = INSIGHTS

Посмотрите видеоролик
www.keysight.com/find/b2980a_info



8 800 500 9286 (звонок по России бесплатный)

Просканируйте код, чтобы посмотреть видеоролик

© Keysight Technologies, Inc. 2014

Фемтоамперметр/Петаомметр Keysight серии B2980A

Режим работы от аккумуляторной батареи: есть

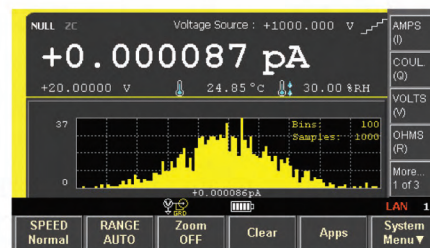
Функция построения гистограмм в режиме реального времени и представление сигналов во временной области

Измерение силы тока: от 0,01 фА до 20 мА

Измерение сопротивления: до 10 ПОм

Встроенный источник напряжения: до $\pm 1000 \text{ В}$

Скорость измерений: до 20 000 отсчетов/с



Режим построения гистограммы для детального отображения сигнала

KEYSIGHT
TECHNOLOGIES

Unlocking Measurement Insights

Реклама

Методы формирования и анализа сверхширокополосных сигналов на базе оборудования Keysight Technologies

Часть 1

Александр Чумадин, Keysight Technologies

В статье представлен обзор испытательного оборудования компании Keysight Technologies для формирования и анализа сверхширокополосных сигналов. Рассмотрены три основные темы: генерация испытательных сигналов – первая часть статьи, пример искусственного испытательного полигона – вторая часть статьи, оценка и анализ сигналов РЛС – третья часть статьи.

Для многих сигналов радиолокационных систем (РЛС) характерны широкие полосы частот. Для модулированных импульсов, импульсов с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ) может потребоваться гигагерцовая полоса частот, требующая широкополосного испытательного оборудования.

Другим общим требованием к испытательному оборудованию для РЛС является низкий уровень фазового шума. Доплеровские РЛС часто измеряют скорость изменения фазы во времени, поскольку их радиолокационные импульсы не могут быть достаточно длинными, чтобы проинтегрировать циклы приращения частоты. При выполнении этих прецизионных измерений изменения фазы фазовый шум должен быть очень низким, что предъявляет жёсткие требования к характеристикам фазового шума измерительных приборов.

Другой проблемой для испытательных систем РЛС могут быть высокие требования к динамическому диапазону. Обычно эти требования возникают из-за больших потерь сигнала на пути распространения от передатчика до возвратного эхо-сигнала.

Многие преимущества использования сжатия импульсов для лучшего разрешения и однозначного определения дальности часто вызывают необходимость синтеза сложных форм испытательных сигналов. В дальнейшем уровень сложности увеличивается в связи с необходимостью учёта доплеровских сдвигов в РЛС, которые определяют скорость.

Ещё одной проблемой, стоящей перед разработчиками РЛС, является

с повсеместное использование РЛС, характеристики которых определяются программным обеспечением. Многие современные типы РЛС требуют тестовых сигналов и измерений не только в традиционной аналоговой форме на ВЧ, но и в цифровых форматах. Такое многоформатное испытание представляет реальную проблему при необходимости получения хорошего соответствия между результатами измерений цифровых сигналов и аналоговыми измерениями.

Полномасштабное испытание системы часто является основной проблемой для оборудования РЛС, радиотехнической разведки (РТР) и радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Прежде всего, это вопрос стоимости испытательного оборудования. Например, для моделирования доплеровских сдвигов, мешающих эхо-сигналов и других элементов сигнала при испытании бортовой корабельной РЛС управления огнём требуется корабль и несколько испытательных самолётов. Чтобы корректно выполнить испытания системы целеуказания, их стоимость может достигать десятков тысяч долларов за один час работы.

Многие РЛС используют системы с фазированной антенной решёткой. Эти антенные системы используют распределение моментов времени прихода волнового фронта среди многих антенных портов для управления положением главного лепестка диаграммы направленности антенны. Это требует тестовых сигналов и измерений, обеспечивающих много каналов, фазово-когерентных и фазорегулируемых источников сигналов или

анализаторов. Так называемая испытательная система для многоканальной антенной решётки (Multi-Channel Array Test System) ставит перед инженерами-испытателями РЛС вполне реальные проблемы.

Рассмотрев некоторые из основ радиолокационных систем и связанные с ними проблемы испытаний, остановимся на уникальных свойствах испытательного оборудования компании Keysight, которое значительно облегчает решение некоторых сложных испытательных задач. В первой части статьи рассмотрим генерацию тестовых сигналов для РЛС.

ГЕНЕРАЦИЯ ТЕСТОВЫХ СИГНАЛОВ

Во многих случаях при разработке и производстве РЛС требуются широкополосные микроволновые генераторы сигналов. Они используются для таких приложений, как замена стабилизированного гетеродина (STALO), испытания когерентного гетеродина (СОНО) и имитация излучения цели.

Создание точной модели сигналов, принимаемых РЛС, является достаточно сложной задачей. Современные генераторы сигналов и генераторы сигналов произвольной формы, использующие цифровую обработку сигналов (ЦОС), способны создавать моделируемые сигналы источников излучения и электромагнитную обстановку с реалистичным ухудшением качества передачи и искажениями в тракте распространения сигналов, которые достоверно моделируют удалённые цели. Однако при использовании готовых генераторов сигналов и сигналов произвольной формы моделируемые сигналы обычно не являются когерентными по отношению к приёмнику РЛС. Несмотря на это, некогерентные сигналы являются эффективным средством тестирования пассивных РЛС, мультистатических РЛС и систем радиоэлектронного противодействия (ЕСМ).

В прошлом полоса частот была основным ограничением для большинства

генераторов сигналов произвольной формы. В самых последних моделях эта проблема в значительной степени решена для большинства применений. Например, генератор сигналов произвольной формы M8190A обеспечивает разрешение 14 бит при частотах дискретизации до 8 Гвыб/с и 12 бит – при частотах дискретизации до 12 Гвыб/с. За счёт этого обеспечивается возможность генерации сигналов в полосах частот до 5 ГГц, свободных от эффекта наложения. Используя технику комбинирования и преобразования частоты, можно получить даже более широкие полосы частот, свободные от эффекта наложения.

Важным параметром при выборе генератора сигналов произвольной формы является динамический диапазон, свободный от паразитных составляющих (SFDR). На него влияет разрешение (число бит), обеспечиваемое цифроаналоговым преобразователем (ЦАП) внутри генератора сигналов произвольной формы. Кроме того, он зависит от качества схемы преобразования частоты, которая переносит сигнал произвольной формы в микроволновый диапазон частот.

Теоретически возможное приращение SFDR составляет максимум 6,02 дБ на каждый бит разрешения ЦАП. Однако на практике для ЦАП часто используется термин «эффективное число бит» (ENOB), или «эквивалентное число бит». С учётом проблем, связанных с нелинейностью преобразования ЦАП, действительное приращение SFDR на бит будет меньше, чем теоретическое значение 6,02 дБ.

Широкополосные ЦАП также несут потери из-за явления, которое характеризуется спадом плоской части АЧХ в пределах полосы пропускания, что ещё больше снижает динамический диапазон на высокочастотном конце полосы. Кроме того, функция дискретизации имеет спад характеристики по закону $\sin x/x$. Поэтому частотная характеристика генератора сигналов произвольной формы спадает с увеличением частоты; но поскольку этот спад является свойством, присущим функции дискретизации, он не принимается во внимание при нормировании SFDR. Таким образом, если SFDR нормирован на уровне 75 дБ, это в общем случае относится к самой низкой частоте полосы динамического диапазона обычно ниже на 5–7 дБ.

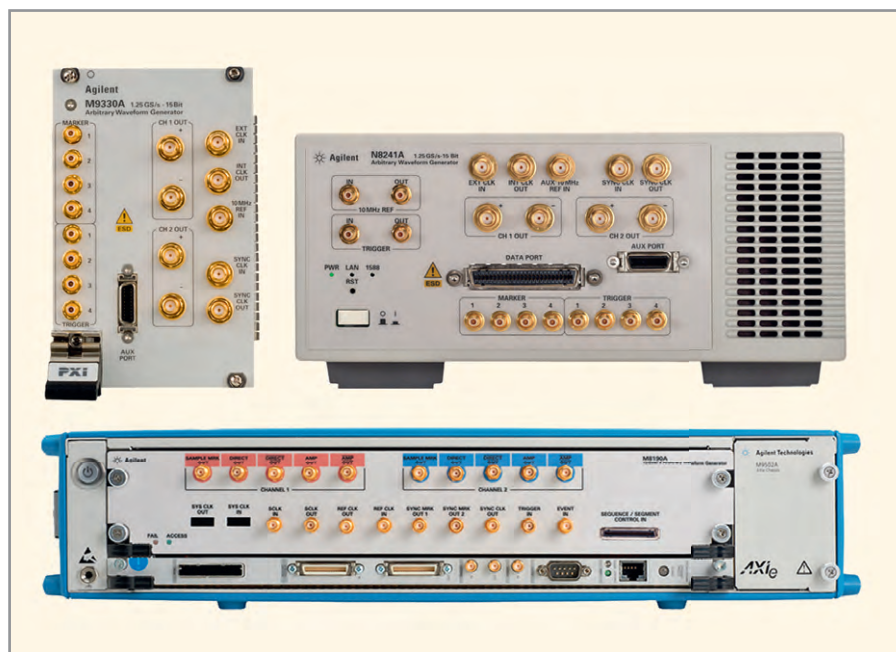


Рис. 1. Генераторы сигналов произвольной формы Keysight

ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ И ИСТОЧНИКИ СИГНАЛОВ КОМПАНИИ KEYSIGHT

Достоинство генератора сигналов произвольной формы заключается в его способности воспроизводить практически любые формы сигналов, запрограммированные в его памяти. Генератор сигналов произвольной формы, который способен одновременно обеспечить и высокое разрешение, и широкую полосу частот, упрощает моделирование ситуации, когда РЛС излучает, а цели рассеивают сигнал в пределах некоторого искусственно созданного испытательного полигона, имитирующего сотни кубических километров пространства.

Кроме влияния числа бит и функции дискретизации на потерю SFDR, повышающее преобразование на частоту микроволнового диапазона приводит к ряду проблем при создании сигналов. Это повышающее преобразование может выполняться либо внутренними средствами источника сигнала, либо с помощью отдельного внешнего устройства. При выполнении повышающего преобразования сигнала на нужную частоту с помощью гетеродина (LO) с фиксированной частотой, используя смеситель и набор фильтров, гармоники гетеродина и продукты преобразования комбинируются с полезным сигналом и создают внутриполосные комбинационные составляющие, которые могут существенно ограничить SFDR.

Для получения данных о доплеровском сдвиге частоты или о скорости цели многие РЛС измеряют фазовые сдвиги от импульса к импульсу. Чтобы избежать добавления значительного уровня фазового шума при повышающем преобразовании частоты, генератор сигналов должен также иметь низкий уровень фазового шума.

Компания Keysight предлагает полный набор генераторов сигналов и генераторов сигналов произвольной формы (см. рис. 1) с превосходными характеристиками SFDR и фазового шума. Например, аналоговый генератор сигналов E8257D серии PSG имеет лучшие в отрасли характеристики фазового шума: -143 дБн/Гц (тип.) для сигнала частотой 1 ГГц при отстройке от несущей 10 кГц (опция UNY). Для повышающего преобразования аналоговый генератор серии PSG можно также сконфигурировать с внутренним смесителем либо с внешним смесителем и удвоителем частоты.

Микроволновый векторный генератор сигналов E8267D серии PSG имеет входы I/Q-модуляции и обеспечивает перекрытие по частоте до 44 ГГц (и выше с внешними смесителями). Входы модуляции совместимы с генератором сигналов произвольной формы M8190A. Работая совместно, эти два прибора могут формировать сигналы с полосой 2 ГГц, с частотой до 44 ГГц и с превосходными характеристиками SFDR и фазового шума.

Другим способом переноса частоты является прямое цифровое преобразо-

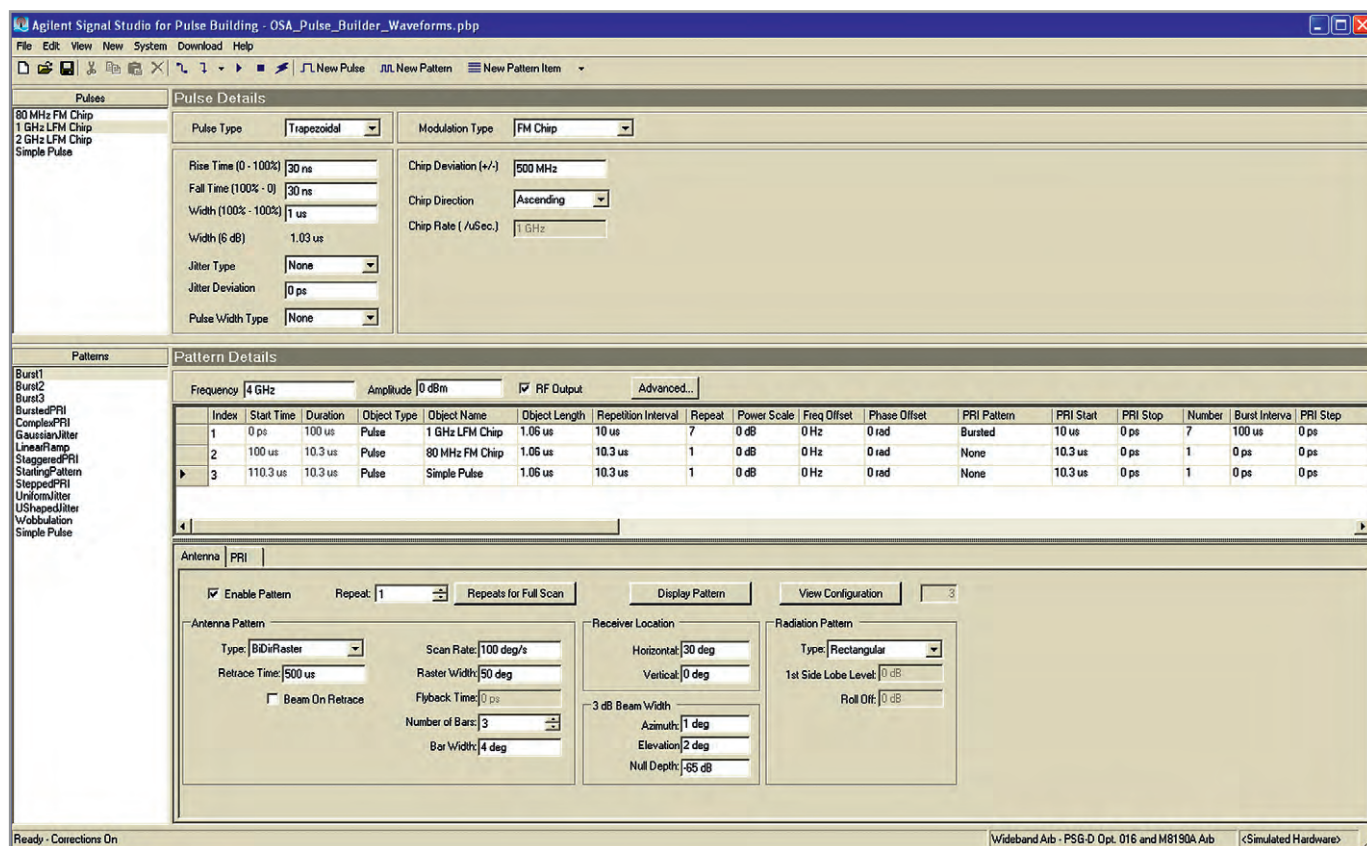


Рис. 2. Интерфейс ПО Signal Studio для создания импульсов N7620B

вание вверх, которое обеспечивается лучшими среди современных генераторов сигналов произвольной формы приборами. Широкополосный генератор сигналов произвольной формы, используя этот способ, позволяет непосредственно генерировать сигналы ПЧ. В двухканальном генераторе сигналов произвольной формы M8190A каждый канал имеет отдельное устройство цифрового преобразования вверх, и эти каналы можно использовать в «режиме связности», чтобы получить фазово-когерентные выходные сигналы. Такие параметры, как несущая частота, амплитуда и форма сигнала, можно устанавливать независимо, а комплексные данные I и Q будут преобразовываться с повышением частоты в требуемый диапазон частот цифровыми методами, обеспечивая превосходное качество сигнала с SFDR, достигающим 80 дБн и уровнем гармонических искажений, не превышающим -72 дБн (оба значения являются типовыми).

Другой важный аспект обсуждения при выборе генератора сигналов произвольной формы или векторного генератора сигналов с возможностями генерации сигналов произвольной формы – конфигурация памяти. Любой из этих типов приборов создаёт сигналы посредством воспроизведе-

ния цифровой информации из памяти. Добавление стандартных или опциональных возможностей задания последовательностей и режимов воспроизведения может значительно повысить эффективность использования генератора сигналов.

Самый простой подход к организации памяти сигналов заключается в использовании одного большого блока быстродействующей памяти с произвольной выборкой и воспроизведении сигналов из этой памяти. Это хорошо работает в случае однократных импульсов или очень коротких ВЧ-событий. Следует учесть, что при высоких скоростях передачи данных, требуемых для поддержания частоты дискретизации 12 ГГц и разрешения 12 бит, сигнал должен быть очень коротким. Для обеспечения более длительного времени воспроизведения некоторые производители расширили этот подход. Это дало возможность работать с большими дисковыми массивами (RAID-системами). Подход с использованием одного большого блока памяти воспроизведения сигналов весьма ограничен в применении, поскольку большинство ВЧ-сигналов являются по своей природе периодическими. Даже при использовании объёма памяти, исчисляемого терабайтами, время последовательного

воспроизведения может быть ограничено несколькими секундами сигнала.

Решение заключается в том, чтобы организовать для повторяющихся сигналов, таких как импульсные последовательности РЛС, более эффективные возможности доступа к памяти. Для поддержки генерации повторяющихся сигналов быстрая память воспроизведения сигналов может быть организована таким образом, чтобы испускать сегменты сигнала в виде циклов или бесконечной последовательности. Расширенные возможности управления последовательностями, такие как условный переход, позволяют создавать очень сложные сегменты и сценарии. Кроме того, некоторые генераторы сигналов компании Keysight обеспечивают динамическое управление последовательностями, которое поддерживает прямой доступ к сегментам памяти сигнала в реальном времени. При объединении этих возможностей управления с памятью сигналов, памятью достаточно большой, чтобы обеспечить хранение до 2 Гвыб на выходной канал генератора сигналов произвольной формы (генератор M8190A), становится возможным выполнение очень сложных и реалистичных сценариев сигналов с длительным временем воспроизведения.

После того как источник сигнала с полосой частот, SFDR, уровнем фазового шума и возможностями управления последовательностями, которые соответствуют требованиям решаемой задачи, выбран, наступает время для решения следующей задачи – создание цифрового эквивалента требуемой формы сигнала с использованием программных средств, таких как Signal Studio или SystemVue компании Keysight или MATLAB компании The MathWorks.

Создание импульсов для генераторов сигналов компании KEYSIGHT

В зависимости от применения, импульсные сигналы РЛС используют широкий набор характеристик:

- длительность импульса;
- период повторения импульсов (PRI) или его обратная величина – частота повторения импульсов (PRF);
- модуляция и многие другие.

Создание приемлемых испытательных сигналов требует серьёзных усилий. Дальнейшее усложнение задачи синтеза импульсных испытательных сигналов связано с созданием системы диагностики.

Типовые задачи включают в себя: имитацию доплеровского сдвига частоты, сдвиг фаз от импульса к импульсу для испытания функций измерения скорости, испытания систем РТР, идентифицирующих источник импульса на основании диаграммы направленности антенны. Чтобы удовлетворить эти потребности, программные средства должны поддерживать формирование многочисленных структур импульсных последовательностей для создания сигналов и обеспечивать широкое разнообразие характеристик антенн, которые можно применять для синтезируемых сигналов. Для решения этих задач компания Keysight разработала программу Signal Studio для создания импульсов N7620B. Интерфейс программы показан на рисунке 2.

Для тестирования компонентов, передатчиков и приёмников РЛС программа Signal Studio для создания импульсов позволяет задавать такие параметры, как период повторения импульсов (PRI), число повторений импульсов, джиттер периода повторения и волюцию PRI. Доступные модели PRI включают: постоянный, линейно изменяющийся, произвольно изменяющийся, ступенчато изменяющийся. Джиттер PRI можно опреде-

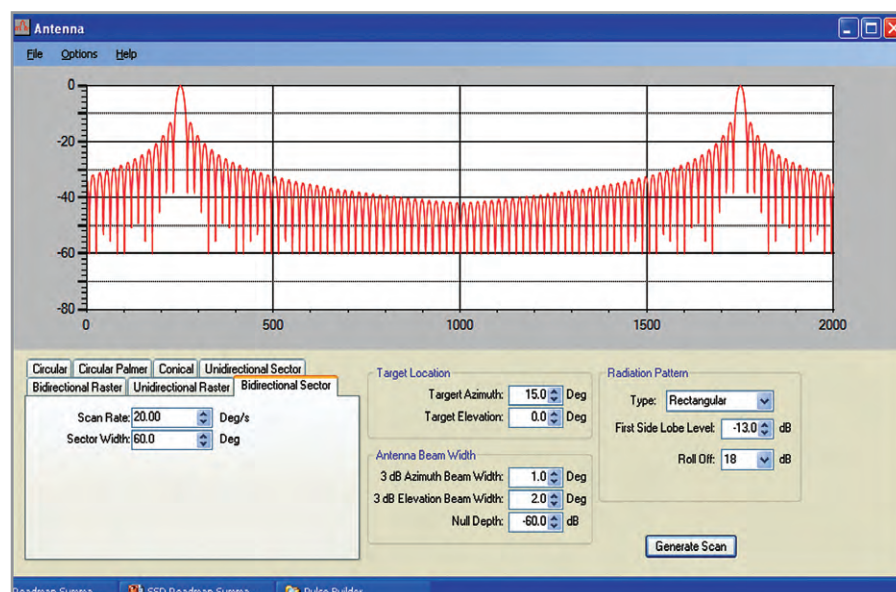


Рис. 3. Моделирование диаграммы сканирования антенны в программе Signal Studio для создания импульсов

лить с гауссовским, равномерным или U-образным распределением. Можно выбрать пилообразную, треугольную или синусоидальную волюцию PRI. Эти возможности позволяют проводить ряд тестов приёмника:

- тестирование реакции системы на искажения путём создания модели длительности импульса с джиттером;
- тестирование селекции по дальности и разрешения по дальности/доплеровской неоднозначности с помощью сложных моделей PRI;
- тестирование режимов селектора движущихся целей (MTI) и доплеровского процессора путём ввода сдвига частоты и фазы;
- тестирование способности подавления мешающих отражений путём создания специальных импульсов с мешающими отражениями.

Определения параметров каждого импульса запоминаются в библиотеке и могут быть объединены в модели импульсных последовательностей для синтеза сложных наборов излучений РЛС. После того как параметры импульса введены, следующим шагом следует загрузка данных формы сигнала в генератор сигналов произвольной формы или генератор сигналов. После этого испытательные стимулы будут готовы для воспроизведения.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИАГРАММ СКАНИРОВАНИЯ АНТЕНН

Программа Signal Studio для создания импульсов позволяет моделировать множество диаграмм сканирования антенн, которые можно приме-

нить к форме сигналов. Это свойство особенно полезно для прикладных задач, связанных с РТР и РЭБ, когда тестируемые системы должны быть помещены в среду, насыщенную сигналами, имитирующими реальные, но не существующие цели. Многие из этих систем РТР и РЭБ используют данные диаграммы сканирования антенны для идентификации конкретных целей, сигналы которых обнаружены. Диаграммы сканирования антенн являются в некоторой степени уникальными, поскольку они обычно включают сканирование или перемещение главного лепестка диаграммы направленности антенны в зависимости от назначения РЛС (см. рис. 3). Например, корабельная РЛС может иметь круговую диаграмму сканирования, чтобы отображать объекты на поверхности океана во всех направлениях. Реактивный истребитель для своей погодной РЛС использует, как правило, прямое секторное сканирование. Управляемая ракета дальнего действия может использовать фазированную антенную решётку для РЛС целеуказания, а ракета, запущенная с корабля, могла бы использовать РЛС с коническим сканированием. Для испытания систем РТР и РЭБ, которые реагируют на такие типы целей, необходима возможность формирования такой структуры импульса, которая имитировала бы сканирующую РЛС.

Программа Signal Studio для создания импульсов компании Keysight поддерживает разнообразные диаграммы сканирования, включая круговую

(используемую на кораблях), секторную (используемую на самолётах), коническую (используемую на ракетах) и растровое сканирование (применяемое в системах целеуказания с фазированными решётками).

Чтобы точно имитировать диаграмму сканирования, необходимо принимать в расчёт влияние боковых лепестков диаграммы направленности антенны. Поскольку все направленные антенны РЛС имеют конечные размеры, они создают боковые лепестки некоторой формы, которые расположены вне оси главного лепестка диаграммы направленности. Таким образом, когда РЛС сканирует зону обзора, боковые лепестки опережают главный лепесток, затем работает главный лепесток, и снова боковые лепестки.

Имитация сигналов, представляющих комбинацию амплитудной модуляции, вызванной сканированием антенны и её боковыми лепестками, с модуляцией огибающей импульса и внутренней модуляцией, обусловленной сжатием импульса, может оказаться сложной задачей. С помощью программы Signal Studio для создания импульсов компания Keysight упрощает решение этой задачи, позволяя задавать уровни боковых лепестков антенны, указывать углы и положение цели, скорость сканирования, ширину луча и скорость спада боковых лепестков. Пакет Signal Studio for Pulse Building позволяет задавать диаграмму направленности антенны, используя популярные окна пространственного преобразования. Окна Блэкмана, Хэмминга, Хэннинга, прямоугольное, трёхэлементное (Three-Term), косинусное и даже программируемое доступны для описания пространственного распределения энергии.

Библиотеки импульсных последовательностей

Необходимость генерации импульсных последовательностей с богатым набором свойств для имитации сложных сред систем РТР продолжает расти по мере усложнения оборудования, предназначенного для автоматического реагирования на множественные угрозы. Существует немало каталогов излучений от различных радиолокационных источников. Это позволяет заранее запрограммировать системы РТР и системы целеуказания, чтобы они соответствующим образом реагировали на каждую угрозу. Программа Signal Studio для создания импульсов обеспечивает связь с популярными базами данных, включая электронные таблицы Microsoft Excel, что облегчает импорт характеристик импульсов. Эта удобная функция импорта упрощает генерацию реалистичных сценариев выполнения заданий систем РТР с целью тестирования РЛС и оборудования радиоэлектронного подавления.

Предсказания в полосе частот модуляции

Генераторы сигналов произвольной формы и генераторы сигналов компании Keysight имеют самый лучший из доступных динамический диапазон (SFDR), который является ключевым критерием выбора для многих приложений. Для расширения областей применения этих приборов компания Keysight предоставляет возможность введения цифровых предсказаний в сигнал в полосе частот модуляции импульса РЛС.

Нелинейные эффекты в ЦАП и появляющиеся в их результате компоненты могут исказить импульс из-за интермодуляции частотных составляющих,

образующих импульс. Интермодуляционные составляющие значительно уменьшают динамический диапазон тестового сигнала. Использование цифровых предсказаний сигнала, синтезированных с помощью программы Signal Studio для создания импульсов, позволяет подавить эти интермодуляционные продукты для получения непревзойдённого динамического диапазона или наоборот усилить их для тестирования пределов рабочего режима. С помощью внешнего анализатора сигналов компании Keysight, такого как N9030A, синтезированная структура тестового импульса анализируется, и компоненты предсказаний добавляются к источнику для компенсации нелинейности испытательной системы. Эта сложная испытательная система проста в использовании, автоматически определяет и применяет необходимые коррекции для измерения, что минимизирует продукты интермодуляционных искажений (IMD).

Продолжение следует.

Литература

1. Рекомендации по применению Signal Source Solutions for Coherent and Phase-Stable Multi-Channel Systems (Источники сигналов для когерентных и фазостабильных многоканальных систем). Номер публикации 5990-5442EN / 5990-5442RURU.
2. Описание библиотеки W1905A на сайте www.keysight.com/find/SystemVue.
3. Рекомендации по применению Creating Multi-Emitter Signal Scenarios with COTS Software and Instrumentation (Создание сценариев, включающих сигналы нескольких источников излучения, с помощью имеющихся в продаже программных средств и измерительных приборов). Номер публикации компании Keysight 5991-1288EN.



Новости мира News of the World Новости мира

Keysight Technologies: решение для тестирования передатчиков USB 3.1

Компания Keysight Technologies объявила о поддержке тестирования передатчиков USB 3.1 в программном обеспечении для проверки характеристик и тестирования на соответствие стандарту передатчиков USB 3.1 U7243B. Данное ПО позволяет авторизованным испытательным центрам сертифицировать устройства SuperSpeed USB и SuperSpeed USB 10 Гбит/с, а также пред-

ставляет инженерам средства для проверки соответствия их устройств требованиям стандарта USB 3.1 на этапах производства.

Измерительное ПО работает на осциллографах реального времени Keysight серий 90000 X, 90000 Q и Z с полосой пропускания 16 ГГц и выше. При этом необходим доступ к испытательным сигналам через специальную тестовую оснастку USB.

Решение Keysight для тестирования приёмников и передатчиков USB 3.1 обладает следующими преимуществами:

- всестороннее и точное тестирование передатчиков;
- возможность генерации и анализа сигналов большинства стандартных протоколов последовательных шин, включая USB, PCI Express®, SATA и DisplayPort;
- возможность настройки и гибкость, необходимые для отладки устройств.

Решение можно использовать с тестовыми оснастками, одобренными Форумом разработчиков USB (USB-IF).

www.keysight.com



ДОЛОМАНТ
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 2015 г.



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 полугодии 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

Новости мира News of the World Новости мира

Казанские учёные создали тренажёр для проведения хирургических операций

Мир научных достижений пополнился ещё одним открытием – благодаря совместным усилиям, казанские физики и медики изобрели робота-медицинского пациента. Как сообщил телеканал «Вести», данный тренажёр может дышать, реагировать на температуру и даже умирать.

Робот предназначен для обучения медицинских работников, и его значимость сложно переоценить. Прежде чем работать с живыми пациентами, врач должен обязательно пройти практику на роботе и даже сдать экзамен на нём.

Робот обладает симулятором движения лёгких, также симулирует различные тона сердца. Учёные наделили робота встроенными потовыми и слюнными железами. Словом, изобретение обладает всеми реакциями живого человека – оно плачет, если испытывает боль, и поправляется при правильно выбранной тактике лечения. Практиканты проводят настоящие операции медицинскими инструментами и уже могут похва-

статься тем, что на роботе было проведено более ста сложнейших операций.

Изобретение данного робота является настоящим прорывом в отечественной медицине, поскольку он даёт больше возможностей нашим медикам оттачивать своё мастерство. Свою роль здесь играет и то, что отечественные роботы стоят намного дешевле зарубежных аналогов, благодаря тому, что все комплектующие детали произведены в Татарстане.

<http://mbdevice.ru/>

Sharp продемонстрировала дисплеи «свободной формы»

Идея гибких экранов уже давно не нова. Несколько лет подряд различные разработки в этом направлении демонстрируются на различных технологических выставках. Своё видение гнущихся экранов на выставке CES 2015 (Лас-Вегас) продемонстрировала компания Sharp.

Японский разработчик показал свои дисплеи так называемой «свободной формы» (Free-Form Display). Данная разработка ведётся довольно давно, и её целью является создание экрана произвольной фор-

мы. Считается, что подобные экраны могут найти применение, например, в приборных панелях автомобилей.

Экраны такого типа выполнены на основе энергоэффективной технологии IGZO, могут гнуться и практически лишены рамок, поэтому они могут быть любой формы.

К сожалению, в представленных на выставке CES 2015 образцах используются FFD-дисплеи без функциональности. По всей видимости, компания добавит её позже. Тогда возможности использования таких экранов станут гораздо шире. Напомним, дисплей подобного типа может появиться у портативной игровой консоли, которая придёт на смену Nintendo 3DS. Кроме того, предполагается, что автомобили с приборными панелями, в которых используются такие экраны Sharp, могут появиться в 2017 году.

<http://mbdevice.ru/>



SHARP

LCD-ПАНЕЛИ SHARP ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРИМЕНЕНИЙ



Размер диагонали, дюйм		10,4	12,1	15...23	2,5...8,5
Разрешение		VGA, SVGA	SVGA, WXGA	XGA, SXGA, USGA	Q-VGA, SVGA, WVGA
Яркость, кд/м²		420...450	400...1200	350...1000	280...500
Контрастность : 1		600...800	800...1000	600...1000	300...800
Входной видеосигнал		Digital RGB, LVDS	Digital RGB, LVDS	LVDS	Digital RGB, LVDS
Задняя подсветка		LED	LED	LED	LED
Предельная рабочая температура, °C	мин.	-30	-15	-20	-30
	макс.	+80	+75	+70	+70

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ SHARP

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

Начал работу новый сайт Минкомсвязи России

Стартовала новая версия сайта Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации.

Сайт был спроектирован департаментом внешних коммуникаций Минкомсвязи России. Разработку осуществила компания «Нетрика», которая выступила исполнителем на субподряде у ФГУП НИИ «Восход», победившего на открытом аукционе в электронной форме.

Новая версия сайта отличается лёгким информационным дизайном, понятной структурой, совместимостью со всеми современными браузерами и типами устройств. На новом сайте возможно применение ассистивных технологий для людей с ограниченными возможностями.

В рамках создания нового сайта актуальные направления деятельности министерства с этапами, показателями, событиями и документами были сведены в единый раздел «Деятельность».

Историческая справка, цели работы и структура Минкомсвязи России представлены в разделе «О министерстве».

Лента новостей и мониторинг СМИ по темам министерства доступны в разделе «События».

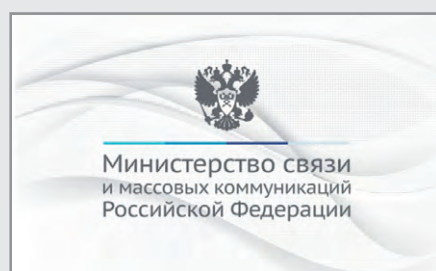
Сайт теперь интегрирован с социальными сетями: возможна как публикация новостей министерства в соцсетях, так и агрегация внешних социальных лент на страницах сайта.

Новая версия сайта содержит базу данных по электронным документам, контактную информацию всех департаментов и раздел, где граждане могут оставить свои обращения в министерство. Форма обращений граждан была улучшена и дополнена возможностью прикладывать файлы к обращениям.

Появилась версия сайта на английском языке.

Все материалы старого сайта перенесены в базу нового сайта. Обновление старого сайта прекращается, но он остаётся доступным по адресу Old.minsvyaz.ru.

<http://minsvyaz.ru/>



В РФ разрабатывают пилотируемый корабль для полётов на Луну

Российские специалисты работают над созданием нового пилотируемого космического корабля, предназначенного для полётов на Луну.

Разработки ведутся в РКК «Энергия» и на предприятиях ракетно-космической промышленности России. Об этом заявил генеральный конструктор РКК Н. Брюханов на Академических чтениях по космонавтике.

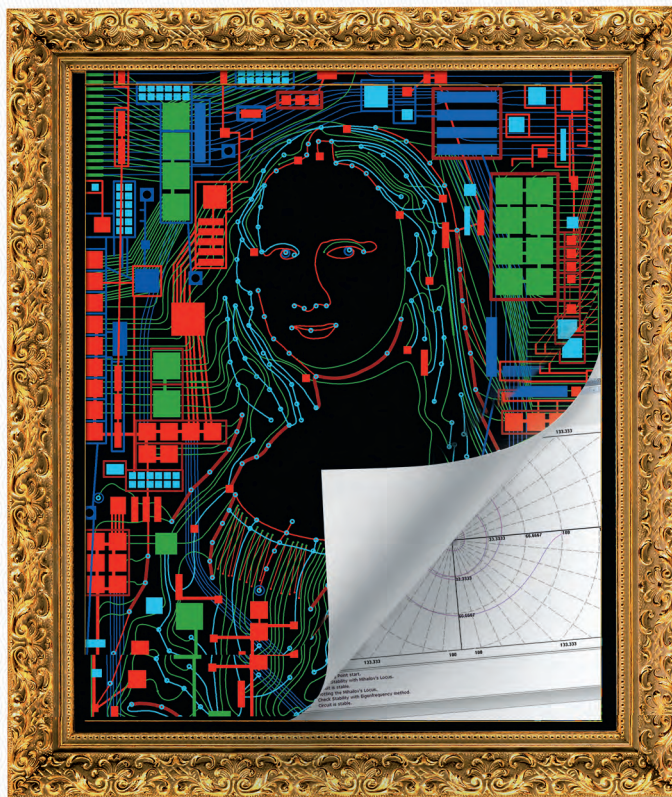
Разработчики ставят основной задачей для корабля – доставку экипажа до орбиты вокруг Луны и обратно.

С 2017 года «Роскосмос» планирует приступить к созданию собственной орбитальной станции. Развернуть орбитальную станцию на орбите предполагается до 2019 года.

Regnum.ru

EREMEX
Инновационный подход к проектированию электроники

САПР



Вер. 6.1
ТОПОР
Топологический
трассировщик
печатных плат



Вер. 2.2
SIMONE
Пакет моделирования
электронных схем

Тел.: (495) 232-1864 • www.eremex.ru

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПОСТАВЩИК ПРОДУКЦИИ EREMEX

PROSOFT®

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



Реклама

Кодовый замок с загрузкой эталонного кода по RS-485

Сергей Шишкин (г. Саров, Нижегородская обл.)

В данной статье описываются кодовый замок на базе микроконтроллера ATtiny2313 и пульт для загрузки кода. Особенность предложения заключается в том, что через интерфейс RS-485 с одного пульта можно управлять девятью замками.

Приёмопередатчик USART позволяет интегрировать кодовый замок в любую распределённую систему управления и сбора данных через интерфейсы RS-232, RS-422, RS-485 и др. Последовательный интерфейс передачи данных RS-485 – один из самых широко распространённых. Его отличает высокая скорость передачи данных и помехоустойчивость. В качестве линии связи используется экранированная витая пара с волновым сопротивлением ≈ 120 Ом. Для защиты от помех экран витой пары заземляется на одном из её концов. Основные особенности интерфейса RS-485:

- используется однополярный источник питания +5 В, который применяется для питания большинства электронных приборов и микросхем;
- мощность сигнала передатчика RS-485 позволяет подключать к одному передатчику до 32 приёмников и таким образом вести широкополосную передачу данных;
- использование симметричных сигналов, имеющих гальваническую развязку с нулевым потенциалом питающей сети, исключает попадание помехи по нулевому проводу питания;

- возможность работы передатчика на низкоомную нагрузку существенно увеличивает дальность связи.

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

На базе микроконтроллера ATtiny2313 можно изготовить кодовый замок (далее замок) и пульт для установки кода (далее пульт). Из них и сети на основе RS-485 можно сделать несложную систему безопасности для небольшого офиса или лаборатории (см. рис. 1).

Данный микроконтроллер содержит 128 байт энергонезависимой памяти, записываемой в режиме EEPROM, которая может обеспечить 100 000 повторов записи и стирания кода замка. Также имеется возможность использовать функцию по защите данных программного кода и EEPROM.

Основные функциональные узлы замка и пульта одинаковы: драйвер RS-485, клавиатура и дисплей (см. рис. 2 и 3). Также замок содержит соленоид и схему его включения.

Замки №1–9 идентичны по схемотехнике и конструкции. Основной замка служит микроконтроллер DD3, рабочая частота которого задаётся генератором с внешним резонатором ZQ1 на 10 000 МГц. Порт PD-микроконтроллера управляет динамической индикацией, которая собрана на транзисторах VT1...VT3 и цифровых семисегментных индикаторах HG1...HG3 с ограничительными резисторами R4...R11. Коды для включения вышеуказанных индикаторов при функционировании динамической индикации поступают в порт PB-микроконтроллера. Для функционирования клавиатуры задействован вывод 7 (PD3) микроконтроллера. Питающее напряжение +5 В поступает на замок с соединителя X3. В цепи питания микроконтроллера стоят конденсаторы C7 (фильтрующий) и C6 (блокировочный).

Сигнал «Выход» (контакт 1 соединителя X2) поступает с вывода 11 микроконтроллера. Сигналы с приёмопередатчика USART поступают на драйвер интерфейса RS-485 – микросхему DD1. Интерфейс управления замка включает в себя дисплей (индикаторы HG1...HG3) и клавиатуру (кнопки S1...S8). Кнопки S1...S7 задают код ввода, который отображается на дисплее. Кнопка входа/выхода замка в режим записи эталонного кода (S8) должна иметь ограниченный доступ. Если отказаться от визуального контроля набираемого кода, то индикаторы HG1...HG3, транзисторы VT1...VT3 и резисторы R4...R17 можно исключить. Если нет необходимости вводить эталонный код с клавиатуры замка (вместо этого

натором ZQ1 на 10 000 МГц. Порт PD-микроконтроллера управляет динамической индикацией, которая собрана на транзисторах VT1...VT3 и цифровых семисегментных индикаторах HG1...HG3 с ограничительными резисторами R4...R11. Коды для включения вышеуказанных индикаторов при функционировании динамической индикации поступают в порт PB-микроконтроллера. Для функционирования клавиатуры задействован вывод 7 (PD3) микроконтроллера. Питающее напряжение +5 В поступает на замок с соединителя X3. В цепи питания микроконтроллера стоят конденсаторы C7 (фильтрующий) и C6 (блокировочный).

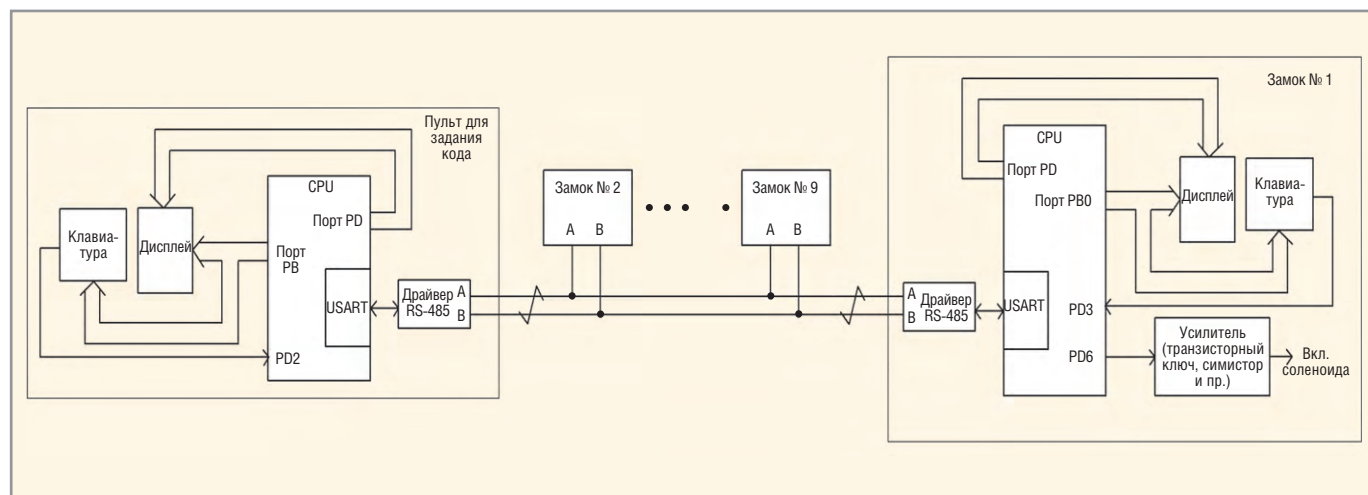


Рис. 1. Схема подключения пульта и замка к сети на основе RS-485

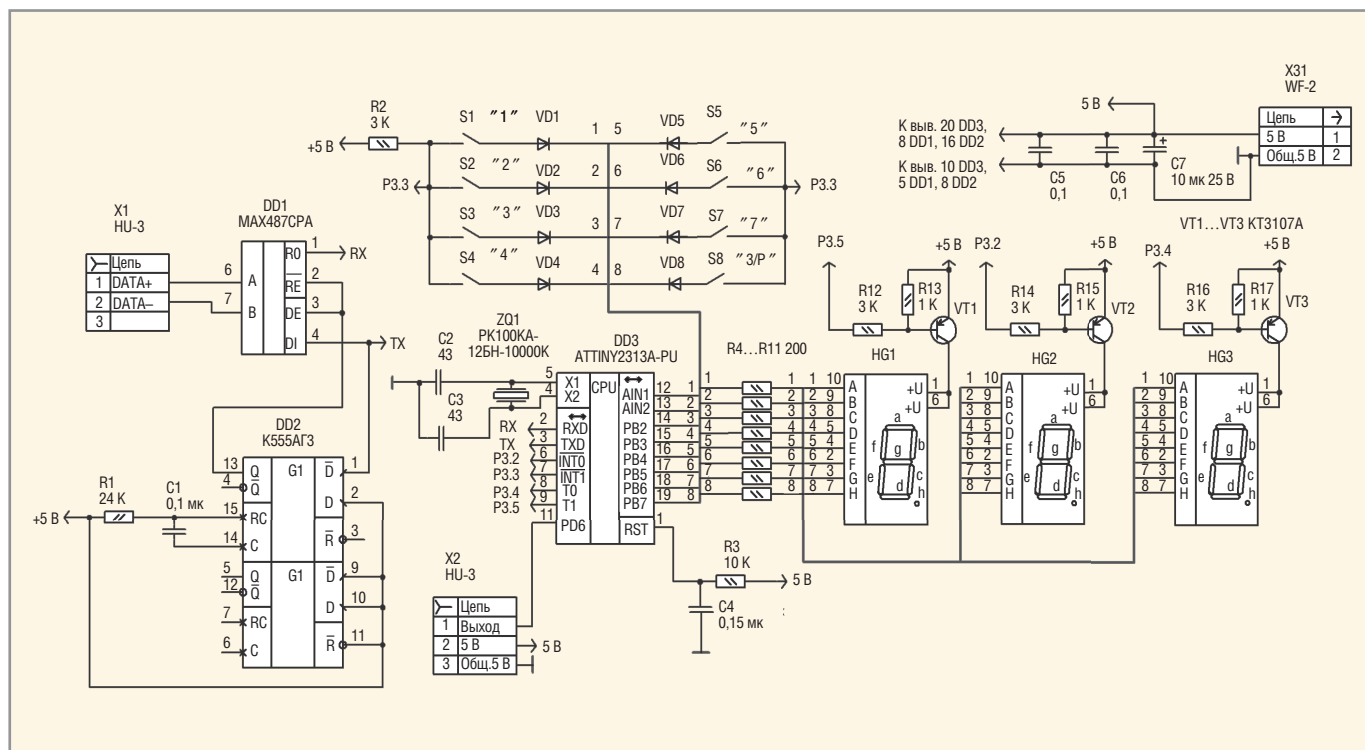


Рис. 2. Принципиальная схема замка

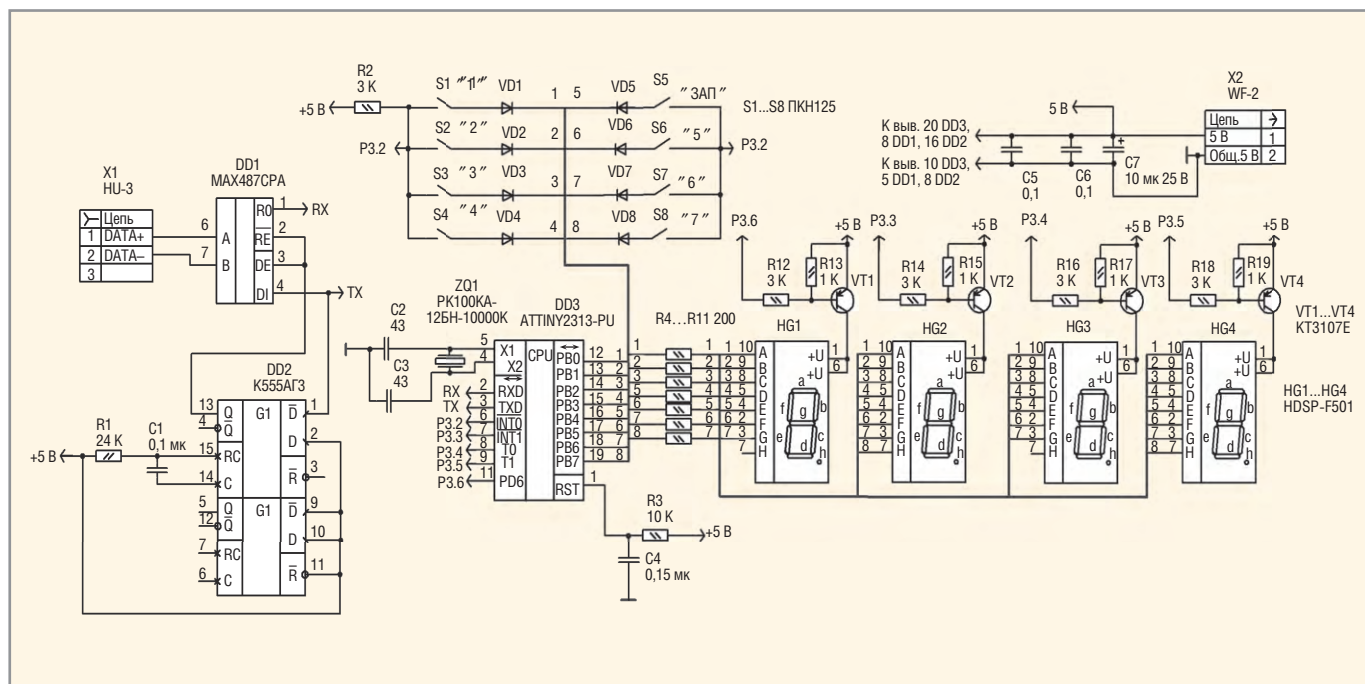


Рис. 3. Принципиальная схема пульта для загрузки эталонного кода

вводить с пульта), то кнопку S8 также можно исключить.

В распределённой сети каждое устройство имеет свой адрес. Поэтому ПО всех замков различаются только своими адресами, «защитыми» в память программ. В алгоритме работы замка предусмотрено два режима работы: рабочий и записи кода.

Режим работы задаётся кнопкой S8. После подачи питания замок переходит в рабочий режим и на дисплее индицируется число 000. Микроконтроллер

в это время находится в режиме ожидания четырёхразрядного кода. Вводимый с клавиатуры четырёхразрядный код индицируется на дисплее (три младших разряда) и записывается в ОЗУ. После ввода четвёртого разряда нужно нажать любую из кнопок S1...S7. После ввода пятого разряда микроконтроллер побайтно сравнивает его с четырёхразрядным кодом, записанным в памяти EEPROM (так называемым эталонным кодом). Если в рабочем режиме вводимый код совпал с эта-

лонным, то микроконтроллер в течение пяти секунд подаёт сигнал на включение механизма открывания замка (устанавливает лог. 0 на выводе 11 микроконтроллера) и обнуляет дисплей. Через пять секунд микроконтроллер выключает механизм открывания замка (устанавливает лог. 1 на выводе 11 микроконтроллера). Если вводимый код не совпадает с эталонным кодом, то лог. 0 на выводе 11 микроконтроллера не устанавливается, а дисплей обнуляется (на нём индицируется 000).

Листинг. Фрагмент программы для замка №1

```

ldi    YL,low(RAM+12)      ; обработка буфера по RS-485
ldi    YH,high(RAM+12)    ;
ld     t2,Y                ;
CPI    t2,1                ;
Brne   S9                  ;
Ldi    t2,0                ;
ST     Y,t2

DAL2:  ldi    YL,low(RAM+13) ; обработка буфера по RS-485
ldi    YH,high(RAM+13)    ;
ldi    ZL,low(RAM+1)      ;
ldi    ZH,high(RAM+1)    ;
ldi    t1,4               ;
DAL1:  ld     tec,Y+        ;
ST     Z+,tec            ;
Dec    t1                ;
Brne   DAL1              ;
Rjmp   ACP               ;

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
S9:    cpi     catod1,5      ;4-ый разряд введен?
Brne   mss1

```

Для перевода замка в режим записи необходимо после включения питания нажать кнопку S8. При этом загорится точка h в третьем разряде (индикатор HG3). Вводимый с клавиатуры код микроконтроллер индицирует на дисплее и записывает в ОЗУ. После ввода четырёхразрядного кода необходимо нажать любую из кнопок S1...S7. Код, индицируемый на дисплее, запишется в память EEPROM микроконтроллера, а дисплей обнулится. Для выхода из режима записи нужно нажать кнопку S8, после чего точка h в третьем разряде (индикатор HG3) погаснет.

ПО для кодового замка

Программное обеспечение микроконтроллеров для пульта и замка было разработано в среде Atmel Studio 6.1. На ассемблере программа для замка занимает всего порядка 0,8 Кб памяти и прописывается к программам микроконтроллера.

В программе замка использованы три прерывания: Reset, прерывание таймера T0 и прерывание по завершению приёма USART. При переходе на метку Reset инициализируются стек, USART, таймер, порты, а также флаги и переменные величины, используемые в программе. В обработчике прерывания таймера T0 осуществляются следующие функции:

- процедура опроса кнопок S1...S8;

- функционирование динамической индикации;
- перекодировка двоичного числа в код для отображения информации на дисплее;
- формирование временного интервала длительностью пять секунд (установка сигнала лог. 0 на выводе PD6 микроконтроллера);
- запись набранного кода в память EEPROM микроконтроллера и его чтение.

В ОЗУ микроконтроллера с адреса \$61 по адрес \$63 организован буфер отображения для динамической индикации (RAM = \$60 – начальный адрес рабочего участка ОЗУ для буферов отображения и приёма по последовательному каналу). Флаги, задействованные в программе, находятся в регистрах R19 (flo) и R25 (flo1).

Загрузить эталонный код в память EEPROM микроконтроллера можно и с пульта. В данном случае в обработчике прерывания по завершению приёма буфера, из регистра UDR данные переписываются в буфер приёма с адреса RAM+12 по адрес RAM+16. По адресу RAM+12 находится число, определяющее адрес замка, которому адресована посылка (эталонный код). Соответственно, по адресам RAM+13...RAM+16 записан эталонный код. Для примера в листинге приведён фрагмент программы для замка №1, где принятый адрес сравнивается с адресом «1» и далее пере-

писывается в память EEPROM микроконтроллера (переход на метку ACP). Полный вариант листинга см. в дополнительных материалах к статье на сайте журнала.

Рассмотрим алгоритм работы пульта. После подачи питания пульт переходит в рабочий режим, на дисплее индицируется число 0000. Перед вводом эталонного кода необходимо установить в четвёртом разряде (индикатор HG4 на рисунке 3) адрес (число) того замка, в который необходимо загрузить эталонный код. Если установлен адрес 1, то эталонный код загрузится в замок №1, если установлен адрес 2, то – в замок №2 и так далее. Затем с клавиатуры нужно набрать четырёхразрядный код. Три младших разряда индицируются на дисплее замка (индикаторы HG1...HG3 на рисунке 2). После набора четырёхразрядного кода необходимо нажать кнопку S5. Код, индицируемый на дисплее, запишется в память EEPROM микроконтроллера выбранного замка. Далее для обнуления дисплея нужно нажать любую из кнопок S1...S4 или S6...S8.

Основные функциональные узлы пульта и замка идентичны. Динамическая индикация собрана на транзисторах VT1...VT4 и цифровых семи-сегментных индикаторах HG1...HG4 с ограничительными резисторами R4...R11. В интерфейс управления добавлен дополнительный разряд для числа, определяющего адрес замка.

Кнопки S1...S4 и S6...S8 обозначены соответственно цифрами 1...7. Они задают трёхразрядный эталонный код, отображаемый на четырёхразрядном дисплее. Кнопка S5 предназначена для записи эталонного кода в выбранный замок.

В программе пульта также использованы три прерывания: Reset, прерывание таймера T0 и прерывание по событию «регистр данных USART пуст». При переходе на метку Reset инициализируются стек, USART, таймер, порты, а также флаги и переменные величины, используемые в программе. В обработчике прерывания таймера T0 осуществляются следующие функции:

- процедура опроса кнопок S1...S8;
- функционирование динамической индикации;
- перекодировка двоичного числа в код для отображения информации на индикаторах.

В подпрограмме обработки прерывания по событию «регистр данных USART пуст» происходит передача данных передатчиком USART. В ОЗУ микроконтроллера с адреса \$61 по адрес \$64 организован буфер отображения для динамической индикации.

В замке и пульте применены резисторы типа C2-33Н (подойдут любые другие с такой же мощностью рассеяния и погрешностью 5%) и конденсаторы типа К10-17а (C1...C6) и К50-35а (C7). Семисегментные индикаторы НГ1...НГ4 типа НDSP-F501 имеют зелёный цвет. Элементную базу для клавиатуры и динамической индикации можно подобрать совершенно любую, лишь бы она отвечала требованиям, применяемым для работы в составе функциональных узлов. Для организации сети RS-485 можно применить кабель типа КИПЭП 1 × 2 × 0,60 ТУ16.К99-008-2001 или любой другой типа «витая пара» с волновым сопротивлением 120 Ом.

Схема включения соленоида для втягивания ригеля (завдвижки) замков приведена на рисунке 4. Соединитель X1 подключается к ригелю. Через

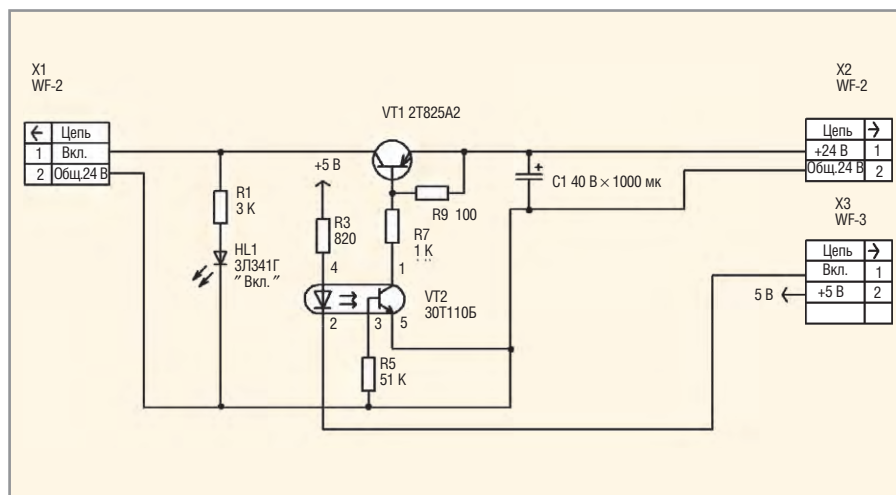


Рис. 4. Схема включения соленоида для втягивания задвижки замков

соединитель X2 на схему поступает напряжение +24 В. К соединителю X3 подключается соединитель X2 замка.

Представленные устройства не требуют никакой настройки и наладки. При правильном монтаже они начинают работать сразу после подачи на них питания.

Тексты программы для пульта и версии программ для замков №1...9, а также hex-файлы представ-

лены в дополнительных материалах к статье, размещённых на сайте журнала «Современная электроника» (www.soel.ru). Незначительно изменяя программное обеспечение, можно повысить степень защиты системы: например, увеличивая разрядность эталонного кода до 10.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.atmel.com.



bulgin

a brand of Elektron Technology

Компактнее. Легче. Надёжнее.

Разъёмы серии 7000 Виссанер от Bulgin

Технические характеристики:

- Металлический корпус (или пластиковый)
- Степень защиты от влаги и пыли IP68, IP69K
- 2, 3, 6, 10, 32 контакта
- Миниатюрный и компактный дизайн
- До 25 А, 600 В
- Механизм фиксации – байонет



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ BULGIN НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ И СТРАН СНГ

ProCHIP
POWERED BY PROSOFT

Активный компонент вашего бизнеса

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



Реклама

Бесконтактные контроллеры для ключей-меток

Андрей Кашкаров (Санкт-Петербург)

Системы контроля доступа и идентификации человека завоевали широкую популярность и с успехом применяются для защиты помещений или хранилищ от несанкционированного доступа. В статье рассмотрены практические вопросы построения комплексной системы защиты на базе бесконтактных контроллеров и особенности подключения к ним периферийных исполнительных устройств.

ВВЕДЕНИЕ

Система контроля и управления доступом (СКУД), как совокупность программно-аппаратных средств безопасности, служит для ограничения и контроля перемещений людей на определённой территории. Простейшим примером таких систем является управляемая с помощью электронного устройства дверь.

Основные принципы построения СКУД на основе ключей-меток и считывающих устройств уже были рассмотрены автором в статье, опубликованной в журнале «Современная электроника» [1].

Ключевым элементом СКУД является электронный бесконтактный контроллер, который считывает данные с компактного ключа-метки. Кроме идентификации метки, контроллер обеспечивает управление исполнительным устройством – электромагнитным замком или электронной инвертированной защёлкой.

Постоянное совершенствование бесконтактных контроллеров и исполнительных устройств привело к появлению новых моделей, поэтому часто у разработчиков систем управления доступом возникают вопросы по их практическому применению.

В данной статье рассмотрены принципы работы и функциональные особенности современных бесконтактных

контроллеров, порядок их программирования, а также варианты подключения исполнительных (запирающих) устройств.

ПОДКЛЮЧЕНИЕ И НАСТРОЙКА БЕСКОНТАКТНОГО КОНТРОЛЛЕРА Z-5R

Бесконтактный электронный контроллер часто называют считывающим устройством, или ридером, поскольку это устройство является «шлюзом», с помощью которого цифровые данные вводятся в контроллеры на базе ПК и другие интегрированные системы. Считывающее устройство содержит микроконтроллер, передающую антенну, блок определения уровня сигнала радиоволны, блок для передачи энергии метке и блок чтения информации с помощью детектирования изменения поля. Выпускается нескольких видов бесконтактных контроллеров: встраиваемые, с клеммником для подключения (см. рис. 1), клавиатурные (с разъёмами USB/microUSB), контроллеры в модулях PCMCIA в ПК и КПК и др.

Рассмотрим принцип работы и настройку бесконтактного контроллера для работы в составе СКУД на примере популярной модели Z-5R от компании IronLogic.

Внешний вид контроллера Z-5R представлен на рисунке 1 (справа – с откры-

той крышкой корпуса), а на рисунке 2 показано назначение контактов для подключения электрических цепей управления.

Технические характеристики контроллера Z-5R заслуживают внимания разработчиков и специалистов. Память этого электронного устройства позволяет идентифицировать до 680 различных ключей-меток, благодаря чему данный контроллер можно использовать, например, на предприятиях с большим количеством персонала.

Контроллер Z-5R имеет номинальное напряжение питания 12 В постоянного тока, а ток потребления в дежурном режиме составляет 4 мА. Устройство выдерживает максимальный ток коммутации 5 А на выходе, сконфигурированном по схеме с открытым коллектором.

Имеется возможность установки времени задержки (снятия управляющего напряжения с исполнительного устройства – замка). Максимальное программируемое время открывания замка составляет 220 с. При этом, время, установленное на производстве (по умолчанию) составляет всего 3 с. Подключение устройства к ПК осуществляется через адаптер типа Z-2.

Общая схема подключения элементов СКУД (считывателя для ключей-меток, электронного замка, источника питания, датчика двери и т.д.) к контроллеру Z-5R показана на рисунке 3. Это устройство поддерживает протокол Dallas Touch Memory (эмуляция DS1990A).

Для питания в считывателях предусмотрен контакт +12V, для общего провода – GND, для передачи данных – DS1990A, TM или DATA0. Все считыватели, кроме Matrix II, оснащены одинаково – входами управления индикацией: для

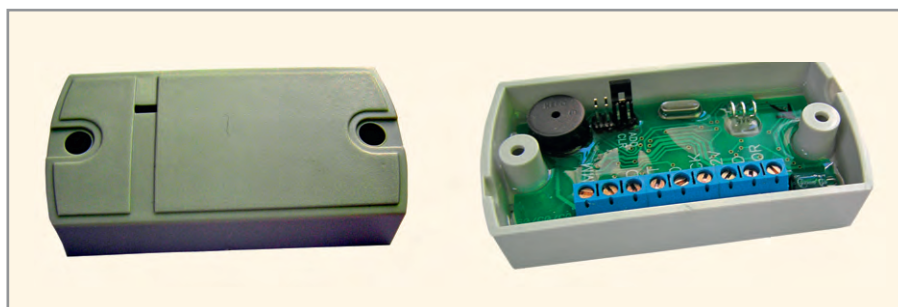


Рис. 1. Внешний вид считывателя Z-5R (слева) и вид с открытой крышкой корпуса (справа)



Рис. 2. Назначение контактов контроллера для подключения электрической цепи управления

зуммера – BEEP или ZUMM, для светодиода – LED.

Важно отметить, что зуммер контроллера можно и не подключать, поскольку устройство содержит встроенный генератор звуковой частоты (проще говоря, пискалку). Если снять с его рабочей поверхности (корпуса с отверстием) наклейку чёрного цвета, то громкость звука возрастёт в несколько раз.

Для монтажа и подключения бесконтактных контроллеров используются источники питания, которые выбираются с учётом энергопотребления электромагнитного замка.

Дверной датчик – это устройство на основе геркона (магнитоcontactный, типа СМК, ИО-102 и др.), которое передаёт на контроллер информацию о состоянии контролируемого объекта (дверь открыта или дверь закрыта). Для кнопки «Выход» подходит любая кнопка с нормально разомкнутыми (Normal Output) контактами.

В качестве «запорного» устройства для бесконтактных электронных контроллеров можно использовать не только непосредственно электромагнитный замок (к примеру, AL150/AL300, ЭМЗ-4, ML-100 и др.), но и любую активную нагрузку, рассчитанную на соответствующее напряжение питания.

ПРОГРАММИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ

Программирование контроллеров рассматриваемого типа осуществляется с помощью перемычек. Изменяя положения перемычек, можно переводить контроллер в тот или иной режим, например, режим записи в память кода ключей-меток или стирания этого кода. Программирование контроллера с помощью перемычек обеспечивает работу с электромагнитическим замком, стирание памяти контроллера, добавление простых ключей без мастер-ключа и переход в режим «Триггер». Для реализации разных режимов программирования контроллера необходимо предварительно выключить питание контроллера, установить перемычку и затем снова включить питание.

Перемычки устанавливаются на печатной плате при открытом корпусе считывателя. Ключи подразделяются на «мастер-ключи» (управляющие) и «ключи-метки» (пассивные метки).

При первом включении питания контроллер производит короткие звуковые сигналы в течение 16 с, что является индикацией режима добавления

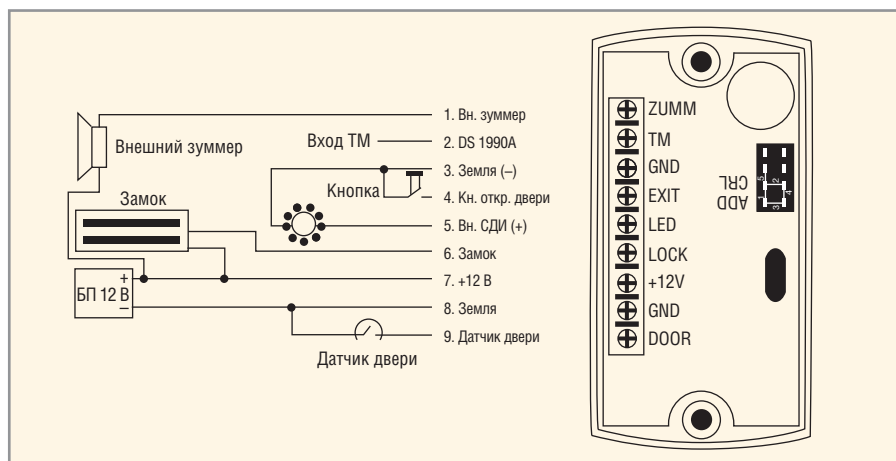


Рис. 3. Общая схема подключения к контроллеру элементов СКУД: считывателя для ключей-меток, электронного замка, источника питания, датчика двери и т.д.

мастер-ключей, о чём мы подробно говорили в предыдущей статье [1].

Для того чтобы зарегистрировать (прописать) мастер-ключ, необходимо поднести его к считывателю (поверхность корпуса бесконтактного считывателя). После считывания метки звуковые сигналы прекращаются. Затем в память устройства можно добавлять другие (пассивные) метки. Считывание кода каждого нового (последующего) ключа контроллер подтверждает коротким звуковым сигналом той же частоты. При этом пауза между регистрацией последующих ключей не должна превышать 16 с, иначе устройство выйдет из данного режима, произведя пять коротких звуковых сигналов.

Для перевода контроллера в нужный режим различают короткие (менее 1 с) и длинные (около 6 с) приближения к корпусу считывателя метки (мастер-ключа).

Конкретные процедуры программирования контроллера подробно описаны в инструкции по эксплуатации и останавливаться на технических подробностях, которые можно освоить самостоятельно, нецелесообразно.

Одной из важных задач, которые решаются при программировании меток для устройства кодового доступа, управляющего электромагнитным замком, является программирование времени открывания замка (двери). Последовательность действий в этом случае выглядит следующим образом.

Необходимо четыре раза кратковременно поднести мастер-ключ к корпусу считывателя. После этого контроллер выдаёт звуковые сигналы, подтверждающие опознание мастер-ключа, а их количество будет соответствовать количеству воздействий. В момент четвёрто-

го прикосновения (приближения) контроллер производит четыре звуковых сигнала и переходит в режим программирования времени открывания.

Для программирования временного интервала для открывания двери следует в течение 6...9 с после воздействия ключом-меткой замкнуть кнопку открывания двери на время, которое необходимо для открывания. После отпускания (размыкания контактов) кнопки контроллер выдаёт подтверждающий звуковой сигнал и записывает время в память.

Важно знать, что если кнопка принудительного открывания двери не установлена, то необходимо замыкать контакты 3 и 4 (если считать контакты сверху) между собой (см. рис. 4).

Для управления электромагнитическим замком или электромагнитной защёлкой прямого действия нужно установить на печатной плате перемычку в определённое положение; тогда контроллер будет запрограммирован на конкретный режим работы (к примеру, в состоянии «открыто» будет подано питание на ЭМЗ).

Перемычки устанавливаются на печатной плате контроллера; место их установки показано на рисунке 4.

Бесконтактный контроллер может находиться в двух положениях, определяемых состоянием контактов реле, – «замкнуто» и «разомкнуто». Для перехода из одного положения в другое достаточно поднести к нему ключ-метку, который уже зарегистрирован в памяти контроллера. При переходе из одного положения в другое контроллер подаёт звуковые сигналы: из «разомкнуто» в «замкнуто» – один короткий сигнал зуммера, из «замкнуто» в «разомкнуто» – серия коротких сигналов.

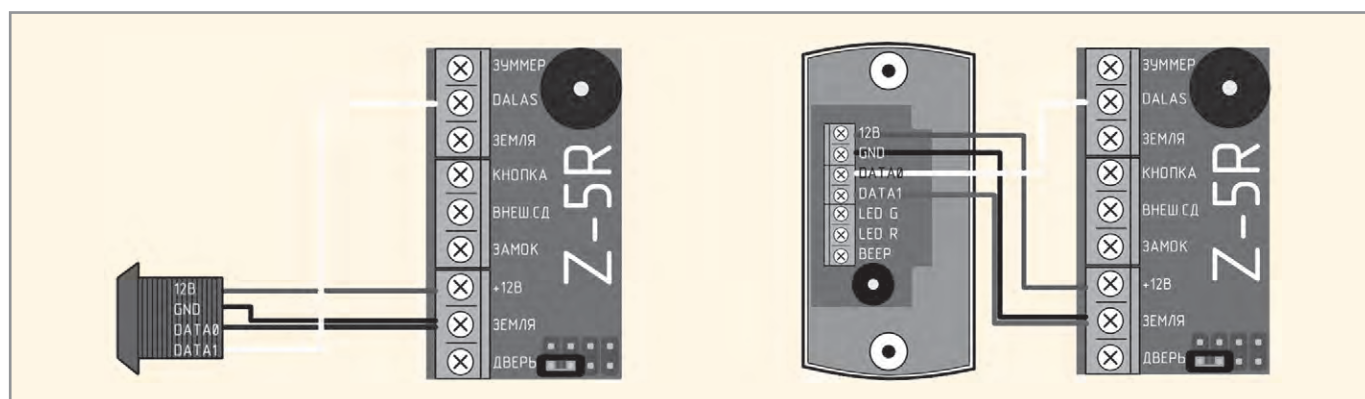


Рис. 4. Положение перемычек на плате контроллера Z-5R при работе со считывателем CPZ-2L (слева) и считывателем Matrix-II (справа)

Особенности подключения других моделей считывателей

Считыватель модели CPZ-2L по форме и габаритам близок к типоразмерам считывателей Touch Memory. Особенность считывателя CPZ-2L состоит в том, что для передачи ключа по протоколу iButton здесь используется кабель Data 1, в то время как в других перечисленных выше считывателях для передачи кода ключа в контроллер Z5-R используется кабель Data0, а Data 1 должен быть соединён с GND.

Соединительный провод (кабель), по которому передаётся «код ключа», всегда имеет белый цвет (вне зависимости от названия провода на схеме или в документации).

На практике считыватели Matrix-II-K хорошо работают с бесконтактными картами (proximity-картами) от других считывателей типового ряда Matrix-II, то есть их мастер-карты взаимозаменяемы.

Наряду с бесконтактными считывателями Matrix и CPZ-2L особенности подключения и программирования имеют их конкуренты – считыва-

тели KTM-255 и KTM-1023 (см. рис. 5), которые обеспечивают аналогичный функционал при использовании в СКУД.

Бесконтактные считыватели KTM-255 и KTM-1023

Бесконтактные считыватели KTM-255 и KTM-1023 производства компании «Телеинформсвязь» обеспечивают максимальное напряжение коммутации 30 В при номинальном напряжении питания по постоянному току 12 В.

Память считывателей KTM-255 и KTM-1023 рассчитана, соответственно, на 255 или 1023 ключа TM (Touch Memory) типа Dallas Semiconductor. Выход устройства организован с помощью релейных контактов и обеспечивает переключение с максимальным током коммутации 3 А. При этом ток потребления в режиме ожидания/коммутации составляет всего 20/90 мА.

Время открывания замка можно устанавливать в диапазоне 0,5...25 с (заводская установка 0,5 с).

Недостаток KTM-255 и KTM-1023 состоит в том, что для них не предусмотрено подключение к ПК, а значит, их трудно применять в системе с сетевой конфигурацией. Однако они завоевали заслуженную популярность как надёжные и недорогие устройства для простых систем.

Рассмотрим методы программирования считывателей KTM-255 и KTM-1023 в простой СКУД.

На рисунке 5 показана перемычка S1, которая отвечает за режим программирования. Для программирования ключей необходимо переставить перемычку S1 в положение «Прогр», затем нажать и отпустить кнопку SA3. Для перехода в рабочий режим в любой момент следует переставить перемычку S1 в положение «Работа», затем нажать и отпустить кнопку SA3.

Другие режимы программирования представлены далее.

Режим программирования «Ввод ключей»

Положение индикации: светодиодный индикатор зелёного света неак-

Параметры электромагнитных замков различных моделей

Параметры	Модели электромагнитных замков			
Модель замка	AL-150 PRemium	AL-200 PRemium	AL-300 PRemium	AL-400 PRemium
Удерживающее усилие, кгс	150	200*	300	400
Ток потребления при 12 В DC, мА	280	350	350	500
Ток потребления при 24 В DC, мА	150	150	180	220
Габариты корпуса, мм	150 × 33 × 19,5	230 × 30 × 19,5	230 × 38 × 25,5	225 × 42 × 26,5
Габариты якоря, мм	126 × 32,5 × 14,5	198 × 31 × 14,5	195 × 42 × 14,5	195 × 42 × 14,5
Датчик положения двери	Геркон, подключённый в режиме нормально замкнутых контактов			
Максимальная коммутируемая мощность геркона, Вт	1	5		
Диапазон коммутируемых токов	от 5 мкА до 1,0 А			
Диапазон коммутируемых напряжений	от 20 мВ до 24 В			
Датчик контроля замка	«Сухой» контакт реле. Режим охраны: нормально замкнутый			
Максимальный коммутируемый ток, А	0,4			
Максимальное коммутируемое напряжение, В	60			

* Удерживающее усилие 200 кгс на практике означает, что для отвода дверного полотна от оснащённой электрическим замком дверной коробки на расстояние 10 см (достаточное для «разблокировки» двери) требуется согласованное усилие двух человек весом по 100 и более кг каждый, осуществлённое всей массой в режиме рывка.

тивен, красный активен. По очереди к считывателю прикладываются все имеющиеся ключи-метки. При вводе нового ключа оба индикатора мигают три раза в течение 10 с и возвращаются в исходное состояние. Переход в следующий режим осуществляется нажатием кнопки SA3.

Режим «Удаление ключей»

Светодиод зелёного цвета активен, красный отключён. Как и в варианте, рассмотренном выше, к считывателю по очереди прикладываются все имеющиеся ключи. При удалении ключа оба индикатора мигают три раза и возвращаются в исходное состояние. Переход в следующий режим осуществляется нажатием кнопки SA3.

Режим «Полная очистка памяти»

Светодиодный индикатор зелёного цвета не активен, красный мигает. Для полной очистки памяти необходимо кратковременно нажать кнопку SA2. Все индикаторы гаснут, а через 30 с мигают три раза. После этого устройство переходит в режим «Установка времени срабатывания реле». Если полное удаление ключей не требуется, для непосредственного перехода в этот (следующий) режим необходимо нажать кнопку SA3.

Режим «Установка времени срабатывания реле»

Светодиод зелёного цвета включён постоянно, красный мигает. Время работы реле можно запрограммировать в диапазоне от 0,5 с (выставлено по умолчанию) до 25 с (максимальное время). Для установки времени необходимо нажать и удерживать кнопку SA3. Интервалы свечения красного индикатора будут при этом увеличиваться пропорционально времени работы реле. Когда время проблеска красного индикатора достигнет нужного значения, следует нажать и удерживать кнопку SA2, пока КТМ не перейдёт в первый (описанный ранее) режим программирования.

Для перехода в рабочий режим необходимо переставить переключатель S1 в положение «Работа», а затем нажать и отпустить кнопку SA3.

Таким образом, зафиксированная дверь будет открываться непосредственно ключом ТМ или механическим нажатием кнопки «Выход». В рабочем режиме нажатие на кнопку SA3 также приводит к открыванию замка.

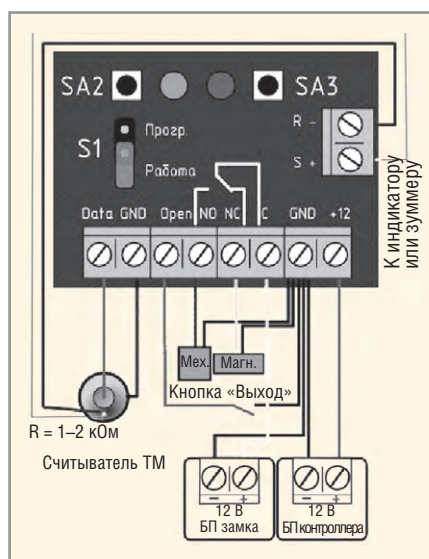


Рис. 5. Подключение СКУД к бесконтактным считывателям KTM-255 и KTM-1023

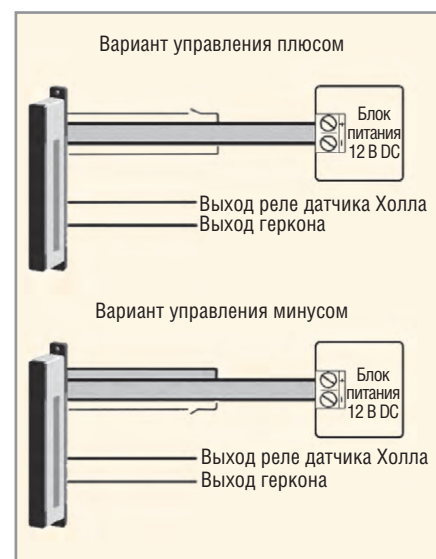


Рис. 6. Два популярных варианта подключения электронного замка серии AL

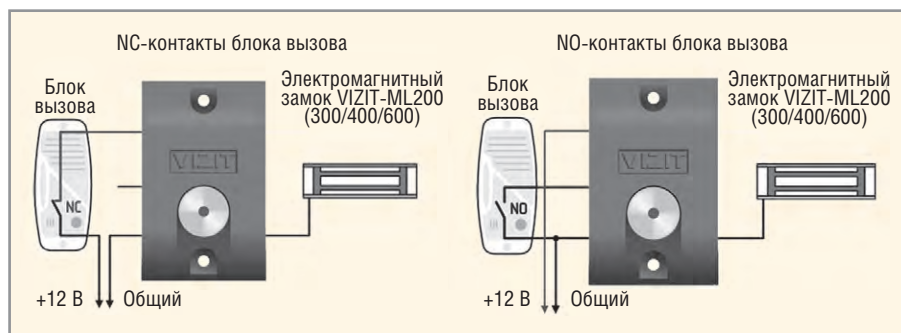


Рис. 7. Внешний вид и схема включения электронного таймера типа MC ML400T, применяемого для управления устройствами доступа

ПОДКЛЮЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ к СКУД

Подключение элементов к системе осуществляют следующим образом.

Электромагнитный замок подключается через коммутационные контакты реле к отдельному источнику питания. Подключение контроллера и замка производится разными кабелями. При этом электромагнитный замок или электромагнитная защёлка с нормально разомкнутыми контактами подключается через коммутационные контакты реле считывателя: С и NC (проводники, соответственно, белого и жёлтого цветов).

Периферийный электромеханический замок или электромагнитная защёлка с нормально замкнутыми контактами подключается через контакты реле: С и NO (провода, соответственно, белого и синего цветов).

Важно знать, что при длине провода от контроллера до замка более 5 м (или при использовании версии контроллера до 2007 года выпуска) во избежание «залипания» контактов реле и выхода из строя системы СКУД рекомендуется

шунтировать обмотку электромагнитного замка диодом (непосредственно у замка), активированным в обратном включении. К примеру, это может быть полупроводниковый диод КД105.

При подключении светодиодного индикатора к выходам RS необходима установка резистора сопротивлением 1...2 кОм (см. рис. 5).

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Накладные электромагнитные замки серии «ALer» (AL) класса PRemium производит группа компаний «Рокса». Эти устройства имеют функционал электромагнитного замка и предназначены для фиксации двери в закрытом положении посредством удерживающего усилия электромагнитного поля.

Мощность такого усилия зависит от конкретной модели (разновидности) замка. Параметры электромагнитных замков различных моделей приведены в таблице.

Характеристики замков серии AL удовлетворяют запросам разработчиков и монтажников систем кодового доступа. Устройства имеют в своём

составе: датчик контроля срабатывания замка (датчик Холла), датчик положения двери (геркон) и световую индикацию состояния замка. Варианты подключения замков представлены на рисунке 6. Цвета исполнения корпусов замков: коричневый, серый или белый.

Рассматриваемые устройства имеют два варианта управления: управление «плюсом» и управление «минусом» (т.е. положительным и отрицательным фронтом импульса, поступающего на управляющий вход относительно общего провода). Поэтому в схеме подключения замков можно реализовать два варианта управления (открывания) нормально разомкнутыми контактами.

1. Подключение розового (как вариант, чёрного) провода к плюсу питания. При этом жёлтый проводник постоянно соединён с минусом питания.

2. Подключение жёлтого провода к минусу питания. При этом розовый (чёрный) провод постоянно соединён с положительным полюсом источника питания.

Назначение проводов в восьмизильном кабеле замка:

- красный – «+» питания;
- синий – «-» питания;
- розовый (в некоторых вариантах чёрный) – управление «плюсом»;
- жёлтый – управление «минусом»;
- зелёный, белый – коммутационные контакты реле датчика Холла;

- коричневый и серый – коммутационные контакты геркона.

Кроме того, в качестве периферийного устройства доступа с помощью персонального кода (метки) может быть использован электронный таймер MC ML400T (см. рис. 7) с входным напряжением (по постоянному току) в диапазоне 9...15 В при коммутируемом токе в исполнительной цепи до 1,5 А.

Это устройство конструктивно совмещено с кнопкой «Выход» и предназначено для использования совместно с электромагнитными замками типа VIZIT.

Таймер работает следующим образом: при получении команды на открывание двери на выходе таймера на 8 с снимается напряжение. Таким образом, дверь (входное устройство) становится свободной для открывания. Следует отметить, что таймер не рассчитан на работу с нормально закрытыми электромагнитными защёлками и электромеханическими замками, которым для открывания двери требуется кратковременная подача напряжения.

В зависимости от типа управляющих контактов вызывного устройства следует выбрать схему подключения: NC (нормально замкнутые) или NO (нормально разомкнутые) контакты. При этом в первом варианте схемы (NC) не задействован проводник устройства синего цвета.

Выводы

Современные электронные системы контроля доступа и идентификации на базе бесконтактных контроллеров, использующие в качестве исполнительных устройств электромагнитные замки, электронные «инвертированные» защёлки и различные системы сигнализации (звуковой и световой) факта доступа, обеспечивают надёжную защиту помещений или хранилищ.

Рассмотренные в статье компоненты предоставляют возможность разработчику без труда построить эффективную систему контроля доступа и при необходимости выполнить замену отдельных элементов системы от различных производителей без ущерба для полного набора требуемых функций.

Совершенствование бесконтактных устройств контроля и кодовых систем для комплексной защиты объектов и секретной информации позволяет создавать системы защиты не только для помещений (стационарных хранилищ), но и для автомобилей. Принцип работы таких систем связан с передачей кодированного сигнала по радио. Этому будет посвящена следующая статья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кашикаров А.П. Современные ключи и идентификаторы систем кодового доступа. Современная электроника. 2013. № 8. 

Новости мира News of the World Новости мира

Признание на основе анализа рынка ПО для КИП

Компания Keysight Technologies удостоена Глобального приза Frost & Sullivan за 2014 год за лидирующее положение на рынке ПО для контрольно-измерительных приборов.

Программные решения Keysight:

- организация процессов проектирования от разработки и моделирования до начала производства и обеспечение доступа к накопленному опыту инженеров компании, полученному благодаря активному участию в работе таких органов стандартизации, как 3GPP (комитет стандартизации 4G), IEEE, JEDEC, MIPI и многих других;
- ускорение разработки ВЧ, СВЧ и высокоскоростных цифровых устройств с возможностью моделирования и точной реализации спроектированных схем с по-

мощью САПР Keysight Advanced Design System (ADS);

- достоверные измерения и глубокий анализ с помощью автономного и встроенного ПО, позволяющего получать быстрые и точные ответы от более чем 230 прикладных программ, интегрированных в приборы, а также с помощью ПО 89600 VSA, поддерживающего более 75 видов сигналов и форматов модуляции;
- экономия времени и сокращение трудоёмкости операций от простого подключения до программного управления за счёт применения мощных утилит, таких как Command Expert и BenchVue.

«По нашему мнению, программное обеспечение Keysight можно считать «знаниями, которые можно загрузить», – отметил Рон Нерсесян (Ron Nersesian), президент и исполнительный директор компании

Keysight. – Наши программные решения предоставляют инженерам ценные данные, необходимые им для глубокого анализа разрабатываемых схем и решения многих метрологических проблем, начиная с первого этапа моделирования вплоть до запуска разработанного изделия в производство».

«Компания Keysight получила высокую оценку за тщательный анализ рынка, учёт потребностей заказчика и за способность воплощать эти знания в продукты и решения заказчика, – отметила Пратима Боммаканти (Prathima Bommakanti), аналитик исследовательского отдела компании Frost & Sullivan. – Размер компании и разветвлённая сеть представительств по всему миру дают уникальные конкурентные преимущества на рынке ПО для контрольно-измерительных приборов».

www.keysight.com/go/news



Светодиодные кластеры серии XLD-Line-12/24V предназначены для подсветки витрин, карнизов, декоративного и дизайнерского освещения.

Широкий ассортимент, возможность деления, простота наращивания и подключения делают кластеры удобными для реализации проектов любого уровня сложности.

Преимущества

- Питание от источника постоянного напряжения 12 или 24 В
- Простота подключения благодаря специальным разъемам
- Деление на отрезки
- Коммутация кластеров в линию произвольной длины
- Высокий световой поток
- Широкий диапазон рабочих температур $-40...+70^{\circ}\text{C}$
- Безопасное низковольтное оборудование
- Срок службы не менее 50 000 часов



Новости мира News of the World Новости мира

Скоро: адаптивные чипы с переконфигурируемыми электронными схемами

Область адаптивной и переконфигурируемой электроники из-за её чрезвычайно широких возможностей является предметом повышенного интереса как со стороны исследователей, так и со стороны производителей электроники. Представьте себе единственный чип, способный выполнять задачи, решаемые обычно при помощи отдельных чипов, имеющих различные электронные схемы. В случае необходимости такой чип может стать обработчиком аудиоинформации, а в следующий момент его схема может быть переориентирована на обработку изображений. Такой подход позволит сделать габариты различных электронных устройств ещё компактнее, а также существенно снизить количество потребляемой ими энергии.



Кроме того, данный подход позволит создавать чипы, обладающие высочайшим уровнем надёжности. Даже в случае выхода из строя некоторых компонентов схема чипа может быть перестроена таким образом, что он сможет продолжать функционировать, используя неповреждённые компоненты, пусть и с некоторой потерей производительности. «Это является крайне эффективным методом поддержания устройств в работоспособном состоянии, особенно когда эти устройства находятся в труднодоступных местах. К примеру, в глубинах космоса», – рассказывает исследователь из Швейцарского федерального политехнического университета Лозанны (Swiss Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, EPFL) Лео Макджилли (Leo McGilly).

Основой такой многообещающей технологии являются так называемые сегнетоэлектрические материалы, в которых можно создавать токопроводящие и диэлектрические области. Эти токопроводящие области получаются при воздействии на материал электрическим полем с особыми параметрами. При этом некоторые атомы кристаллической решётки материала меняют своё местоположение, что приводит к кардинальному изменению электрических свойств

материала. Используя современные технологии, можно создать на поверхности сегнетоэлектрического материала токопроводящие «тропы» шириной в несколько атомов. Единственная и главная проблема заключается в том, что до последнего времени не было технологий точного управления формированием и положением токопроводящих участков материала.

Отсутствующий метод управления токопроводящими участками и был разработан учёными из EPFL. Основой этого метода является многослойная структура материала, который состоит из платиновых слоёв снаружи и слоя сегнетоэлектрического материала внутри «сэндвича».

«Воздействуя электрическими полями на локальные участки сегнетоэлектрического материала, мы создаём токопроводящие «тропы» в любом месте. Кроме этого, мы можем динамически их перемещать и разрушать, используя отрицательное электрическое поле, – рассказывает Мак Джилли. – При этом нам пришлось использовать проводники с низкой электрической проводимостью, что позволило с высокой точностью управлять положением токопроводящих участков. Если бы мы использовали материал с высокой проводимостью, то электрические заряды распространялись бы по материалу очень быстро, и токопроводящие области формировались бы в хаотическом порядке».

В настоящее время исследователи уже провели ряд экспериментов, подтверждающих работоспособность разрабатываемой ими технологии. Следующим шагом станет создание первого опытного образца переконфигурируемого чипа, которому специалисты прочат большое будущее. «То, что мы получим возможность создавать токопроводящие участки там, где нам необходимо, позволит имитировать процессы, происходящие в мозге, процессы создания новых синапсов, соединяющих нервные клетки, – комментирует Мак Джилли. – Такая возможность станет основой функций познания и самообучения, которыми, безусловно, должны обладать системы искусственного интеллекта будущего».

www.dailytechinfo.org

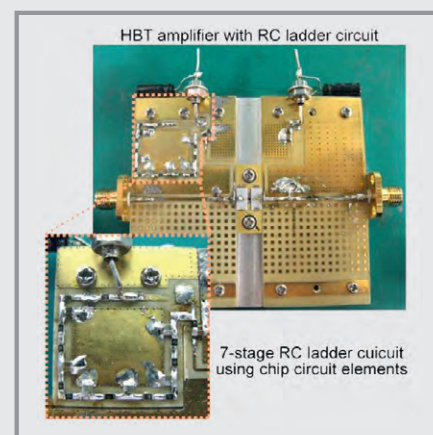
Мобильная связь нового поколения

По мере того, как схемы становятся всё более миниатюрными и обладают всё большей степенью интеграции, электрические характеристики компонентов становятся более восприимчивыми к изменению тем-

пературы. Таким образом, взаимодействие между тепловыми и электрическими явлениями становится одной из самых сложных проблем в аналоговых и цифровых интегральных схемах. Это в своей работе объясняют учёные Рё Исикава, Юничи Кимура и Казухико Хонзё из Университета электрокоммуникаций Чофу-ши (Япония).

В своей статье исследователи сообщают о первом в мире способе компенсации искажений электрических характеристик с помощью электрической схемы, исправляющей искажение сигнала, вызванное тепловыми характеристиками гетероперехода биполярного транзистора. Это исследование должно помочь разрабатывать устройства, более приспособленные для работы в условиях тепловых воздействий.

Модулированный высокочастотный сигнал искажается температурным влиянием сложных интермодуляционных явлений, хотя температурный отклик самой цепи остаётся медленным. Исследователи смоделировали тепловые эффекты гетероперехода биполярного транзистора в интегральной схеме с использованием термосопротивления и термоёмкости. Элементы схемы были расположены в «лестничной цепи», содержащей повторяющиеся звенья тепловых сопротивлений и тепловых конденсаторов. Для компенсации искажения сигнала на интегральной схеме была подключена электрическая «лестничная схема».



Эффективность использования лестничной электрической цепи для компенсации искажения сигнала была подтверждена как экспериментально, так и с помощью моделей. До сих пор не хватало лишь теоретического обоснования. Хонзё и его команда получили нелинейные выражения, описывающие параметры цепи, и решили их, используя разложения в ряды. Модель хорошо согласовывается с экспериментальными и компьютерной симуляцией.

www.ru.uec.ac.jp



**17-19
ФЕВРАЛЯ 2015
МОСКВА**

**ТЕПЕРЬ
В КРОКУС ЭКСПО!**

14-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ



Получите
электронный билет!
www.ndt-russia.ru

0+

Реклама

Организаторы:



primexpo



GROUP PLC

+7 (812) 380 6002/00, ndt@primexpo.ru

Моделирование зеркальной антенны с помощью HFSS ANSYS

Александр Курушин, Евгений Лаврецкий, Семён Дергачёв (Москва)

В статье описываются расчёты зеркальной антенны с помощью программы HFSS с использованием как базового метода конечных элементов, так и реализованных в HFSS v.15 методов интегральных уравнений и физической оптики. Реализация разнообразных методов в одной оболочке HFSS позволяет найти разумный компромисс между точностью и временем расчёта при решении разнообразных задач, а также выделить отдельные элементы структуры и рассчитать определённым образом их характеристики, а затем применить гибридизацию. Такой гибридный метод значительно расширяет возможности программы HFSS фирмы ANSYS.

Широко распространённые в настоящее время в спутниковой связи радиоастрономии зеркальные антенны имеют размеры от десятков сантиметров до сотен метров [1]. Это означает, что размеры антенн могут составлять сотни длин волн и более. Расчёт таких больших структур строгими электродинамическими методами потребовал бы больших вычислительных затрат. Для анализа и расчёта характеристик излучения зеркальных антенн большого электрического размера существуют приближённые методы, к которым относятся методы геометрической оптики и геометрической теории дифракции, а также методы физической оптики и физической теории дифракции [2–4].

В настоящее время наибольшую популярность, высокую эффективность и точность приобрёл метод физической оптики, дающий аппроксимацию поверхностного электрического тока для идеально-проводящих рассеивателей (рефлекторов). Метод физической оптики использует в качестве ключевого алгоритма численного расчёта следующую формулу:

$$\vec{J}^s = 2[\vec{H}, \vec{n}], \quad (1)$$

где $\vec{n}$ – вектор нормали для каждой точки поверхности рефлектора, $\vec{H}$ – вектор магнитного поля, создаваемого в данной точке первичным облучателем (А/м), $\vec{J}^s$ – поверхностный электрический ток на металлическом реф-

лекторе (А/м). Далее, по известному электрическому току (1) находится поле излучения зеркальной антенны (вторичное поле). Расчёт вторичного поля сводится при этом к вычислению соответствующих двумерных интегралов Фурье от поверхностного электрического тока.

Алгоритм реализации в программе HFSS [4] метода физической оптики заключается в том, что от каждого элементарного тока излучения по направлению к каждой элементарной площадке металлического зеркала находится вектор магнитного поля, векторное произведение которого на нормаль площадки и определяет ток по формуле (1). Таким образом, в методе физической оптики нет необходимости решать систему линейных алгебраических уравнений большого порядка, к чему сводится большинство электродинамических методов решения системы уравнений Максвелла.

По сравнению с методом физической оптики, применение метода физической теории дифракции [2–4] позволяет учесть ещё более тонкие эффекты дифракции первичного поля облучателя на кромке зеркала. Как правило, это даёт уточнение уровня дальних боковых лепестков поля излучения антенны. Однако численная реализация метода физической теории дифракции более сложна и не универсальна и применение этого метода, с практической точки зрения, не является необходимым для анализа больших антенн.

Отметим, что при анализе зеркальных антенн метод геометрической оптики [2–4] имеет меньшую точность, чем метод физической оптики, так как в нём не учитываются поляризационные эффекты (в частности, при анализе зеркальных антенн апертурным методом). Метод геометрической теории дифракции по точности примерно эквивалентен методу физической оптики.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ ЗЕРКАЛЬНОЙ АНТЕННЫ

Для наглядности приведём решение задачи облучения параболического зеркала различного размера и сравним результаты расчёта двумя мето-

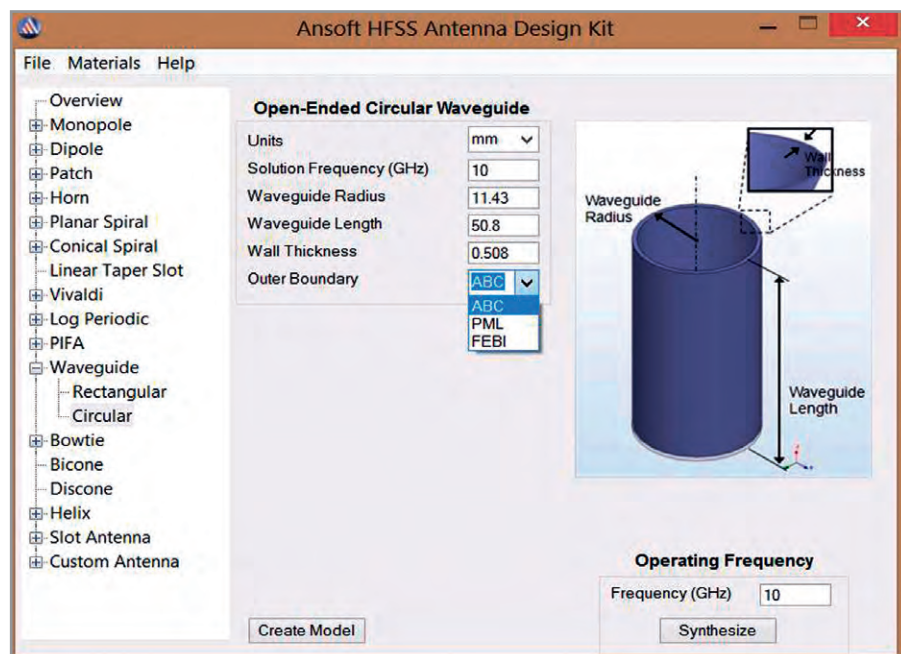


Рис. 1. Интерфейс программы ADK HFSS

дами: методом интегральных уравнений и методом физической оптики. Оба эти метода реализованы в программе HFSS ANSYS. Расчёты выполнены на одной частоте 10 ГГц. В качестве облучателя используется отрезок круглого волновода. Антенны-облучатели можно проектировать в программе ADK HFSS (см. рис. 1).

Порт устанавливается на одно сечение волновода, выполняющего роль облучателя, а другое сечение становится излучающим растром. Зеркальная антенна имеет профиль, соответствующий формуле:

$$Z = \frac{1}{4F}(x^2 + y^2), \quad (2)$$

где x , y и Z – координаты каждой точки зеркала, F – фокус параболического зеркала, в которое помещается облучатель (см. рис. 2).

Результаты расчёта осесимметричной антенны диаметром 2 м показаны на рисунках 3 и 4. На рисунке 4 показаны сечения диаграммы направленности, выполненные методом решения интегральных уравнений и методом физической оптики на одной сетке разбиения.

Из рисунка видно, что для антенн с большим диаметром методы физической оптики (ПО) и метод интегральных уравнений (ИЕ) отличаются только уровнями боковых лепестков. В области основного лепестка эти расчёты совпадают. Для того чтобы подтвердить этот факт, впервые отмеченный в работе Е.Н. Васильева [2], выполнен ряд расчётов для зеркал с диаметром от $0,5\lambda$ до 40λ (см. таблицу 1).

Следует отметить, что при больших размерах антенн разработчик сталкивается с трудностью разбиения на сетку и длительностью расчёта. Этого можно избежать отказом от выбора размера сетки на основании частоты, исключением адаптации (процессом уплотнения сетки), а также импортом сетки проекта, который уже решался и сетка которого получена в другом примере.

Результаты расчёта для нескольких размеров осесимметричной зеркальной антенны (с отношением фокуса к диаметру $F/D=0,4$) сведены в таблице 1.

Расчёт выполнялся на персональном компьютере с 4-ядерным процессором с тактовой частотой 2 ГГц и 16 Гб

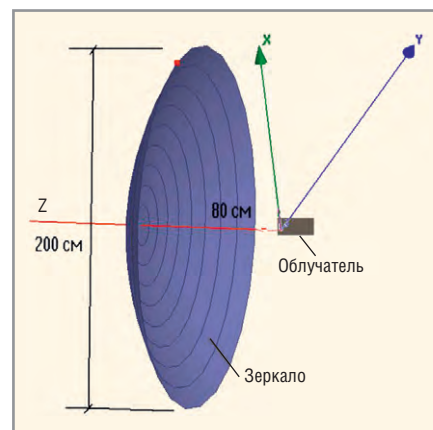


Рис. 2. Зеркальная антенна диаметром 200 см

оперативной памяти. Из таблицы видно, что время расчёта методом физической оптики до 50 раз меньше, чем при использовании метода решения интегральных уравнений. Анализ возможных ошибок при расчёте (разные значения КНД и уровня боковых лепестков) показывает, что в методе физической оптики их источником являются ошибки геометрического построения, а для метода интегральных уравнений – ошибки при расчёте системы уравнений.

Используете несколько разных САПР для одного проекта?

Работайте с ANSYS® DesignerRF

Решайте комплексные задачи из ОДНОГО приложения

анализ целостности сигналов

электромагнитное моделирование

тепловой анализ

анализ интегральных микросхем

моделирование радиочастотных схем

высокопроизводительные вычисления

Техническая поддержка Обучение Дизайн-проекты

Тел.: +7 (495) 943-50-32, www.orcada.ru

оркада

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР

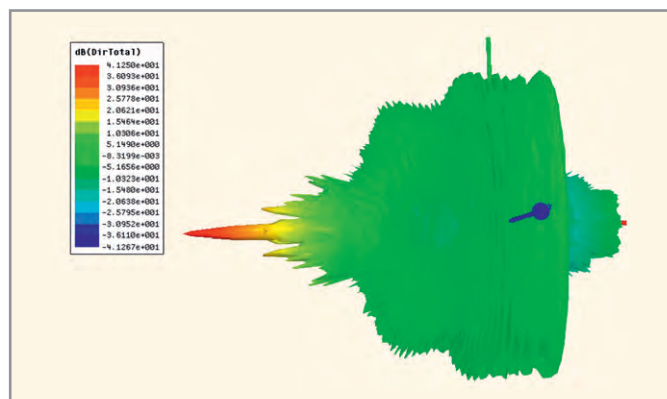


Рис. 3. 3D-диаграмма направленности осесимметричной зеркальной параболической антенны, облучаемой круглым волноводом

Метод физической оптики даёт хорошую точность для металлических моделей. Начиная с определённых размеров излучающей структуры, когда решить задачу методом моментов затруднительно из-за невозможности решения системы уравнений, логично применение метода физической оптики.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОФСЕТНОЙ АНТЕННЫ

Зеркальная антенна с осесимметричным расположением облучателя имеет тот недостаток, что облучатель и штанги затеняют лучи прямого прохождения и таким образом ухудшают КНД. Поэтому на практике часто применяется офсетная зеркальная система (см. рис. 5).

Анализируемая офсетная зеркальная антенна [1] подсвечивается снизу, под углом примерно 50°. Сечение

антенны также повернуто по отношению к вертикальной плоскости примерно на 26°.

Рабочая поверхность рефлектора является вырезкой из параболоида вращения, описываемого уравнением $Z = (x^2 + y^2)/4F$, где $F = 138$ см. Центр вырезки расположен на расстоянии 134,5 см от фокальной оси.

Антенна имеет следующие параметры [1]:

- размеры – 240 × 267 см (раскрыт Ø240 см);
- диапазон частот – 10,95...12,75 ГГц;
- ширина луча – 0,7 град;
- коэффициент усиления – 47,6 дБ (11 ГГц);
- уровень боковых лепестков – не более 25 дБ.

Следует рассчитать зеркальную офсетную антенну, облучаемую открытым концом круглого волновода. Рас-

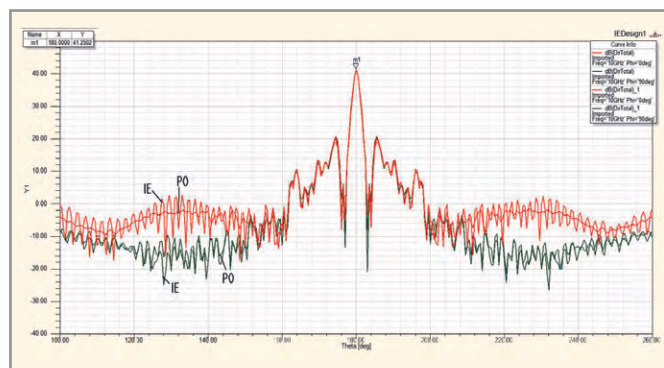


Рис. 4. Сечение ДН зеркальной осесимметричной антенны диаметром 200 см, облучаемой отрезком волновода в двух перпендикулярных плоскостях (Phi=0 и Phi=90)

чёт выполняется методами, реализованными в HFSS-15 [4] (см. таблицу 2).

Зеркало офсетной антенны имеет параболическую форму независимо от её диаметра. Площадь зеркала можно выбирать, изменяя диаметр цилиндра вырезки. В этом случае фокус параболического зеркала остаётся в том же месте. Оценить КНД зеркальной антенны можно по формуле:

$$\text{КНД} = \frac{4\pi S}{\lambda^2} \cdot \text{КИП}, \quad (3)$$

где S – площадь зеркала, λ – длина волны (для частоты 11 ГГц $\lambda = 2,7$ см), КИП – коэффициент использования поверхности [3].

Положив, что площадь зеркала в офсетной антенне примерно равна $S = \pi D^2/4$ [3], получаем КНД = 38,9 дБ.

Метод конечных элементов (см. таблицу 2) для решения электродинамической задачи требует использования суперкомпьютера, поэтому для размеров антенны, превышающих 5λ , этот метод не применяется.

Метод интегральных уравнений IE (см. раздел 2 в таблице 2), реализованный в HFSS ANSYS IEDesign1, при решении данной задачи показал значительные ошибки (до 200%) при расчёте характеристик дальнего поля.

При этом он демонстрирует намного большую скорость расчёта, чем метод FEM. Однако большие величины ошибок доказывают, что этот метод эффективно работает только вместе с методом физической оптики (PO).

В методе FEBI (см. раздел 3 в таблице 2) задача решается в проекте HFSS HFSSDesign1 (DrivenModal), причём рупорная антенна считается методом конечных элементов FEM и охватывается боксом излучения, на который ставится условие IE. Параболическое зеркало охватывается объёмом излучения,

Таблица 1. Результаты расчёта осесимметричной зеркальной антенны различных размеров

№ расчёта	D, см	F, см	КНД, дБ	Уровень боковых лепестков, дБ	Время расчёта	
					IE, с	PO, с
0	1,5	0,6	2,5 (PO)	-4 (PO)	20	1
			2,5 (IE)	-6 (IE)		
1	3	1,2	9,2 (PO)	-8 (PO)	20 (1000 треуг.)	1
			9,4 (IE)	-11 (IE)		
2	6	2,4	14,5 (PO)	-26,7 (PO)	24 (1500 треуг.)	1
			14,6 (IE)	-32,2 (IE)		
3	15	6	20,9 (PO)	-32 (PO)	500 (22 тыс. треуг.)	1
			22,3 (IE)	-35 (IE)		
4	30	12	28,2 (PO)	-34,2 (PO)	2100 (80 тыс. треуг.)	7
			29 (IE)	-39,2 (IE)		
5	45	18	30,5 (PO)	-25 (PO)	3300 100 тыс. треуг.	–
			31,6 (IE)	-30 (IE)		
6	90	36	36,94 (PO)	-37,5 (PO)	3020 (30 тыс. треуг.)	10
			37 (IE)	-42,5 (IE)		
7	200	80	41,25 (PO)	-39 (PO)	3300 (50 тыс. треуг.)	90
			41,29 (IE)	-42 (IE)		

Таблица 2. Методы решения и способы их построения

Раздел	Метод	Описание
1	Метод FEM	Метод конечных элементов. Обе части антенны (зеркальная и облучатель) находятся в одном боксе с граничными условиями Radiate
2	Метод IE	Метод интегральных уравнений. Модель содержит только зеркало, вычислительный объём не задаётся. На зеркало падает волна, эквивалентная дальнему полю облучателя
3	Метод FBIE	Каждая часть структуры охватывается отдельным боксом, внутри каждого из которых пространство считается методом FEM, а на эти боксы задаются граничные условия IE
4	Метод IE-PO	Метод физической оптики, объединённый с методом интегральных уравнений

на который также ставится условие IE. Этот гибридный метод сочетает в себе положительные стороны и метода FEM, и метода IE. Анализируемый объём, который разбивается на тетраэдры, значительно уменьшается (до 10 раз), а точность расчёта дальнего поля соответствует методу FEM.

Анализ офсетной зеркальной антенны с помощью метода физической оптики

Гибридный метод IE-PO (см. раздел 4 в таблице 2), реализованный в HFSS, позволяет заменить облучатель (см. рис. 6) сохранённым решением, полученным заранее в другом проекте. Таким образом, связанные задачи решаются последовательно. Когда получены данные по дальнему полю облучателя, рассчитывается решение для зеркала, а в качестве облучателя выступает решение, полученное ранее. Поэтому размер задачи уменьшается, что позволяет решить на ПК более сложную задачу. При этом затенение облучателем игнорируется.

Этот метод реализован в той же структуре, но с одним нюансом: в разделе Solve ставится опция PO [4]. В этом режиме от фазового центра к центру каждого треугольника зеркала прочерчивается путь, находится угол между возбуждающим сегментом и плоскостью треугольника, и по этим данным считается ток на поверхности облучаемой зеркальной антенны.

Для больших зеркальных систем можно считать, что оптимальной будет система с максимальным КНД.

Увеличить КНД моделируемой офсетной зеркальной антенны можно, если изменять положение облучателя в небольших пределах. Ещё одним способом является оптимизация разбиения поверхности зеркала. Оптимизировать разбиение можно таким образом, чтобы большие группы треугольников имели нормали, направленные в стороны облучателя зеркальной антенны. Расчёт диаграммы направленности и КНД (см. рис. 7 и 8) выполнен для частоты 11 ГГц.

Как видно из рисунка 8, уровень боковых лепестков при расчёте методом физической оптики (20 дБ) хуже, чем данные разработчика (25 дБ). С учётом анализа данных, приведённых в таблице 1, можно показать, что уровень боковых лепестков в методе PO показывает завышение уровня боковых лепестков до 5 дБ.

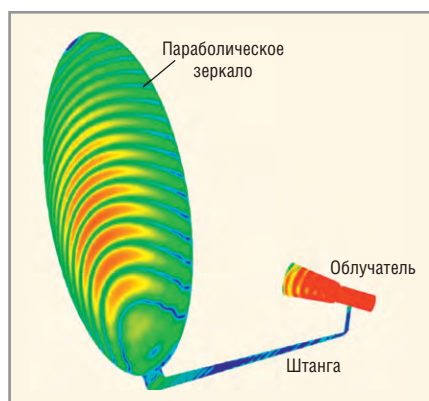


Рис. 5. Зеркальная параболическая антенна, облучаемая рупором, с рассчитанными на них токами, текущими на поверхности

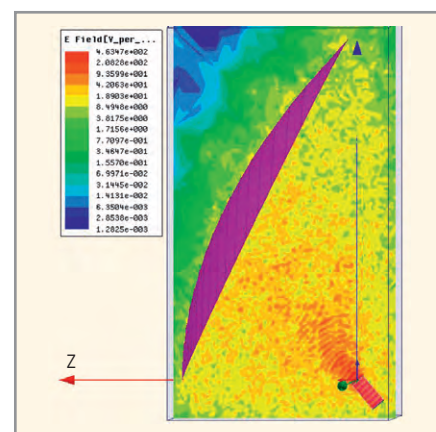


Рис. 6. Ближнее поле, облучающее параболическое зеркало офсетной антенны

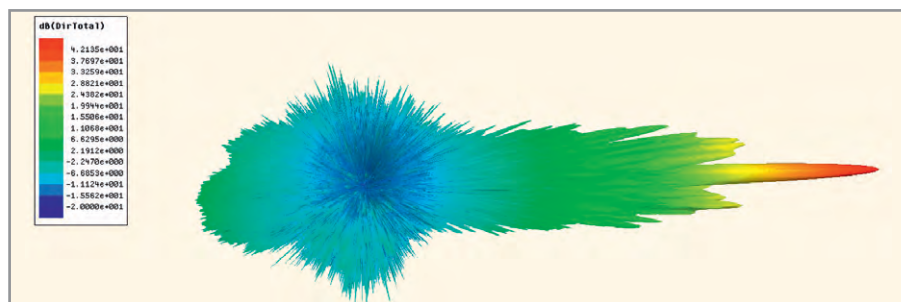


Рис. 7. Трёхмерная ДН, рассчитанная методом физической оптики

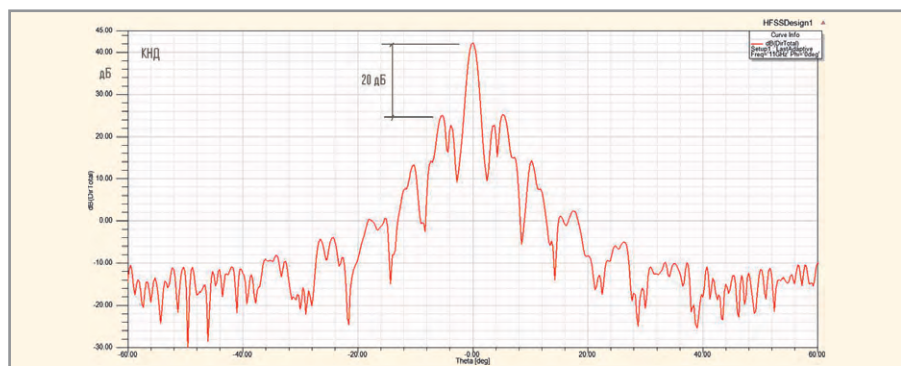


Рис. 8. Сечение ДН, решение методом физической оптики

Время расчёта ДН, показанной на рисунке 8, для указанных условий составило 8–10 минут.

Вывод

В процессе расчёта офсетных зеркальных антенн, получено совпадение результатов расчёта на программе HFSS и данных, приводимых изготовителем антенны. Программа HFSS ANSYS, как гибкий современный инструмент проектирования сложных антенных систем, имеет различные опции, которые позволяют рассчитывать задачи больших геометрических размеров. В работе показано, как одна большая задача делится на несколько меньших. Наиболее универсальный гибридный метод IE-PO позволяет рассчитать части с размером, соизмеримым с длиной волны, методом конечных элементов

или методом интегральных уравнений, а крупногабаритные части – методом физической оптики. Выполненное сравнение результатов расчёта методом интегральных уравнений и методом физической оптики показало, что начиная с размеров зеркальной антенны около 5λ метод физической оптики даёт ту же точность, что и метод интегральных уравнений, но при значительном увеличении времени счёта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антенна СТВ-2,4-1.1 АУМ офсетная зеркальная производство ОАО «АлМет». г. Ульяновск. www.supral.ru.
2. Васильев Е.Н. Возбуждение тел вращения. М. «Радио и связь». 1987. 272 с.
3. Сазонов Д.М., Марков Г.Т. Антенны. 1977. М. «Энергия». 528 с.
4. www.orcad.ru.

Методика аппаратно-программного моделирования и тестирования проектируемых систем

Владимир Вычужанин (г. Одесса, Украина)

В статье описана методика применения программного обеспечения для моделирования и тестирования в реальном времени проектируемых аппаратных средств цифровой обработки сигналов на основе ПЛИС.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проектировщики используют различные методы разработки систем цифровой обработки сигналов (ЦОС), позволяющие настраивать и тестировать подобные системы в реальном времени. Проектирование систем ЦОС преимущественно осуществляется на основе двух подходов.

При первом подходе функциональность и производительность системы ЦОС исследуют и настраивают с помощью программного обеспечения (ПО) инструмента моделирования. Уровень доверия к полученным результатам определяется соответствием модели системы заданному проекту. Программное обеспечение моделирования обеспечивает гибкость проверки системы, позволяя исследовать различные сценарии её поведения. Однако модель, основанная на реальной системе, при использовании только ПО моделирования обладает естественными ограничениями:

- время моделирования системы может быть длительным при исследовании сложных систем. Например, в электромеханических системах постоянная времени может измеряться в секундах, в то время как время вычисления параметров системы измеряется в микросекундах;
- ошибки в вычислениях из-за неполного описания системы моделью. Кроме того, некоторые элементы системы могут содержать нелинейные компоненты и подвергаться воздействиям окружающей среды, которые сложно учесть;
- трудности, связанные с проверкой надёжности проекта.

Второй подход заключается в разработке проекта на целевой платформе для проверки работоспособности и оценки производительности оборудования системы ЦОС в реальных

условиях. При реализации необходимо запустить для исследования одно- временно как само устройство, так и его модель, получить набор данных и сравнить полученные результаты. Этот подход, так же как и первый, имеет свои недостатки:

- обычно испытания системы производятся в предопределённых сценариях эксплуатации;
- на начальных этапах проектирования не всегда доступна конечная реализация оборудования системы;
- стоимость тестирования зависит от выбора оборудования;
- при неопределённости в выборе системных компонентов необходимо уделять особое внимание безопасности.

Подход HIL

Преимущества обоих подходов сочетает метод аппаратно-программного моделирования Hardware in the Loop (HIL, включение оборудования в петлю управления). Методология HIL [1–5] обеспечивает промежуточный уровень контроля разрабатываемых систем – между программным обеспечением моделирования и тестированием оборудования проекта. При использовании HIL-подхода проект разворачивается аппаратно и работает в режиме реального времени. При запуске модели в Simulink происходит её взаимодействие непосредственно с аппаратной реализацией проекта в ПЛИС, как единого целого в процессе моделирования. При этом рекурсивные алгоритмы, использующие обратные связи, являются простыми и точными. Например, при рекурсивной адаптивной фильтрации контуры управления и БИХ-фильтры обычно имеют обратные связи, как часть проекта. Эти устройства подвержены ошибкам, которые могут накапливаться и усиливаться при ите-

рациях, что может привести к неустойчивости проектируемой системы. HIL-подход с программным моделированием проекта позволяет обнаружить ошибки на ранних стадиях разработки системы.

С использованием HIL проектировщик разрабатывает систему ЦОС и запускает симуляции моделей, описывающих её аппаратные и программные составляющие, а окружающие систему компоненты (генераторы, датчики, измерительные устройства и т.д.) моделируются в программной среде. Рабочие данные могут быть загружены на ПК и проанализированы с использованием различных средств. Такая методика позволяет сочетать гибкость программного обеспечения с реальной точностью аппаратуры и ускорить выполнение разработки.

Традиционно проектирование системы ЦОС состоит из следующих этапов (это относится ко всем встроенным системам управления на базе микроконтроллеров и ПЛИС – *прим. ред.*):

- формализация технического задания (ТЗ) с разработкой структуры системы;
- построение математической модели (например, в среде MATLAB/Simulink) и моделирование системы;
- перевод математической модели проектируемой системы в текстовое описание с использованием, например, языка HDL (Verilog, VHDL);
- разработка тестов для проверки соответствия математической модели созданного HDL-описания проектируемой системы с последующим моделированием;
- реализация проекта на базе, например, ПЛИС с проверкой соответствия требуемых аппаратных затрат, быстродействия и т.д. требованиям, установленным ТЗ;
- отладка системы.

В основе методики аппаратно-программного моделирования проектируемых систем ЦОС лежит интеграция перечисленных этапов в единый итерационный цикл проектирования, с включением автоматизации процес-

са передачи данных (HDL-кода) между этапами математического описания проекта и от одной модели к другой.

Для перехода от математической модели к аппаратной реализации алгоритма функционирования проектируемой системы можно использовать программы Simulink HDL Coder от MathWorks из пакета MATLAB, Altera DSP Builder или Xilinx System Generator. MATLAB/Simulink является основной средой для моделирования и разработки систем ЦОС. Она позволяет осуществлять иерархическое моделирование большого, расширяемого набора блоков системы и снабжена открытым интерфейсом разработчика (API). В пакете MATLAB/Simulink для описания устройств могут использоваться встроенные языки М, С или параметризуемые модули из библиотеки Simulink. При переводе математической модели проектируемой системы в текстовое описание используется язык HDL.

Применение продуктов MathWorks для генерации встраиваемого кода позволяет:

- генерировать C/C++ код;
- интегрировать полученный код с кодом, написанным вручную;
- профилировать и осуществлять верификацию встраиваемого проекта на ПЛИС.

Также имеется возможность транслировать функционал модели системы ЦОС в представление Verilog и VHDL-код для ПЛИС. Используя пакеты Altera DSP Builder или Xilinx System Generator необходимо заменить стандартные блоки пакета Simulink на аналогичные из состава пакетов аппаратной разработки ПЛИС. В результате проектируемое устройство реализуется на целевой СБИС и выполняется совместное моделирование (алгоритм реализован на СБИС, а входные и выходные данные передаются, получаются и анализируются с помощью ПК в рамках пакета MATLAB/Simulink). Для проведения тестирования используется стандартный подход, реализованный в пакетах DSP Builder и System Generator – HIL. Полученные результаты должны совпадать с результатами, полученными при программном моделировании системы.

К преимуществам данной методики следует отнести автоматизацию процесса перехода от математической модели проектируемого устройства к его аппаратной реализации на основе генерации встраиваемого кода, что позволяет повысить производитель-

ность труда проектировщика и улучшить качество разработки.

Чтобы реализовать разработанные в MATLAB/Simulink алгоритмы на ПЛИС Altera, для создания, моделирования и верификации алгоритма в среде Simulink следует использовать DSP Builder от Altera. В библиотеке предусмотрены блоки для оценки выполнения алгоритма на устройствах Altera, генерации оптимизированного по времени кода HDL и верификации аппаратной реализации с применением эталонных моделей Simulink.

Блоки из библиотеки DSP Builder предоставляют возможность создать аппаратную реализацию моделируемой в Simulink системы. Для проверки соответствия математической модели созданного HDL-описания проектируемого устройства используется пакет Quartus II, а также специализированные платы с целевой ПЛИС и набором необходимых периферийных компонентов. Чтобы оценить реализацию алгоритма на ПЛИС в среде Simulink-Avalon следует использовать набор блоков Altera, выполненных с точностью до бита и такта, где реализованы арифметические и логические функции, интерфейсы памяти и схем распределения памяти и потоков. В проект может быть внедрён код HDL и модели из Altera MegaCore IP.

Оптимизация разработанной системы цифровой обработки сигналов под ПЛИС – длительный процесс, требующий применения технологических приёмов работы с кодом HDL. Набор блоков DSP Builder позволяет реализовывать оптимизированные под ПЛИС проекты за считанные минуты, не обращаясь непосредственно к коду HDL. Разработчик определяет ограничения высокого уровня, например, частоту синхронизации и число каналов модели Simulink. Далее при помощи DSP Builder генерируется RTL-схема с конвейерной организацией для оптимизации и использования выбранной ПЛИС. Расширенный набор блоков использует временное мультиплексирование для оптимизации используемой логики и позволяет автоматически внедрять конвейеры и регистры для учёта заданных ограничений. В результате полученный код для ПЛИС будет иметь характеристики, схожие с оптимизированным вручную кодом HDL.

Рекомендуемые этапы разработки включают синтез кода, компиляцию в рамках проекта Quartus II, модели-

Собака та же, но трюки новые



Новинка! MTR 50

Популярные
DC/DC-преобразователи
серии MTR® теперь
предлагают:

- на 20% шире диапазон входных напряжений – до 50 В
- на 60% больше импульсное напряжение на входе – до 80 В



Interpoint™ Products

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ
CRANE ELECTRONICS

ProSoft®

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

Реклама

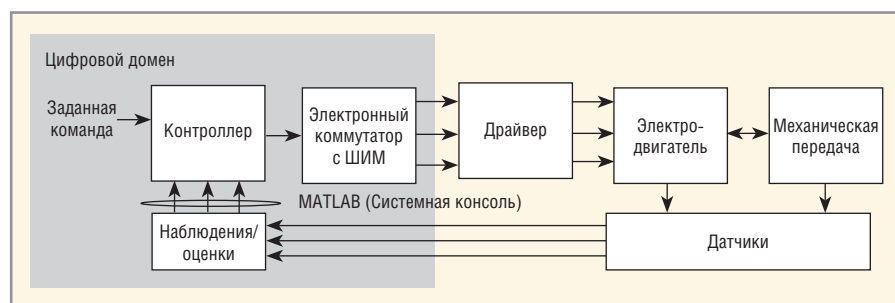


Рис. 1. HIL с MATLAB API проекта системы ЦОС привода электродвигателя

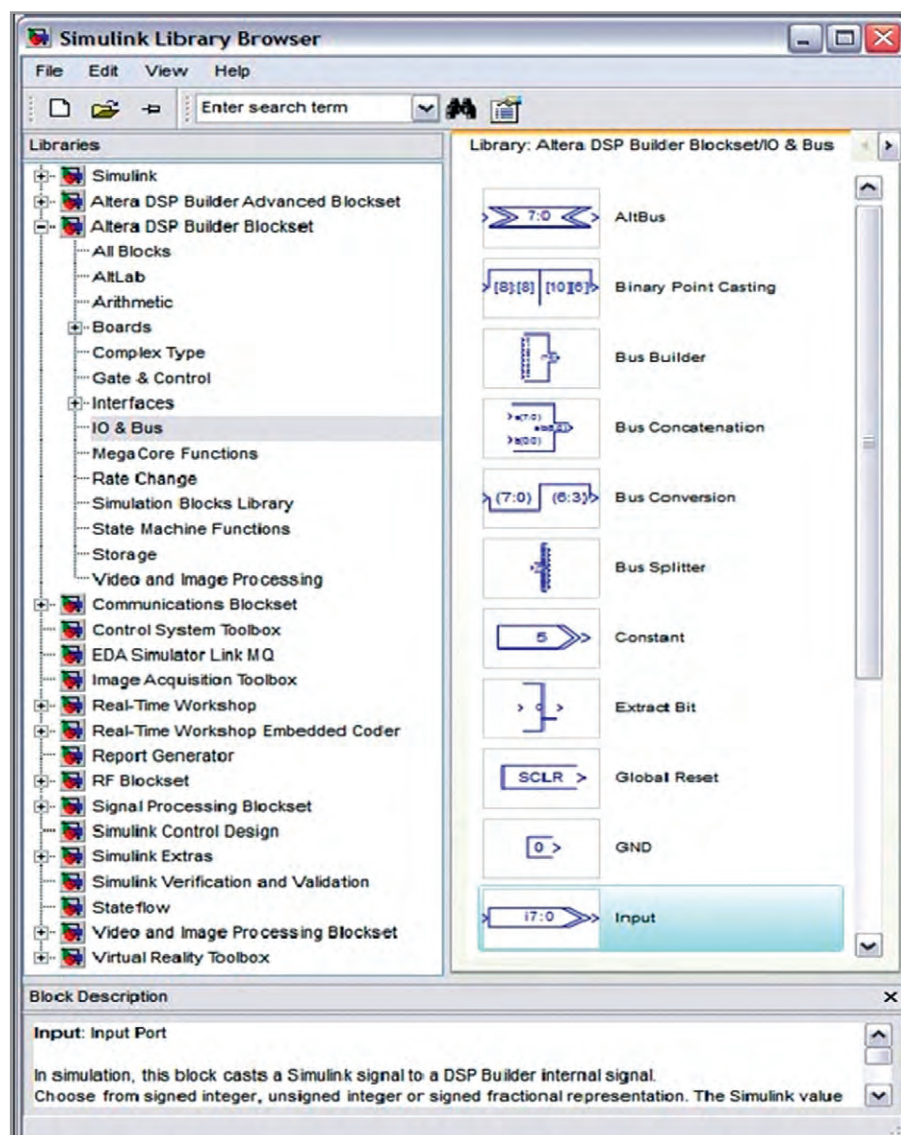


Рис. 2. Библиотека Altera DSP Builder Blockset в окне Simulink Library

Листинг 1. Пример скрипта MATLAB API

```
SystemConsole.refreshMasters; %Investigate available targets
M = SystemConsole.openMaster(1); %Creates connection with FPGA target
%%%%%% User Application %%%%%%%%%%
. . . . .
M.write('uint321/write_address/data'); %Send data to FPGA target
. . . . .
data = M.read('uint321/read_address,size); %Read data from FPGA
target
%%%%%%%%%%%%%%
M.close; %Terminates connection to FPGA target
```

рование с использованием автоматически сгенерированного экспериментального стенда HDL и загрузку программы на одну из поддерживаемых макетных плат. Для ускорения верификации с использованием средств визуализации и анализа Simulink следует компилировать проект по частям и выполнять параллельное моделирование на ПЛИС и эталонных моделях Simulink.

При использовании методик полнатурного и быстрого прототипирования, связанного с хост-компьютером, программное обеспечение ПК моделирует поведение тестируемого устройства, а внешние компоненты являются реальными устройствами. Это позволяет получить точные настройки проектируемой системы на основе моделей. Для инициирования и поддержания связи между двумя платформами коммуникационной инфраструктуры можно использовать ПЛИС на основе системной консоли (System Console), представляющей собой гибкую систему отладки проекта и позволяющей осуществлять операции записи/чтения в проектируемой системе. Для размещения разработки необходимо увязать проект с ПЛИС, обладающей также интерфейсом прикладного программирования (API) в среде MathWorks MATLAB/Simulink для обмена данными.

ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ MATLAB API

Интерфейс MATLAB API можно использовать в задачах проектирования при оценке проекта, а также для настройки ПЛИС. Его возможности наиболее полно проявляются в HIL-подходе, что позволяет создавать на ПК сложные варианты переборов данных в режиме реального времени и загружать их на целевую платформу ПЛИС, а также контролировать, отлаживать, визуализировать и верифицировать проект на ПЛИС в среде MATLAB.

Протокол MATLAB API представляет собой простой набор команд [6], позволяющий выполнять в реальном времени взаимодействие проекта на целевой ПЛИС с хост-компьютером с помощью отображенных в памяти операций, инициированных MATLAB. Операции захватывает специальный компонент с распределенной памятью (Avalon-MM). После обработки данных для ПЛИС результат загружается на хост-компьютер с помощью MATLAB API. При этом можно исполь-

зовать сложные методы анализа данных с последующим графическим отображением, доступным в MATLAB. Подход HIL с MATLAB API может быть использован для сравнения программной модели, теоретических результатов и предыдущих реализаций проекта. Пример скрипта MATLAB API приведён в листинге 1.

Гибкость MATLAB API позволяет применять его в Simulink при моделировании проекта, например, привода бесщёточного электродвигателя (см. рис. 1). Для связи проектируемого привода с ПЛИС в Simulink реализуются коммуникационные порты и применяются S-функциональные блоки из библиотеки Altera DSP Builder Blockset в окне Simulink Library (см. рис. 2). Эти блоки позволяют описать функциональные устройства проекта с использованием языка программирования высокого уровня (скрипты MATLAB, язык C). При моделировании в Simulink работоспособность блоков оценивается на основе цикла моделирования. MATLAB API использует фактическое описание S-функциональных блоков для записи/считывания данных

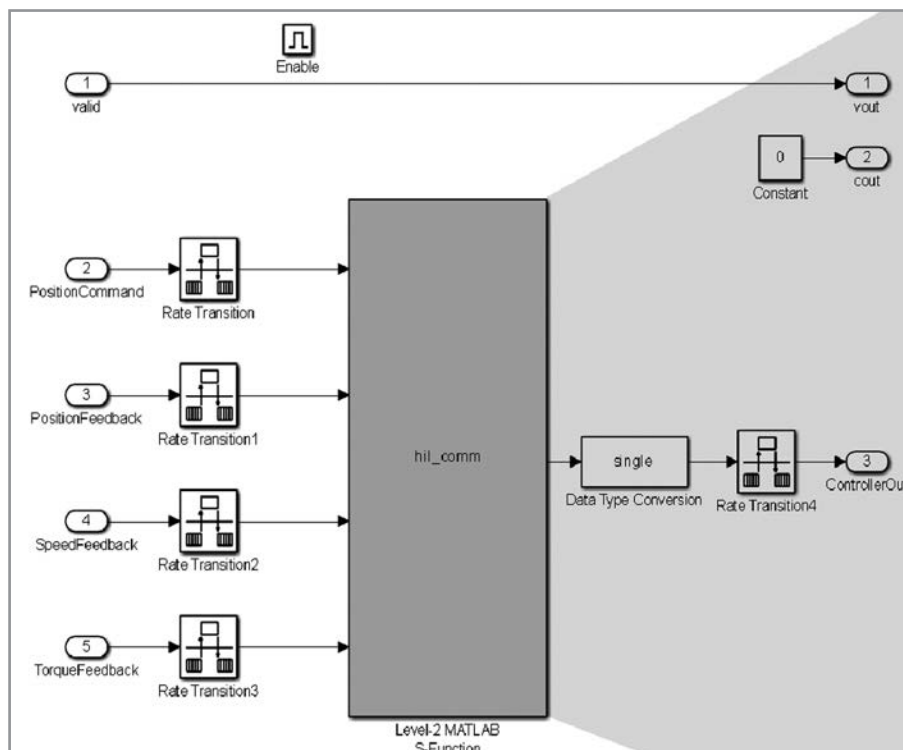


Рис. 3. Связь HIL с реализацией проекта с MATLAB Simulink

в ПЛИС. В листинге 2 приведён программный файл записи выборки данных в ПЛИС, где результаты обработ-

ки в ПЛИС считываются с помощью MATLAB API и становятся доступными блокам Simulink (см. рис. 3).



МИКРОСХЕМЫ ДЛЯ СВЕТОДИОДНЫХ ДРАЙВЕРОВ



MP4001 без гальванической развязки, внешний силовой ключ
MP4034 для драйверов с гальванической развязкой, встроенный силовой ключ 700 В

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ MPS

ProCHIP
POWERED BY PROSOFT

Активный компонент вашего бизнеса

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



Реклама

Листинг 2. Программный файл записи выборки данных в ПЛИС

```

1 function hil_comm(block)
2 setup(block);
3 %endfunction
4 function setup(block)
5 block.NumDialogPrms = 0;
6 %% Register number of input and output ports
7 block.NumInputPorts = 4;
8 block.NumOutputPorts = 1;
9 %% Setup functional port properties
10 block.InputPort(1).Dimensions = 1;
11 block.InputPort(1).DirectFeedthrough = false;
12 block.InputPort(1).DatatypeID = 1;
13 block.InputPort(2).Dimensions = 1;
14 block.InputPort(2).DirectFeedthrough = false;
15 block.InputPort(2).DatatypeID = 1;
16 block.InputPort(3).Dimensions = 1;
17 block.InputPort(3).DirectFeedthrough = false;
18 block.InputPort(3).DatatypeID = 1;
19 block.InputPort(4).Dimensions = 1;
20 block.InputPort(4).DirectFeedthrough = false;
21 block.InputPort(4).DatatypeID = 1;
22 block.OutputPort(1).Dimensions = 1;
23 block.OutputPort(1).DatatypeID = 1; %single
24 %% Set block sample time to inherited
25 global SimulinkSampleTime
26 block.SampleTimes = [SimulinkSampleTime 0];
27 %% Register methods
28 block.RegBlockMethod('Outputs', @Output);
29 block.RegBlockMethod('Terminate', @Terminate);
30 block.RegBlockMethod('Enable', @DoZnable);
31 %endfunction
32 function DoZnable(~)
33 SystemConsole.refreshHasters;
34 global M
35 global SysConIndexPath
36 M = SystemConsole.openMaster(SysConIndexPath); %may be need to
modify to ajust to hw
37
38 function Output(block)
39 global M
40 InputData = [];
41 for i = 1:4
42     InputData = [InputData block.InputPort(i).Data];
43 end
44 %assumes that all inputs are single precision
45 InputData = uint32(hex2dec(num2hex(InputData)));
46 H.write('uint32',uint32(0),InputData);
47 %toggle valid
48 M.write('uint32',uint32(4*4), 1);
49 M.write('uint32',uint32(4*4), 0);
50 block.OutputPort(1).Data = typecast(uint32(M.
read('uint32',uint32(5*4),1)), 'single');
51 %endfunction
52
53 function Terminate (~)
54 global M
55 if (ismethod(M,'close'))
56     M.close;
57 end

```

Проект системы ЦОС для привода электродвигателя реализуется в графической модели с помощью MATLAB/Simulink с использованием потактового моделирования. Применение подобной методологии для проекта на ПЛИС позволяет создать схему управления приводом электродвигателя путём моделирования в Simulink по генерируемому коду (см. рис. 4), а также обеспечить визуализацию результатов моделирования (см. рис. 5).

Аппаратная реализация модели привода электродвигателя (см. рис. 4) осуществлена с помощью технологии синтеза DSP Builder Advanced Blockset в Simulink для ПЛИС с использованием HIL [7]; DSP Builder, в данном случае, – это переводчик из графики Simulink в используемый HDL-код. Данная технология позволяет автоматически генерировать оптимизированный код регистровых передач (RTL), соответствующий уровню Simulink для описания проекта. Для проверки DSP Builder используется инструмент HIL. Собирается проект исследуемой системы, а затем создаётся «накрывающая» модель, где проектируемая система является HIL-подсистемой, отделённой от модельного пространства входами и выходами (Input и Output, соответственно).

Непосредственно из моделей может быть автоматически сгенерирован настраиваемый код VHDL или Verilog, которые используются на любой целевой вычислительной аппаратуре и синтезируются для реализации на ПЛИС. Код можно быстро модифицировать, обновляя модель и повторно выполняя автоматическую генерацию. Далее при помощи сторонних средств выполняется синтез, размещение, трассировка и загрузка окончательной версии проекта в ПЛИС.

Для верификации реализованного на ПЛИС алгоритма можно использовать модель Simulink при параллельном моделировании. Программа EDA Simulator Link позволяет исполнять реализацию на имитаторах HDL, например на ModelSim, применяемом в качестве эталонной модели. Сравнением результатов выполнения реализаций алгоритма определяется разница между полученным и желаемым поведением системы. Кроме этого, EDA Simulator Link позволяет проводить регрессионное тестирование и интерактивную отладку как в Simulink, так и в имитаторе HDL. Такой подход избавляет разработчика

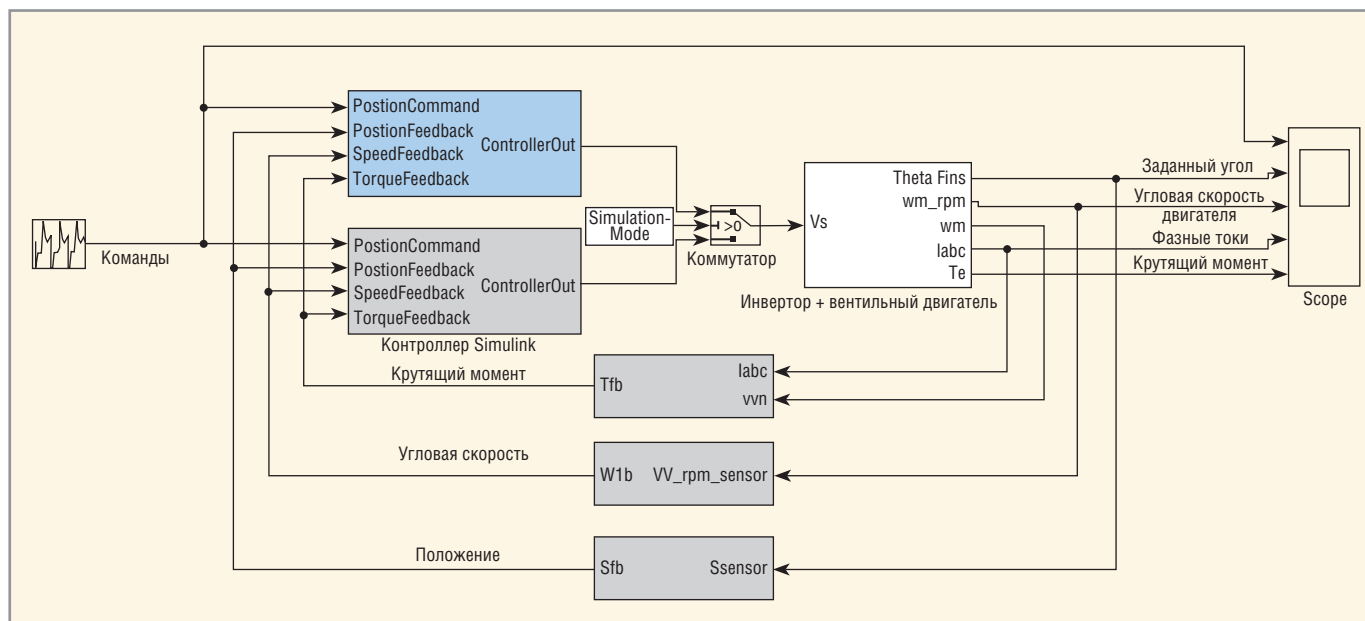


Рис. 4. Реализация системы ЦОС привода электродвигателя в Simulink с DSP Builder Advanced Blockset

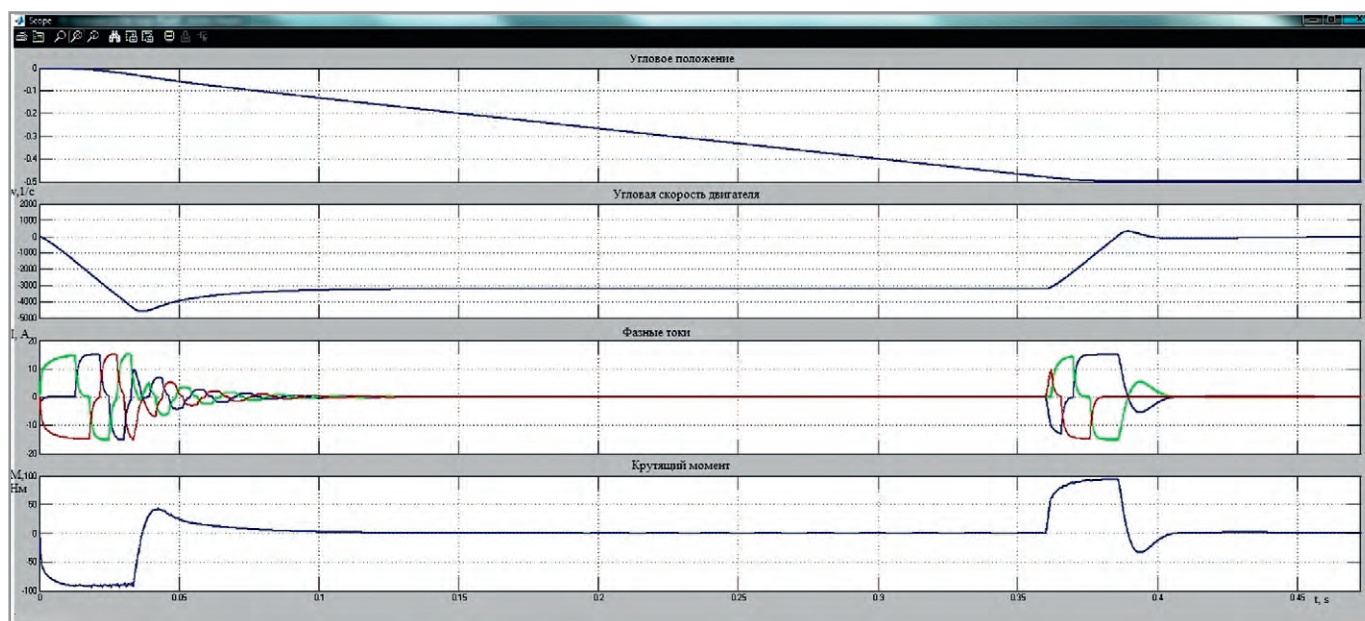


Рис. 5. Визуализация HIL-связи устройств модели привода электродвигателя в MATLAB/Simulink

от ручного переноса тестовых векторов из одной среды в другую и даёт возможность обнаружить ошибки на ранних стадиях проекта.

Для параллельного моделирования и верификации элементы моделей Simulink, созданные с применением System Generator для DSP, могут быть загружены на макетную плату и ассоциированы с соответствующим блоком в модели. Программа System Generator для DSP поддерживает интерфейсы Ethernet и JTAG для соединения аппаратной платформы и Simulink. Как уже было отмечено, одними из существенных преимуществ использования среды MATLAB/Simulink являются анализ данных и возможности визуализации. Реализация HIL с ПЛИС Altera и MATLAB

API позволяет осуществить анализ данных в реальном времени, а также ускорить время моделирования. Следует отметить, что с увеличением сложности проекта системы ЦОС, преимущества такой реализации становятся ещё более очевидными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Halvorsen Hans-Petter. Introduction to Hardware-in-Loop Simulation. Telemark University College. 2012.
2. Huang T., Robl J., Park K., Hwang J., Lee K. H., Lee K., Lee S.-J., Kim Y.-J. Development of HIL Systems for Active Brake Control Systems. SICE-ICASE International Joint Conference. 2006.
3. Raman S., Sivasankar N., Milam W., Stuart W., Nabi S. Design and Implementation of HIL

Simulators for Powertrain Control System Software Development. Proceedings of the American Control Conference. 1999.

4. Cebi A., Guvenc L., Demirci M., Karadeniz C., Kanar K., Guraslan E. A Low Cost, Portable Engine Electronic Control Unit Hardware-in-the-Loop Test System. Proceedings of the IEEE International Symposium on Industrial Electronics. 2005.
5. Du J., Wang Y., Yang C., Wang H. Hardware-in-the-Loop Simulation Approach to Testing Controller of Sequential Turbocharging System. Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics. 2007.
6. www.altera.com/literature/hb/qts/qts_qii53028.pdf.
7. www.altera.com/literature/hb/dsp/hb_dspb_std.pdf.



Лауреаты Нобелевской премии по физике 2014 года: И. Акасаки, Х. Аmano и С. Накамура

Андрей Туркин, Александр Юнович (Москва)

Нобелевская премия по физике 2014 года присуждена профессорам Исаму Акасаки и Хироши Аmano из Университета г. Нагоя (Япония), а также профессору Шуджи Накамура из Университета Калифорнии (США) за создание ярких синих светодиодов (СД) и, на их основе, СД белого свечения [1–3].

Решая фундаментальные задачи о квантовых структурах малой размерности в твёрдых телах, лауреаты Нобелевской премии по физике 2014 года дали старт революции в прикладной проблеме освещения, которая приведёт к значительной экономии электроэнергии. Присуждение премии в данном случае показывает, что нет жёсткой границы между фундаментальной и прикладной наукой, они действуют вместе как единое целое.

Исаму Акасаки (Isamu Akasaki) родился в 1929 году в г. Тиран (Япония), в 1952 году окончил Научную школу Университета Киото и начал карьеру в промышленности, а с 1959 года занялся исследовательской преподавательской работой в Университете г. Нагоя (Япония). В 1964 году получил там докторскую степень и параллельно возглавил лабораторию фундаментальных исследований компании Мацусито. В 1981 году стал профессором Университета г. Нагоя, а с 1992 года, выйдя на пенсию, – его почётным профессором и профессором Университета Мейджо (Япония).

Хироши Аmano (Hiroshi Amano), родившийся в 1960 году в г. Хама-

мацу (Япония), окончил инженерный факультет Университета г. Нагоя в 1983 году, остался там в аспирантуре и защитил диссертацию в 1989 году. С 1992 по 2010 годы работал в Университете Мейджо, став профессором в 2002 году, а затем вернулся в альма-матер на должность профессора.

Сюдзи Накамура (Shuji Nakamura), американский гражданин, уроженец японской префектуры Эхиме, родился в 1954 году. Учился в Университете г. Токусима (выпускник 1979 года), где в 1994 году защитил диссертацию по электротехнике. В 1979 году начал работать в компании «Ничия Кемикал» (Япония), выезжал на стажировку в США, а с 2000 года занял постоянную позицию профессора в Калифорнийском университете (Санта-Барбара). Имеет более 200 американских и 300 японских патентов.

И. Акасаки, Х. Аmano и С. Накамура совершили прорыв в создании ярких синих и «белых» светодиодов на основе гетероструктур с квантовыми ямами из нитрида галлия типа InGaN/AlGaIn/GaN [4, 5]. Светодиоды представляют собой полупроводниковые приборы – источники света, работа которых бази-

руется на преобразовании электрической энергии в световую [3]. Свет, отвечающий ширине запрещённой зоны, излучается при рекомбинации электронов, «накачанных» в зону проводимости, и оставшихся в валентной зоне дырок. В настоящее время излучение СД занимает широкий диапазон длин волн, от инфракрасного до ультрафиолетового. Первые СД были разработаны и созданы в 50–60-х годах XX в. в ряде лабораторий. Их длины волн излучения имели различные значения, но лежали в интервале от инфракрасного лишь до зелёного цвета. Чтобы получить с помощью таких источников синий цвет свечения понадобилось существенно больше времени – более 30 лет. Для этого нужно было разработать технологию выращивания кристаллов высокого качества на основе полупроводниковых материалов с большей шириной запрещённой зоны. Решать задачу пришлось на уровне высоких технологий: были созданы установки для роста кристаллов методом металлоорганической газовой эпитаксии, с помощью которых было обеспечено контролируемое легирование слоёв широкозонных полупроводников с *p*-типом проводимости.

Это стало возможным к концу 80-х годов прошлого века, когда удалось реализовать *p*-тип проводимости и создать большую концентрацию дырок в нитриде галлия (GaN), легированного акцептором магнием. Для получения эффективных светодиодных структур синего цвета свечения потребовалось также разработать технологии выращивания твёрдых растворов на основе InGaIn и AlGaIn с различным содержанием индия и алюминия и создания многослойных структур InGaIn/AlGaIn/GaN с активной областью малой толщины – *p-n*-гетеропереходом в структурах с квантовыми ямами.

Впервые излучение, генерируемое в твёрдом теле при протекании электрического тока, было обнаружено Генри Джозефом Раундом в 1907 году в лаборатории Гульельмо Маркони [6]. Раунд обнаружил, что свечение воз-



Исаму Акасаки



Хироши Аmano



Сюдзи Накамура

никает при приложении напряжения к точечному контакту металла с карборундом (SiC, карбидом кремния). При низких напряжениях наблюдался жёлтый свет, а с повышением напряжения добавлялись другие цвета. Советский физик Олег Владимирович Лосев также обнаружил этот эффект – в 1920–1930-х годах он подробно исследовал свечение полупроводника в контакте металл–полупроводник и отмечал: «Здесь происходит совершенно своеобразный электронный разряд, не имеющий, как показывает опыт, накалённых электродов». Свечение было «безынерционное», т.е. не имеющее заметного послесвечения. Лосев получил патент на «световое реле для быстрой телеграфной и телефонной связи, для передачи изображений на расстоянии» и назвал возможный прибор безынертным источником света. Это, по существу, было изобретением светодиода и предсказанием современной оптоэлектроники [4–7]. Стоит отметить, что данные результаты были получены задолго до создания современной электронной теории полупроводников.

Развитие физики твёрдого тела и особенно физики полупроводников в 1940-х годах позволило понять принцип работы *p-n*-переходов, что привело к изобретению транзистора в США в 1947 году (Нобелевская премия 1956 года У. Шокли, Дж. Бардина и У. Брэггана). Стало ясно, что *p-n*-переход, контакт двух областей соответственно с дырочным и электронным типом проводимости, может быть перспективным для излучения света. В 1951 году К. Леховец с коллегами в США [8] попытались объяснить электролюминесценцию в SiC как результат инжекции носителей на стыке полупроводника и металлического контакта с последующей излучательной рекомбинацией электронов и дырок. Однако наблюдаемая энергия фотона оказалась меньше ширины запрещённой зоны SiC, и авторы предположили, что излучательная рекомбинация, скорее всего, происходит на примесях или дефектах кристаллической решётки. В 1955 году инжекционная электролюминесценция была обнаружена в ряде полупроводниковых структур типа $A^{III}B^V$ [9]. В 1955–1956 годах Дж. Хейнс показал, что электролюминесценция наблюдается в германии и кремнии; она была объяснена излучательной рекомби-

нацией электронов и дырок в области *p-n*-перехода [6, 10].

За последующие несколько лет были разработаны методы, позволяющие создавать эффективные *p-n*-переходы в арсениде галлия (GaAs). Этот полупроводник – прямозонный, поэтому в нём велика вероятность рекомбинации электронов и дырок без участия фононов. (Термин «прямозонный» подразумевает, что в координатах квазиимпульс–энергия минимум зоны проводимости лежит точно над максимумом валентной зоны. Поскольку при переходе между этими состояниями квазиимпульс электрона не меняется, такие переходы могут происходить лишь с излучением фотонов, без участия фононов.) Ширина запрещённой зоны GaAs при комнатной температуре составляет 1,4 эВ, что соответствует излучению в инфракрасном диапазоне. Летом 1962 года появилось сообщение о наблюдении излучения в GaAs [11], а через несколько месяцев независимо и практически одновременно тремя исследовательскими группами было обнаружено и когерентное (лазерное) излучение в GaAs при температуре жидкого азота (77 К) [6]. Но прошло ещё несколько лет, прежде чем лазерные диоды получили широкое распространение.

Жорес Иванович Алфёров и его группа в Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе в 1960-х годах прошлого века исследовали гетероструктуры соединений типа $A^{III}B^V$ на основе арсенида галлия. Было показано, что в двойных гетероструктурах $Al_xGa_{1-x}As/GaAs/Al_xGa_{1-x}As$ эффективность излучательной рекомбинации – внутренний квантовый выход излучения – достигает 99,7%. За эти работы Ж.И. Алфёров (совместно с Г. Кремером) был удостоен Нобелевской премии 2000 года.

Появление гетероструктур позволило локализовать носители в квантовых ямах таких структур при одновременном снижении оптических потерь. Лазерные диоды стали работать в непрерывном режиме при комнатной температуре, что открыло дорогу для их использования в различных областях науки и техники.

В конце 1950-х годов начались исследования электролюминесценции фосфида галлия (GaP) [6, 9], ширина запрещённой зоны которого равняется 2,2 эВ. Определённые трудности на пути создания светодиодов на его основе возникли по причине того, что GaP – непрямозонный полупроводник и рекомбинация носителей

в нём возможна лишь с участием фононов, что снижает её вероятность и, как следствие, эффективность излучения. Скачок в создании эффективных СД на основе GaP был сделан параллельно тремя исследовательскими группами из Германии, Великобритании и США [6]. Использование различных легирующих примесей, например Zn-O или N, в разных концентрациях, позволили исследователям получить целый ряд длин волн излучения в диапазоне от красного до жёлто-зелёного цвета. К концу 1960-х годов многие производители в разных странах начали промышленно изготавливать красные и жёлто-зелёные СД на основе GaP [12].

У кристаллов твёрдых растворов $GaAs_{1-x}P_x$ длина волны излучения может быть короче, чем у аналогов из GaAs, и достигать видимого диапазона, в то время как запрещённая зона остаётся прямой для значения параметра x ниже 0,45. Н. Холонык младший с коллегами в конце 1950-х годов начали заниматься проблемой создания *p-n*-переходов на таких соединениях, и им удалось сделать из них СД. В 1962 году был создан лазерный диод с длиной волны излучения 710 нм, лежащей в красном диапазоне [6, 13].

Получение синего света в полупроводниковом кристалле оказалось значительно более трудной задачей. Ранние попытки построить источник синего света на базе непрямозонных материалов ZnSe и SiC успеха не имели. Материалом, который смог позволить разработать синие СД, стал нитрид галлия.

GaN – прямозонный полупроводник типа $A^{III}B^V$ со структурой кристаллической решётки типа вюрцита. Его выращивают на подложках из сапфира (Al_2O_3) или SiC, несмотря на различие постоянных кристаллической решётки. Для легирования GaN используют, например, кремний (для создания проводимости *n*-типа проводимости) и магний (для *p*-типа проводимости). Нелегированный GaN имеет *n*-тип проводимости, ширина его запрещённой зоны равна 3,4 эВ при комнатной температуре, что соответствует длине волны излучения в ультрафиолетовой области. К сожалению, легирование вносит изменения в технологический процесс роста GaN, по причине чего материал становится хрупким.

О создании эффективных источников излучения на основе GaN серьёзно думали несколько исследовательских групп уже в конце 1950-х годов.

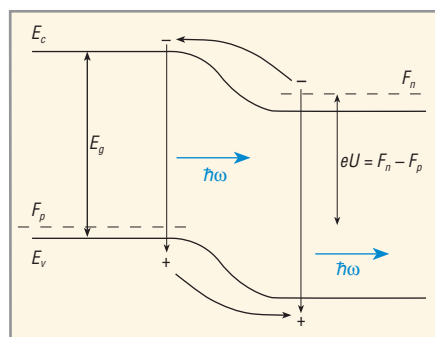


Рис. 1. Энергетическая диаграмма электронно-дырочного (p - n) перехода при приложении потенциала eU в прямом направлении. Стрелками показана инжекция электронов и дырок при прямом токе через переход и их последующая рекомбинация с излучением квантов света $\hbar\omega$. Здесь E_v – потолок валентной зоны, E_c – дно зоны проводимости, F_p и F_n – квазиуровни Ферми для дырок и электронов, соответственно. E_0 – ширина запрещенной зоны

Г. Гриммайс и Н. Кельманс получили эффективную фотолюминесценцию GaN в широком спектральном диапазоне, используя различные активаторы [6]. Но в то время вырастить кристаллы GaN было очень трудно, исследовались только небольшие порошковые образцы, а создать p - n -переход в таком материале технологически было невозможно.

Первые кристаллы GaN были выращены в конце 1960-х годов методом хлоридно-гидридной эпитаксии (HVPE) [6, 14]. Изучением технологии роста и легирования GaN с целью разработки синих светодиодов занимались ряд лабораторий в Соединённых Штатах, Японии и Европе [6, 15]. Возникшие проблемы казались непреодолимыми: шероховатость поверхности не контролировалась, большая концентрация примесей переходных металлов загрязняла выращенный материал. Легирование p -области акцепторными примесями сопровождалось компенсацией отрицательных ионов акцепторов положительными ионами водорода H^+ . Роль водорода в то время ещё не была изучена.

Ж.И. Панков, ведущий учёный в данной области, писал, что, несмотря на значительный прогресс в изучении GaN, произошедший в те годы, многое ещё только предстоит сделать [6]. Основными целями в технологии выращивания GaN, по его мнению, должны были быть синтез свободных монокристаллов, а также обеспечение эффективного легирования мелкими

акцепторами для достижения высоких концентраций дырок в материале p -типа.

В 1970-х годах были разработаны новые методы выращивания кристаллов, а именно молекулярно-лучевая эпитаксия (MBE) [6] и металлоорганическая газопазная эпитаксия (MOVPE) [6]. Были предприняты усилия по выращиванию GaN этими методами [6]. Исаму Акасаки начал изучать GaN в 1974 году, в то время он работал в Исследовательском центре компании «Мацусита» в Токио. В 1981 году он занял должность профессора в университете г. Нагоя и продолжил исследования GaN вместе с Хироси Аmano и другими сотрудниками. Первые кристаллы GaN высокого качества и с хорошими оптическими характеристиками были получены ими методом MOVPE в 1986 году [6, 15]. Прорыв стал результатом целой серии экспериментов и наблюдений. Тонкий (30 нм) слой из поликристаллического AlN осадил на подложке из сапфира при низкой температуре (500°C), а затем нагрели до температуры роста GaN (1000°C). В процессе нагрева слой приобретал текстуру мелких кристаллитов с определённой ориентацией, на которых можно было выращивать GaN. Плотность дислокаций растущего кристалла GaN вначале была высокой, но быстро уменьшалась после образования слоя толщиной в несколько микрометров. Исследователям удалось получить слои с поверхностью высокого качества, что было важно для последующего выращивания тонких многослойных структур. Кроме того, оказалось возможным растить слои n -GaN с существенно более низкой концентрацией электронов. Сюдзи Накамура, будучи сотрудником японской химической компании «Ничия Кемикал», позже разработал аналогичный метод, где AlN был заменён тонким слоем GaN, выращенным при низкой температуре [15].

Одной из основных проблем для изготовления p - n -переходов была трудность с легированием p -GaN – нужно было создать контролируемый технологический процесс, обеспечивающий большую концентрацию дырок.

На физическом факультете Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова в 1981–1982 годах группа Г.В. Сапарина и М.В. Чукичева показала, что в GaN возможна активация акцепторов Zn электронным пуч-

ком в растровом электронном микроскопе. Исследователи использовали это для оптической записи информации с шириной линии менее 1 мкм [15–17].

В конце 1980-х годов Акасаки, Аmano и их коллеги сделали важный дальнейший шаг в этом направлении. Они продемонстрировали, что с помощью сканирующего электронного микроскопа можно создать слой GaN с активированными акцепторами Zn [6, 15]. Подобным же образом облучение электронами приводило к улучшению излучающих свойств GaN, легированного акцепторами Mg [6, 15]. Это открытие стало важным прорывом на пути к созданию p - n -переходов в GaN.

Объяснение эффекта электронного облучения было дано как в работах МГУ [16, 17], так и в статье Накамуры и его коллег [18]. Ионы акцепторов Mg^+ или Zn^+ , образуют комплексы с ионами водорода H^+ , материал становится компенсированным. Иначе говоря, при легировании акцепторами дырки не образуются. Подобный эффект нейтрализации примесей водородом был известен из работ группы Панкова по другим материалам [6, 15]. Действие электронного пучка, нагревающего GaN:Mg до температур выше 400°C, разделяет комплексы Mg-H и активирует акцепторы. Накамура показал, что термическая обработка – отжиг в атмосфере азота N_2 – тоже приводит к активации акцепторов Mg.

Важнейшим шагом в разработке эффективных синих светодиодов было создание технологии выращивания и легирование p -типа твёрдых растворов на основе нитридов, AlGaIn и InGaIn, которые необходимы для получения гетероструктур. Такие гетероструктуры были созданы в начале 1990-х годов исследовательскими группами Акасаки и Накамуры [6, 15].

На рисунке 1 показана энергетическая диаграмма двойной гетероструктуры с p - n -переходом p -GaIn/In_xGa_{1-x}N/ n -GaIn при прямом токе. Дырки из p -области инжектируются в область In_xGa_{1-x}N с меньшей шириной запрещенной зоны и встречают потенциальный барьер, ограничивающий их инжекцию в n -область. В свою очередь, электроны из n -области инжектируются в область In_xGa_{1-x}N и встречают потенциальный барьер, ограничивающий их инжекцию в p -область (см. рис. 2).

Толщина потенциальной ямы d может быть сделана очень малой, срав-

нимой с длиной волны де Бройля для электронов. Энергетический спектр электронов и дырок в такой системе зависит от толщины d в соответствии с законами квантовой механики – здесь говорят о квантовой яме. Инжекция в квантовую яму приводит к большой концентрации электронно-дырочных пар, и в ней увеличивается вероятность излучательной рекомбинации. Акасаки и его коллеги разработали структуры на основе AlGaIn/GaN [1, 4, 6, 15]. Накамура с большим успехом использовал для создания гетеропереходов комбинации InGaIn/AlGaIn/GaN и InGaIn/GaN, делая на их основе одиночные и множественные квантовые ямы [2, 6, 15, 19]. В 1994 году Накамура и его коллеги добились значения квантового выхода излучения такой структуры с квантовыми ямами 2,7%, используя двойной гетеропереход InGaIn/AlGaIn/GaN (см. рис. 3) [18]. Эти важные первые шаги открыли путь к разработке эффективных синих светодиодов. Обе исследовательские группы из Японии продолжали развивать технологию производства синих светодиодов в сторону повышения эффективности и универсальности, а также расширения возможных приложений. Синее лазерное излучение на основе GaN-гетероструктур наблюдалось обеими группами в 1995–1996 годах [1, 2, 6]. Группа в МГУ показала, что в синих светодиодах Накамуры внешний квантовый выход излучения достигает 9% [20].

Современные эффективные СД на основе гетероструктур GaN и его твёрдых растворов стали результатом целой серии прорывов в физике полупроводниковых кристаллов и в физике излучающих устройств на основе полупроводниковых гетероструктур. Исследования оптических явлений в светодиодах позволили существенно повысить коэффициент вывода оптического излучения из прибора. История развития синих, зелёных, красных и «белых» СД показана на рисунке 4.

Успешная разработка эффективных СД привела к возможности создания белых источников света. Одним из способов получения белого света может быть использование свечения одновременно нескольких СД разного цвета, а именно красного, зелёного и синего (см. рис. 5а). Если в комбинации с синим светодиодным кристаллом использовать люминофоры, которые при возбуждении синим светом имеют либо жёлто-зелёную полосу свече-

ния, либо жёлто-зелёную с красным, то также возможно получить белый свет (см. рис. 5б и в). Подбирая различные люминофоры, относительную интенсивность синей и жёлто-зелёной полосы, добавляя дополнительный красный люминофор, можно менять цветовую температуру белого цвета. Таким образом, оттенок белого цвета можно изменять от «холодного» до «тёплого» диапазона. Один из вариантов получения белого цвета – возбуждение трёх люминофоров (красного, зелёного и синего) с помощью светодиодного кристалла УФ-диапазона (см. рис. 5г).

Стоит отметить, что в источниках света на основе СД в основном используются первые три упомянутых выше метода. Эти источники света, имеющие достаточно большой срок службы (более 50 тыс. часов), используются сейчас в качестве замены ламп накаливания и разрядных ламп в светотехнических изделиях.

Сегодня белые СД на базе GaN служат основными источниками света в дисплеях на основе жидких кристаллов – в компьютерных мониторах и экранах телевизоров, а также в большинстве мобильных устройств (телефонах, планшетах, ноутбуках и т.д.). Синие и ультрафиолетовые диодные лазеры из GaN также используются для записи в компакт-дисках DVD; они необходимы для хранения информации, включая музыку, фотографии и фильмы. Будущие применения могут включать в себя использование ультрафиолетовых СД на основе AlGaIn/GaN в системах очистки воды и воздуха, так как УФ-излучение обладает бактерицидным, противогрибковым и противовирусным действием.

В последнее время начался новый этап в развитии светодиодного освещения. В конце 2011 года светотехнические устройства со светодиодами из GaN превысили по световой отдаче традиционные источники освещения – лампы накаливания и разрядные лампы. Это означает революцию в светотехнике.

Коэффициент полезного действия лампочки накаливания, изобретённой в 1879 году Томасом Эдисоном, всего около 4%. Это соответствует значению световой отдачи ~16 лм/Вт. Световая отдача люминесцентной лампы, предложенной в 1900 году П. Купером Хьюиттом, достигает 70 лм/Вт. А у промышленно выпускаемых белых светодиодов этот параметр составляет более

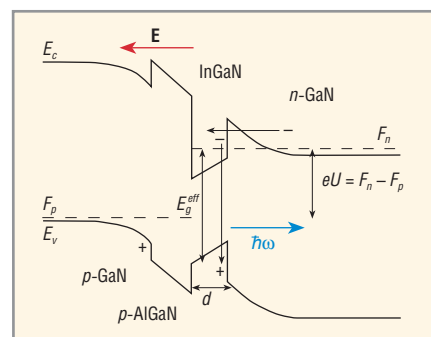


Рис. 2. Инжекция электронов и дырок в квантовую яму ширины d и излучательная рекомбинация в двойной гетероструктуре на основе нитрида галлия. E – напряжённость электрического поля

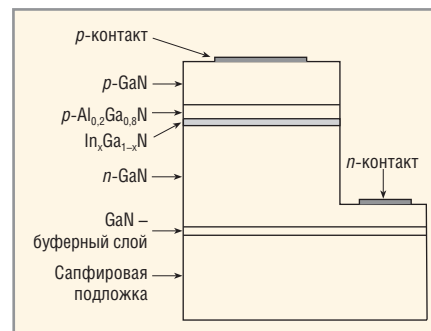


Рис. 3. Схема светодиодной гетероструктуры типа InGaIn/AlGaIn/GaN

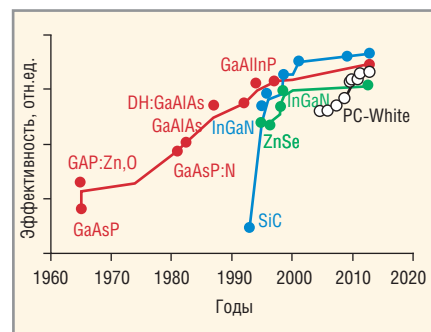


Рис. 4. История развития синих, зелёных, красных и «белых» СД

100 лм/Вт, у лучших промышленных образцов – порядка 140 лм/Вт. Рекордные значения световой отдачи белых светодиодов, достигнутые в лабораториях в 2014 году, превышают 300 лм/Вт, что соответствует КПД 50%.

Используемые для освещения белые светодиоды большей частью основаны на комбинации мощных синих кристаллов и различных люминофоров, преобразующих синий свет в белый. Помимо высокой эффективности СД имеют длительный срок службы. Стоимость светодиодов за последнее десятилетие упала в 20 раз, и они продолжают дешеветь; ожидается, что их цена в конце 2015 года станет меньше, чем у соответствующих эффективных люминесцентных ламп. Рынок свето-

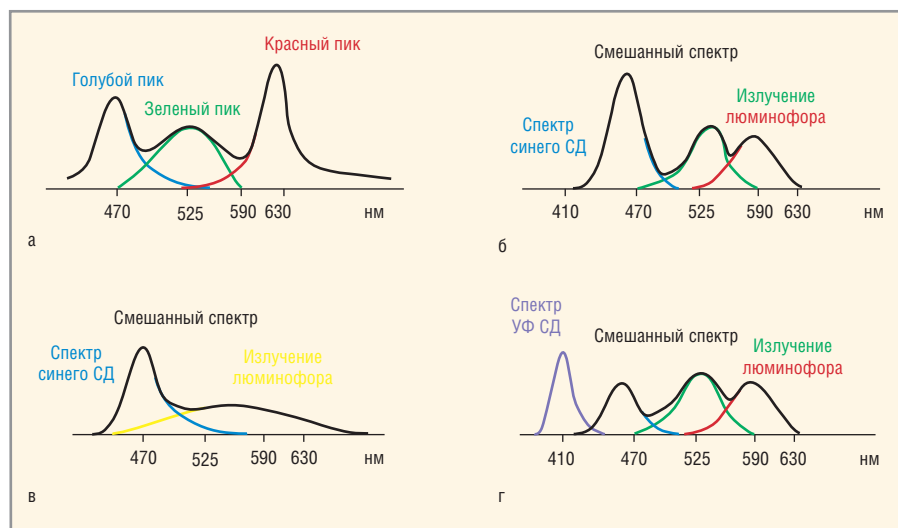


Рис. 5. Методы получения белого цвета с помощью светодиодов:

- а) комбинация нескольких СД разного цвета: красного, зелёного и синего;
 б) комбинация синего светодиодного кристалла с жёлто-зелёным люминофором;
 в) комбинация синего светодиодного кристалла с жёлто-зелёным и красным люминофором;
 г) комбинация УФ-кристалла с тремя люминофорами: синего, зелёного и красного цвета

диодных источников освещения переживает бум.

Заглядывая в будущее, можно предсказать, что трёхцветные и многоцветные сборки светодиодов также найдут свою нишу для применения в освещении. Это позволит создать динамическое управление цветовой композицией, что существенно расширит области применения светодиодных светотехнических устройств.

Замена обычных ламп, особенно ламп накаливания, на светодиодные приведёт к резкому снижению потребления электроэнергии (в промышленно развитых странах на освещение идёт около 20–30% всего энергопотребления).

Прежние технологии освещения будут заменены на новые, светодиодные. В странах с недостаточно развитыми электросетями или их вообще не имеющих можно использовать осветительные приборы на основе белых СД. Аккумуляторные источники питания для них будут заряжаться днём от солнечных батарей. В этом случае произойдёт переход от керосиновых ламп сразу к белым светодиодным лампам.

Подводя итог всему сказанному, ещё раз отметим, что работа нобелевских лауреатов 2014 года использовала решение фундаментальных задач о квантовых структурах малой размерности в твёрдых телах, в частности в полупроводниковых гетероструктурах, для решения прикладной проблемы экономии электроэнергии в освещении.

Исследования и разработки во всём мире, международная научная кооперация, поддержка правительствами ряда стран создали новую светодиодную промышленность. Светодиоды белого свечения уже стали основой светотехники настоящего и ближайшего будущего. Миллионы людей уже сейчас используют светодиодное освещение.

Поскольку энергия, потребляемая новыми источниками белого света, в 10 раз меньше, чем требующаяся для ламп накаливания, использование эффективных синих СД кристаллов приводит к существенной экономии электроэнергии. Это, несомненно, должно принести огромную пользу человечеству, не только заметно снизить энергопотребление, но и улучшить экологическую ситуацию.

Первая публикация данного материала состоялась в журнале «Природа», 2015, № 1, С. 75–81.

ЛИТЕРАТУРА

1. Akasaki I. and Amano H. Breakthroughs in Improving Crystal Quality of GaN and Invention of the *p-n* Junction Blue-LED. Jpn. J. Appl. Phys. 2006. 45. Pp. 9001–9010.
2. Nakamura S. and Krames M.R. History of Gallium-Nitride-Based Light-Emitting Diodes for Illumination. Proceeding of The IEEE. 2013. Pp. 1–10.
3. Юнович А.Э. Светодиоды на основе гетероструктур из GaN и его твёрдых растворов. Светотехника. 1996. №5/6. С. 2–7.
4. Юнович А.Э. Лауреат Премии Кюто 2009 года Исаму Акасаки и немного истории светодиодов. Светотехника. 2010. № 2. С. 65–66.

5. Рабинович О.И., Юнович А.Э. Об открытии полупроводниковых источников света (к истории создания светодиодов). Светотехника. 2014. № 3. С. 40–45.
6. Шуберт Ф.Е. Светодиоды. Перевод с английского под редакцией проф. А.Э. Юновича. М. ФизМатЛит. 2008.
7. Lossev O.V. Luminous Carborundum Detector and Detection Effect and Oscillations with Crystals. Philosophical Magazine. 1928. V. 6. Pp. 1024–1028.
8. Lebovec K., Accardo C.A. & Jamgochian E. Injected Light Emission of Silicon Carbide Crystals. Phys. Rev. 1951. V. 83. Pp. 603–607.
9. Wolff G.A., Hebert R.A. & Broder J.D. Electroluminescence of GaP. Phys. Rev. 1955. V.100. Pp. 1144–1148.
10. Braunstein R. Radiative Transitions in Semiconductors. Phys. Rev. 1955. V. 99. Pp. 1892–1893.
11. Pankove J.I. Tunneling-Assisted Photon Emission in Gallium Arsenide *p-n* Junctions. Phys. Rev. Lett. 1962. V. 9. Pp. 283–285.
12. Юнович А.Э. Излучательная рекомбинация и оптические свойства фосфида галлия. В сб. Излучательная рекомбинация в полупроводниках. М. Наука. 1972. С. 224–304.
13. Holonyak N. and Bevacqua S.F. Coherent (Visible) Light Emission from Ga(As_{1-x}P_x) Junctions. Appl. Phys. Lett. 1962. V. 1. Pp. 82–83.
14. Maruska H.P. & Tietjen J.J. The Preparation and Properties of Vapour-Deposited Single-Crystalline GaN. Appl. Phys. Lett. 1969. V. 15. Pp. 327–329.
15. Туркин А. Нитрид галлия как один из перспективных материалов в современной оптоэлектронике. Компоненты и Технологии. 2011. № 5. С. 6–10.
16. Четверикова И.Ф., Чукичев М.В., Храмов А.П. Оптические свойства нитрида галлия. Обзоры по электронной технике. 1982. Сер. 6. Вып. 1. Вып. 8.
17. Санарин Г.В., Обиден С.К., Четверикова И.Ф., Чукичев М.В. Бюллетень МГУ. Сер. 3. Физика и Астрономия. 1983. Т. 24. № 3.
18. Nakamura S., Iwasa N., Senoh M. and Mukai T. Hole Compensation Mechanism of P-Type GaN Films. Jpn. J. Appl. Phys. 1992. V. 31. Pp. 1258–1266.
19. Kudryashov V.E., Turkin A.N., Yunovich A.E., Zolina K.G., Nakamura S. Spectra of Super-bright Blue and Green InGaN/AlGaIn/GaN Light-Emitting Diodes. Journal of the European Ceramic Society. 1997. V. 17. Iss. 15–16. Pp. 2033–2037.
20. Туркин А.Н., Юнович А.Э. Измерения мощности излучения голубых и зелёных InGaIn/AlGaIn/GaN светодиодов с помощью фотопреобразователей из аморфного кремния. Письма в ЖТФ. 1996. Т. 22. Вып. 23. С. 82–86.

Электроника

13-15 мая 2015 г.

Транспорт



Москва
ВВЦ Сокольники

9-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

Информационные технологии для транспорта и транспортной инфраструктуры

Тематика:

- Системы диспетчеризации и управления транспортным парком (грузовые автоперевозки, пассажирский транспорт, такси, спецтранспорт)
- Комплексы навигации и связи
- Системы безопасности и видеонаблюдения
- Системы контроля пассажиропотока и оплаты проезда
- Технологии снижения расхода топлива
- Информационно-развлекательные комплексы
- Автоматика, телемеханика
- Измерительные и диагностические приборы
- Силовая электроника для транспорта
- Электронные, электротехнические компоненты

В рамках:

13-16 мая 2015 / Москва, ВВЦ



Российской
недели
общественного транспорта

Конференции и семинары:

- “Практические особенности внедрения навигационно-информационных технологий на современном транспортном предприятии”, тел. +7(495) 66-324-66,
- “Электронные модули и компоненты для транспортного приборостроения и машиностроения”,
- “Технологии оплаты проезда и учета пассажиропотока”,
- “Современные системы управления движением пассажирского транспорта”.



Оргкомитет:

+7(495) 287-4412

<http://www.e-transport.ru>

Поддержка:



«Силовая Электроника 2014»

С 25 по 27 ноября 2014 г. в Москве, в МВЦ «Крокус Экспо» состоялась 11-я Международная выставка компонентов и систем для силовой электроники «Силовая Электроника». Организатором выступила международная выставочная компания «ПРИМЭКСПО», входящая в группу компаний ITE.



«Силовая Электроника» – единственная специализированная выставка в России, которая демонстрирует полный спектр разработок и готовых решений в области силовой электроники для энергетики и энергосбережения, транспортного машиностроения и авиастроения, военно-промышленного комплекса, металлургии, строительства и других секторов экономики.

В 2014 году площадь выставочной экспозиции составила 1627 м². Мероприятие посетили 1902 специалиста из 19 стран и 40 регионов России. Участниками выставки стали 106 компаний из России, Германии, Франции, Италии,

Израиля, Пакистана, США, Китая, Японии, Швеции и Швейцарии.

В очередной раз на выставке была представлена специальная экспозиция «Молодая силовая электроника России», где молодые учёные продемонстрировали свои разработки наравне с крупнейшими российскими и зарубежными производителями. Участники проекта – аспиранты и студенты кафедры «Электроника и наноэлектроника» Московского института электроники и математики Национального исследовательского университета Высшая школа экономики (МИЭМ НИУ ВШЭ) и Московского авиационного института.

Впервые в рамках деловой программы выставки состоялся семинар «Цифровое и аналого-цифровое управление импульсными преобразователями электроэнергии». Организатором семинара выступил Информационно-аналитический «Центр современной электроники». На семинаре были представлены методы построения и реализации цифроаналоговых систем управления высокочастотными DC/DC- и AC/DC-преобразователями электроэнергии с новыми свойствами. Также были рассмотрены современные и новые топологии преобразователей, работающих на частотах переключения от нескольких сотен килогерц,



которые используются в широком диапазоне мощностей, начиная от долей ватт. В аудитории семинара за выступлениями докладчиков внимательно следили 73 слушателя.

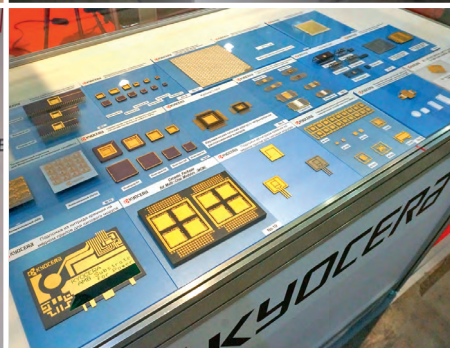
26 ноября состоялся День высокой моды силовой электроники, в рамках которого прошли семинары и презентации мировых производителей и дистрибьюторов: PT Electronics, Аргус-софт Компании, ОАО «Электровыпрямитель», SEMIKRON, Mitsubishi Electric Europe B.V. и Infineon Technologies RUS.

Выставочный стенд российского разработчика и производителя радиоэлектронной аппаратуры ЗАО «Связь инжиниринг», оформленный в рамках ассоциации «Электропитания», предлагал специалистам ознакомиться с комплексными решениями для защиты электропитания постоянного и переменного тока. Из новых продуктов были представлены силовые блоки для ИБП постоянного тока 9-го поколения с высоким КПД (95%). Они построены по резонансной схеме и выпускаются в номинальных мощностях 500 и 2000 Вт. Для безопасной эксплуатации в конструкции реализована гальваническая развязка входа и выхода. Принципиально новым является исполнение корректора коэффициента мощности на 32-разрядном цифровом сигнальном процессоре (DSP). Благодаря повышению эффективности преобразования в новых блоках обеспечивается не только экономия электроэнергии, но применены управляемые вентиляторы с меньшим уровнем акустического шума. Новые силовые блоки будут иметь длительный срок службы до 20 лет при наработке на отказ не менее 400 000 часов.

На стенде компании ПРОЧИП были представлены: программируемые источники питания TDK-Lambda – популярные серии GEN, ZUP и серия Z+, модели которой характеризуются выходным напряжением до 650 В при компактных размерах; высокоэффективные AC/DC-источники питания XP Power серии GCS250 (мощностью до 250 Вт и КПД до 93%) в различных конструктивных исполнениях; радиационно-стойкие DC/DC-преобразователи Interpoint (производства компании CRANE Aerospace & Electronics) для применения в аппаратуре космических аппаратов. Согласно новым экспортным правилам, модели радиационно-стойких модулей со значением суммарной накопленной дозы 30 крад (Si) будут поставляться в Россию без необ-



аплизаторы сигналов
раторы сигналов
лизаторы цепей
ллографы
Р
ые приборы
нт, поверка,
бровка





ходимости оформления лицензии Министерства торговли США.

Впервые на выставке на стенде компании ПРОЧИП были продемонстрированы опытные изделия Научно-производственного предприятия «АРБЕЛОС», специализирующегося на производстве высоконадёжных отечественных источников питания и модулей. Посетителей познакомили с производствен-

ными планами НПП «АРБЕЛОС» и техническими особенностями гибридных DC/DC-преобразователей серий АЭ27-30 (мощностью 30 Вт) и трёхфазных источников питания АС115-32К для авиационной аппаратуры (мощностью 2 кВт), производимыми в рамках программы импортозамещения.

Выставка «Силовая Электроника» является хорошей площадкой для встре-

чи и обмена опытом представителям научных, технологических и производственных предприятий России. Именно здесь можно продемонстрировать современные схемотехнические решения и компонентно-технологическую базу. Это необходимые составляющие для решения насущных задач национальной экономики по актуальной сейчас теме импортозамещения.

12-я Международная выставка компонентов и систем для силовой электроники «Силовая Электроника» состоится с 24 по 26 ноября 2015 г. в Москве, в МВЦ «Крокус Экспо».

www.powerelectronics.ru

ВСЕ ЦВЕТ
ЭЛЕКТРОНИКИ

ufi
Approved
Event

Е•Х•Р•О ELECTRONICA



18-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ
И КОМПЛЕКТУЮЩИХ

Реклама

Совместно с выставкой



Забронируйте стенд!
www.expoelectronica.ru

24–26 марта 2015

МОСКВА
КРОКУС ЭКСПО

Организаторы:



primexpo



ITE GROUP PLC

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

При содействии:



0+

Ежегодный семинар «Среда Keysight»

Осенью 2014 года в Москве прошёл ежегодный трёхдневный семинар Keysight Technologies. Проводимый в 14-й раз, семинар собрал рекордное количество участников – 300 специалистов.

Познакомиться с новинками контрольно-измерительного оборудования для телекоммуникационной отрасли, радиоизмерений, приборами общего назначения пришли ведущие специалисты из оборонной и аэрокосмической отраслей, представители научно-исследовательских институтов, вузов, ведущие операторы мобильной и проводной связи.

Традиционно каждая сессия была посвящена определённой тематике.

Первая сессия состоялась 15 октября. На ней были представлены новейшие достижения в области осциллографии, цифрового анализа и измерения оптических сигналов – две новейших серии осциллографов (серии 6000X и S-серии), выпущенные весной 2014 года. Эти приборы установили новые стандарты по производительности, функциональным возможностям, удобству эксплуатации и стоимости. Специалисты Keysight рассказали о широком спектре решений для тестирования оптических устройств, начиная от относи-

тельно простых лазеров до систем анализа оптической модуляции.

Вторая сессия, 22 октября, была посвящена модульным приборам, выпущенным осенью 2014 года:

- векторный анализатор сигналов в формате PXIe M9393A;
- серия 2-портовых векторных анализаторов цепей в формате PXIe M937xA;
- 4-канальный генератор сигналов произвольной формы в формате AXIe M8195A;
- векторный анализатор сигналов CXA-m с диапазоном частот до 26,5 ГГц, выполненный в формате PXIe.

В 2014 году компания была удостоена награды Global PXI Instrumentation Growth Excellence Leadership Award по результатам исследования Frost & Sullivan.

26 ноября на сессии, посвящённой радиоизмерениям, по уже сложившейся традиции – самой многолюдной, выступил Максим Афанасьев, руководитель подразделения по работе с ключевы-

ми заказчиками в оборонной промышленности Keysight Technologies. Именно он подвёл итоги ушедшего 2014 года, обозначил планы развития компании в России и в мире, поделился многочисленными достижениями за прошедший год.

В ходе третьей сессии состоялась российская премьера новейшего анализатора сигналов серии UXA – лучшего анализатора сигналов на рынке и в 75-летней истории HP/Agilent/Keysight. Анализатор UXA имеет лучшие в отрасли показатели по фазовым шумам, а также полосу демодуляции и анализа в режиме реального времени до 510 МГц. Сочетание этих возможностей с большим сенсорным дисплеем позволяет обеспечить более детальное представление трудноуловимых широкополосных сигналов.

В формате семинаров специалистами Keysight были представлены последние разработки в области генерации сигналов, анализа цепей, измерения мощности, векторного анализа сигналов.

Благодаря выступлениям сотрудников компаний-партнёров, занимающихся разработкой и интеграцией комплексных измерительных решений, слушатели смогли познакомиться с примерами построения измеритель-



ных систем для оборонной и аэрокосмической промышленности.

Специалисты ФГУП ЦНИРТИ имени академика А.И. Берга поделились опытом построения систем измерения параметров антенн и продемонстрировали макет безэховой камеры.

Елена Кириленко, инженер компании Maury Microwave, представила системы измерения параметров не 50-омных СВЧ-устройств на базе анализаторов цепей Keysight и модулей Maury Microwave (измерение шумовых параметров, X-параметры в импульсных режимах, измерения с переменной нагрузкой).

Рубен Завада, Cascade Microtech, рассказал о глобальном соглашении между компаниями Keysight Technologies и Cascade Microtech о взаимодействии при построении комплексных систем тестирования на подложках с гарантией функциональности и работоспособности.

Алексей Кривов, генеральный директор компании «Радиолайн», представил решения по автоматизации измерений, прикладное ПО и рассказал о построении автоматизированных радиоизмерительных комплексов.

Несомненный интерес аудитории вызвала возможность проведения практических измерений: в отдельном зале был оборудован целый ряд измерительных стендов, на которых участники смогли протестировать свои собственные разработки, провести испытания параметров блоков, модулей, узлов на демонстрационном оборудовании Keysight, а инженеры Keysight, Maury Microwave, Cascade Microtech ответили на вопросы по конкретным задачам клиентов и помогли заprotocolировать результаты измерений.

Наибольший интерес вызвали измерительные стенды «Формирование локационных сигналов», «Измерение фазовых и амплитудных шумов», «Режим анализа в реальном времени на новом анализаторе UXA», «Измерения на пластинах с помощью зондовой станции Cascade Microtech».

В завершение семинара состоялся праздничный фуршет, главным сюрпризом которого стал 20-килограммовый торт, выполненный в виде анализатора сигналов серии UXA.

Ежегодный семинар Keysight Technologies по новинкам контрольно-измерительных технологий – самое крупное мероприятие в отрасли. Эту традицию компания будет поддерживать и далее.

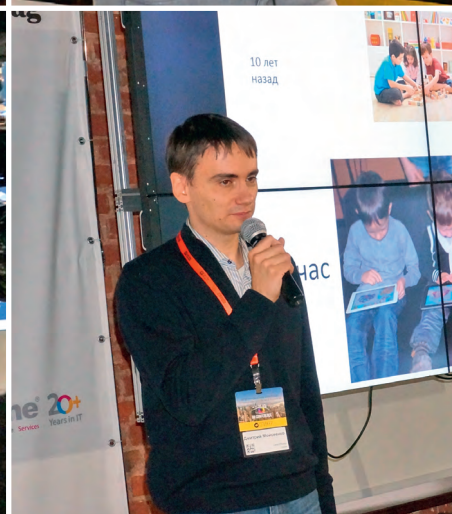


AR Conference: дополненная реальность в Москве

Только один день – 14 ноября 2014 года – в Москве проходило единственное отраслевое мероприятие в сфере технологий дополненной реальности – AR Conference. В конференции приняли участие известные спикеры, опытные эксперты и лидеры рынка, которые рассказали о трендах и ключевых аспектах применения AR-технологий в разных сферах бизнеса и науки, представили лучшие кейсы с использованием данных технологий и провели обзор нателных AR-гаджетов. Открыл мероприятие креативный директор NordicAgency AB – Леонид Бугаев, а модератором всей конференции выступил сооснователь и креативный директор PlayDisplay – Андрей Судариков. Демозона удивила гостей разнообразием сфер бизнеса, где уже применяются AR-технологии, а также небывалыми возможностями, которые открывает их использование.

<http://ar-conf.ru>





Очки JINS MEME отслеживают движение глаз, моргание, движение тела

За последний год появилось немало разнообразных фитнес-трекеров, и международная выставка CES 2015 также продемонстрировала множество носимых технологий. Но, как правило, все эти трекеры созданы для того, чтобы носить их на запястье. И очень приятно увидеть нечто свежее.

JINS, популярный японский производитель очков, разработал «умные» очки под названием JINS MEME, которые в отличие от Google Glass выглядят в первую очередь именно как очки.

JINS MEME имеет несколько интересных сенсоров, встроенных в стильную оправу. Гироскоп и акселерометр могут ощущать движение и положение тела.

Самое интересное – это наличие трёхточечных сенсоров для электроокулографии (ЭОГ). Эта наука позволяет измерить потенциалы напряжения между передней и задней частью глаза, а сенсоры записывают движение глаза и помогают диагностировать различные офтальмологические заболевания.

На данный момент JINS MEME представляет собой платформу с большим количеством возможных приложений. Сенсоры движения могут служить более точным фитнес-трекером, и гироскоп поможет исправить осанку.

ЭОГ-сенсоры помогут водителям, так как будут отслеживать движение глаз и моргание, чтобы понять уровень усталости.

Проблемы со зрением, заболевания глаз, и даже неврологические болезни – всё это может контролироваться.

JINS проводит конкурс среди программистов на создание мобильных приложений, полезных для JINS MEME.

Для исследователей, занимающихся изучением движения глаз и головы, предусмотрена возможность зарезервировать для себя «академический» набор.

Для остальных потребителей очки пока не будут доступны в продаже, однако JINS обещает, что ждать осталось недолго.

www.gizmonews.ru



Устройство для диагностирования инсульта от Samsung

Мониторинг мозговой деятельности при помощи ЭЭГ – это уже не новый метод. И прогресс в данной технологии может позволить следить за функционированием большей части мозга, что на данный момент сделать не так легко. Компания Samsung продолжает собственное развитие не только в сфере бытовой электроники, но и в медицине.



На данный момент корейская компания работает над носимым ЭЭГ-шлемом, который может быть использован пациентами для обнаружения признаков инсульта, а также для измерения уровней стресса, анализа сна и других параметров здоровья мозга, которые в большей части не измеряются.

Прибор будет синхронизироваться со смартфоном или планшетом пользователя для отображения результатов ЭЭГ, которые можно получить в течение минуты.

Разработчики уверяют, что сенсоры их прибора способны принимать сигнал гораздо более высокого качества, чем существующие ЭЭГ-шлемы, благодаря инновационным сухим электродам, созданным из абсолютно нового материала, найденного командой. Материал на ощупь как резина, с высокой проводимостью, и не требует гелей или солевых растворов для создания более качественного соединения со скальпом головы.

Что касается программного обеспечения, команда Samsung разработала алгоритм, который сопоставляет конкретный ЭЭГ-скан с предыдущими анализами признаков инсульта. Используя обработку сигналов и методы искусственного интеллекта, алгоритм нацелен на улавливание сигнальных признаков инсульта. Даже те люди, которые подозревают у себя наличие микроинсульта, могут также воспользоваться девайсом от Samsung. Более того, сухие электроды в будущем могут быть встроены в очки или наушники, что тоже позволит осуществлять определённый

анализ мозговой деятельности. Также компания планирует, что их детище сможет делать и анализы электрокардиограммы, не только ЭЭГ.

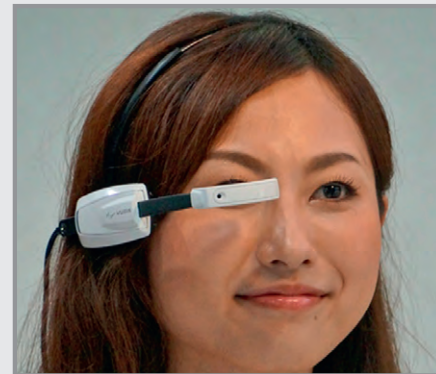
www.gizmonews.ru

25 миллионов долларов в Vuzix

Компания Intel, известная своими процессорами для настольных ПК и мобильных устройств, инвестирует \$25 млн в компанию Vuzix. Она занимается разработкой технологий для очков дополненной реальности, таких как Google Glass и им подобных. Чипмейкер очень заинтересован в наличии его процессоров в устройствах подобного рода.

Как сообщается, Intel стала не только инвестором Vuzix, но и одновременно её акционером, поскольку указанная сумма была получена компанией в обмен на 30-процентный пакет её акций.

Intel очень приглянулись разработки Vuzix, причём не только патенты и технологии, но и реально существующие гаджеты. Сейчас эта фирма работает над созданием собственных очков дополненной реальности, которые, по словам производителя, будут намного более интересными в плане функционала по сравнению с ныне существующими моделями. Вполне возможно, что устройство будет представлено уже в этом году.



В том, что разработка Vuzix действительно окажется интересной для широких масс пользователей, можно не сомневаться, поскольку Intel никогда не инвестирует средства, тем более столь значительные, в заранее проигрышные проекты. Напомним также, что разработкой умных очков дополненной реальности заняты многие крупные компании, среди которых Lenovo и Huawei. Что же до Google Glass, то эти очки при стоимости \$1500 и нулевом функционале практически никого не заинтересовали.

<http://mbdevice.ru/>

12+
реклама



С В Я З Ь Э К С П О К О М М 2 0 1 5

12–15 мая



Организаторы:

- ЗАО «Экспоцентр»
- Фирма «И.Джей.Краузе энд Ассоузиэйтс, Инк.» (США)

При поддержке:

- Министерства связи и массовых коммуникаций РФ
- Министерства промышленности и торговли РФ
- Федерального агентства связи (Россвязь)
- Правительства Москвы

Под патронатом

Торгово-промышленной палаты РФ

27-я международная
выставка
телекоммуникационного
оборудования,
систем управления,
информационных
технологий и услуг связи

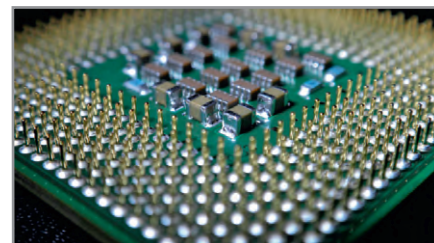
Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»

www.sviaz-expocomm.ru

Некоторые итоги программы «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники»

Владимир Бартенев (Москва)

В наступившем новом 2015 году, когда в условиях введённых жёстких экономических санкций против России западными странами во главе с США проблема импортозамещения особенно в радиоэлектронике обострилась как никогда, целесообразно подвести некоторые итоги реализации федеральной целевой программы «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники» на 2008–2015 гг.



ВВЕДЕНИЕ

Радиоэлектроника – основа экономического благополучия и обороноспособности развитых стран. В России, несмотря на отставание, возникшее после распада СССР, расходы на информационные технологии растут стремительными темпами. Вместе с тем, сейчас в России производство электронных компонент, в первую очередь изделий микроэлектроники, не соответствует современным требованиям. А это грозит всем отраслям промышленности нашей страны потерей конкурентоспособности, сказывается на развитии инновационных технологий и, самое главное, угрожает обороноспособности России. Этот технологический вызов потребовал от Правительства РФ принятия экстренных мер по преодолению кризиса в электронике. В данной статье предпринята попытка анализа действий и планов Правительства России по возрождению отечественной электроники и тех изменений в отрасли, которые произошли за прошедшие несколько лет с момента принятия в 2006 году Федеральной целевой программы «Национальная технологическая база» с подпрограммой «Развитие электронной компонентной базы» на 2007–2011 гг., которая затем была продлена до 2015 года [1].

До 1990 года средства вооружений, военная и специальная техника (ВВСТ), как и гражданская продукция, были на 100% укомплектованы отечественной электронной компонентной базой (ЭКБ). Объём серийных поставок всей номенклатуры ЭКБ (свыше 20 тыс. наименований) составлял около 100 млрд руб. в сопоставимых ценах. Сегодня при произ-

водстве военной и специальной продукции используется практически полностью импортная ЭКБ. Только 3% ЭКБ, применяемой в ВВСТ, разработано после 1990 года. При этом в спецтехнике используются электронные компоненты 80-х и даже 70-х годов. Для преодоления сложившейся в отечественной электронике катастрофической ситуации по поручению Президента РФ В.В. Путина, решениями Правительства и Совета Безопасности РФ в 2006 году была подготовлена «Стратегия развития отечественной электронной промышленности» [2]. Она входит в программу научного и технологического развития российской экономики до 2025 года. Стратегия определяет ключевые направления развития отечественной электроники и основные механизмы её возрождения.

Программы Правительства РФ по возрождению отечественной радиоэлектроники

Правительство РФ в сентябре 2006 года одобрило, а Постановлением от 29 января 2007 г. №54 утвердило федеральную целевую программу «Национальная технологическая база» на 2007–2011 гг., в состав которой входит подпрограмма «Развитие электронной компонентной базы» на 2007–2011 гг. В дальнейшем распоряжением от 23 июля 2007 года №972-р Правительство РФ утвердило концепцию федеральной целевой программы (ФЦП) «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники» на 2008–2015 гг.» [3], а 21 ноября того же года Правительство РФ одобрило федеральную целевую программу (ФЦП) по развитию российской элек-

троники. Срок действия программы – до 2015 года [4]. Именно в это время Министерство экономического развития прогнозировало глобальный технологический скачок. До 2015 года Россия должна была потратить на развитие электронной компонентной базы 110 млрд руб.: 60% средств потратят на НИОКР, а 40% – на капитальные расходы. По замыслу бывшего теперь уже министра Христенко эти деньги должны были помочь России войти в некий «Мировой клуб производителей электронной продукции» уже в 2013 году. Иными словами, Христенко считал, что уже к 2011 году отставание России от других стран будет сокращено, а российская электроника начнёт на равных конкурировать с зарубежными аналогами. При этом отнюдь не фантастикой, по мнению Христенко, являлись планы министерства к 2015 году заполнить половину российского рынка электроники отечественными разработками. Сам рынок к этому времени составил бы 600 млрд руб. Это звучало тем более фантастично, если принять во внимание тот факт, что в 2007 году российские разработки занимали лишь 3–4% рынка. ФЦП была призвана обеспечить создание современной инфраструктуры высокотехнологичной радиоэлектронной отрасли промышленности, способной производить конкурентоспособную на внутреннем и мировом рынках электронную компонентную базу и радиоэлектронную продукцию на её основе. Финансовое обеспечение программы предусматривало смешанную систему инвестирования с привлечением средств федерального бюджета и внебюджетных средств, формируемых

за счёт собственных средств организаций-исполнителей, с возможным привлечением отечественных и иностранных инвесторов, займов и кредитов.

Следует заметить, что федеральная целевая программа «Национальная технологическая база» на 2007–2011 гг., в состав которой входила подпрограмма «Развитие электронной компонентной базы» на 2007–2011 гг., не была выполнена.

На первом этапе выполнения этой программы предполагалось, в основном за счёт средств частных инвесторов, провести разработку базовых промышленных технологий микроэлектроники уровней 180 нм и освоить в производстве к 2009 г. технологический уровень 130 нм. Предполагалось также разработать и освоить в производстве новые классы электронной компонентной базы, а в 2015 г. достигнуть уровня 45 нм. «Нам очень важно, чтобы ЭКБ поднялась до мирового уровня, ведь радиоэлектронные системы, особенно используемые в оборонной промышленности, лучше создавать из отечественных компонентов, а не иностранных», – высказывался Владимир Верба, гендиректор концерна «Вега» (производит радиолокационные системы, средства разведки и управления наземного, авиационного и космического базирования). Пока всё это остаётся лишь благим намерением.

На втором этапе реализации программы планировалось сократить технологическое отставание радиоэлектронной промышленности от прогнозируемого мирового уровня и обеспечить отечественной электронике и радиоэлектронике интеграцию в международные программы развития на основе использования отечественных достижений в области наноматериалов и комплексных программно-аппаратных решений в области сложных систем. Должна быть построена единая сеть сквозного проектирования радиоэлектронной продукции, в которой на первом уровне должно быть проектирование функционально сложной электронной компонентной базы, на втором уровне – проектирование управляющих электронных модулей, и на третьем уровне – конечных радиоэлектронных изделий. Ожидалось, что объём выпуска радиоэлектронной продукции в 2015 году составит 300 млрд руб. и увеличит-

ся по сравнению с 2008 годом более чем в 5 раз. Предполагалось, что в России к 2015 году будут существовать реальные и востребованные рынком производственные мощности современной электронной компонентной базы, а общий объём её сбыта составит более 80 млрд руб. в год. Сбыт же радиоэлектронной продукции достигнет более 155 млрд руб. в год. Сейчас в условиях кризиса и экономических санкций это звучит как что-то недостижимое. Может быть, поэтому Минпромторг РФ пытается заглянуть в своей стратегии по развитию отечественной радиоэлектроники как можно дальше. И вот уже заместитель министра промышленности и торговли Юрий Слюсарь представил стратегию развития радиоэлектронной промышленности РФ аж до 2030 года. Документ предусматривает комплекс инструментов государственной поддержки радиоэлектронной промышленности. Мы же от фантазий министерских чиновников вернёмся в сегодняшнюю реальность.

РЕЗУЛЬТАТЫ ФЕДЕРАЛЬНОЙ ЦЕЛЕВОЙ ПРОГРАММЫ

Начало движения в заданном направлении по претворению в жизнь федеральной целевой программы наблюдалось прежде всего в Зеленограде.

Например, ещё в начале 2007 года Росимущество завершило сделку по приобретению акций лидера российской микроэлектроники «ОАО «НИИМЭ и Микрон», подконтрольного концерну «Ситроникс», ранее известного как АФК «Система», контрольный пакет акций которого принадлежит известному бизнесмену Владимиру Евтушенкову, освобождённому недавно из-под домашнего ареста. Стоимость сделки составила около \$10,5 млн. В декабре 2007 года «Микрон» посетил первый вице-премьер Сергей Иванов и осмотрел ряд производственных помещений завода. Он с удовлетворением отметил, что скоро «Микрон» перейдёт на новый уровень производства микросхем – 180 нм. По словам господина Иванова, «предприятие выходит на мировой уровень». В дальнейшем «Ситроникс» собирался перейти на производство интегральных микросхем с топологическим размером 130 нм, а в 2009 году – 90 нм. Но осуществились эти планы значительно позже.

Реально на сегодняшний день в группе компаний «Микрон» для разработки



и производства микросхем используются следующие технологические процессы [5]:

- EEPROM, КМОП:
 - проектная норма – 180 нм;
 - 4–6 металлов;
 - микросхемы с энергонезависимой памятью: микроконтроллеры 8–16 бит, память 4 Мб, чипы смарт-карт, чипы радиочастотной идентификации.
- Биполяр:
 - 7–45 В;
 - аналоговые ИС управления питанием;
 - линейные преобразователи;
 - операционные усилители;
 - ШИМ-контроллеры;
 - драйверы LED.
- КНИ:
 - проектная норма – 250 нм;
 - проектная норма – 180 нм (2012 год);
 - чипы памяти, микроконтроллеров, процессоров, ЦАП/АЦП с повышенными параметрами надёжности.
- БиКМОП SiGe:
 - проектная норма – 250 нм (2011 год);
 - проектная норма – 180 нм (2012 год);
 - СВЧ и УВЧ до 10 ГГц (АФАР, конвертеры и синтезаторы для радиолокационных систем и спутниковой связи).
- КМОП:
 - проектная норма – 90 нм (2012 год);
 - 6–9 металлов;
 - КМОП плюс встроенный флэш 90 нм (2013 год);
 - логика, микроконтроллеры, системы-на-чипе.

Такие же замедленные темпы развития наблюдаются и на зеленоградском «Ангстрем». На поддержку этого завода государство из бюджета 2007 года направило около \$127 млн. И как результат этой поддержки – приобретение заводом «Ангстрем» обору-



дования американской компании AMD для производства процессоров. На полную мощность новую производственную линию на заводе «Ангстрем» предполагалось запустить в 2009 году. Однако этого не случилось.

В 2012 году корпорация IBM (International Business Machines) передала технологии по производству интегральных схем 90 нм российским компаниям «Ангстрем» и «Ангстрем-Т». Соответствующее соглашение компании подписали на форуме «Открытые инновации» в Москве.

Используя технологию IBM, «Ангстрем» мог бы запустить производство микрочипов для авиационной отрасли, промышленной электроники, а также для производства чипов для банковских, социальных и SIM-карт. Кроме лицензии «Ангстрем» получил инструкции для проектирования производства. Компания будет производить микросхемы 90 нм на строящемся в Зеленограде заводе. И опять, это всё произойдёт, судя по информации на сайте «Ангстрема», в будущем [6].

«ОАО «Ангстрем-Т» создаёт научно-производственный комплекс, включающий технологический корпус с чистыми производственными помещениями класса чистоты 1000, оснащённый всей необходимой инженерной инфраструктурой и обеспечивающий дальнейшее развитие технологий. Основные параметры строящегося производства:

- площадь чистых производственных помещений (ЧПП) – 7500 м²;
- производственная мощность – 15 000 пластин в месяц;
- диаметр выпускаемых пластин – 200 мм;
- технология изготовления – 130–90 нм, 9 металлов (Cu)»

Или возьмём ещё одну отечественную инновационную разработку смартфона YotaPhone. Её показывали Дмитрию Медведеву в 2010 году, ког-

да он был ещё Президентом РФ. Почему же первые образцы этого смартфона появились лишь через три года? Вот как на этот вопрос ответил гендиректор российской компании Yota Devices Владислав Мартынов: «Создание этого телефона – это бизнес-проект, который должен окупаться. Мы потратили несколько месяцев на создание бизнес-кейса, чтобы это был не «телефон ради телефона», а бизнес, который себя окупит. Много времени и ресурсов ушло и на то, чтобы убедить поставщиков компонентов для YotaPhone, которые на сегодня лучшие в своей области, в том, что это революционное устройство. Только после того, как ключевые поставщики поняли и зацепились за идею, нам удалось убедить их работать с нами».

YotaPhone оснащён двумя камерами: разрешение основной составляет 13 Мпикс, фронтальной – 1 Мпикс. В смартфоне используется 1,7 ГГц двухъядерный процессор Snapdragon 8960 PRO производства американской компании Qualcomm. Объём оперативной памяти телефона 2 Гб, встроенной памяти – 32 Гб. Специально для YotaPhone компания Corning изготовила Gorilla Glass 3D для изогнутой поверхности всегда включённого экрана. Диагональ экранов одинаковая – 4,3 дюйма. Основной ЖК-экран имеет разрешение HD (1280 × 720 точек), дополнительный – 640 × 360 точек. Это первый смартфон, созданный по проекту, разработанному российскими инженерами, который изготавливается в Китае. В ходе встречи на пекинском форуме АТЭС в 2014 году Президент РФ Владимир Путин подарил председателю КНР Си Цзиньпину такой телефон как символ дружбы и совместного сотрудничества между нашими странами.

Другой крупный проект «Роснано» не получил своего развития. В августе 2011 года Анатолий Чубайс продемонстрировал планшетник Plastic Logic тогда ещё премьеру РФ Владимиру Путину. Чубайс отметил, что стоимость экспериментальных устройств составляет около 12 тыс. руб. Госкорпорация «Роснано» и британская компания Plastic Logic объявили о согласовании деталей инвестиций «Роснано» в совместное строительство в России завода по выпуску пластиковых дисплеев. Завод, открытие которого намечалось в особой экономической зоне Зеленограда на 2013–2014 годы, так и не начал выпускать сотни тысяч

единиц пластиковых дисплеев нового поколения в месяц.

Или, например, можно ли считать научно-техническим достижением запуск в серийное производство в Воронеже первой в России спецстойкой программируемой ПЛИС 5576XC4T с 200 000 вентилями на кристалле. Конечно, для нашей страны это – большое достижение. Однако данная микросхема способна лишь частично заменить широко применяемые у нас в стране и уже устаревшие зарубежные ПЛИС EPF10K фирмы Altera с числом вентиля на кристалле 100–250 тысяч. Вот такое импортозамещение.

И всё-таки нельзя не отметить некоторые новые признаки, говорящие о начале частичного выздоровления отечественной электроники.

В качестве таких признаков следует назвать успехи в разработке высокопроизводительных процессоров фирм ЗАО «МЦСТ» и ОАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука» и ГУП НПП «Элвис». Например, Эльбрус-2С+ – это первый гибридный высокопроизводительный микропроцессор фирмы МЦСТ. Он содержит два ядра архитектуры «Эльбрус» и четыре ядра цифровых сигнальных процессоров (DSP) фирмы «Элвис». Основная сфера применения процессора Эльбрус-2С+ – системы цифровой интеллектуальной обработки сигналов, в РЛС и т.п. Следует серьёзно рассматривать заявление начальника Генерального штаба Министерства обороны России об интеллекте отечественного истребителя пятого поколения, на борту которого будет использоваться отечественный Эльбрус-2С+ [6]. Не менее результативно в последнее время работает фирма ЗАО «ПКК Миландр» (г. Зеленоград) [8], завершившая целый ряд ОКР по 16- и 32-разрядным сигнальным процессорам. Фирма «Элвис» достигла успехов в производстве многоядерных процессоров, так называемых систем на кристалле, на основе технологии «Мультикор» [9]. И, конечно, можно считать сенсацией появившееся следующее сообщение в июне 2012 года: компания «Мультикет» [10] выпустила первую опытно-промышленную партию микропроцессоров, созданных на основе собственной мультиклеточной архитектуры. Данные процессоры не имеют иностранных аналогов, обладают отказоустойчивостью и высокой производительностью и предназначены для использования в космической

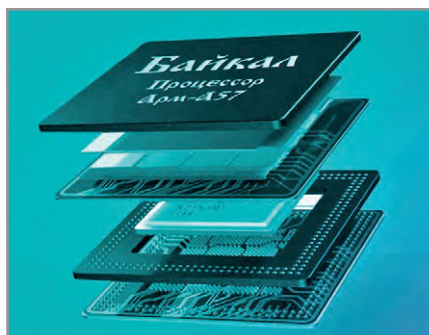
и телекоммуникационной отраслях. В частности, недавно в Министерство экономического развития РФ поступило предложение от екатеринбургского ОАО «Мультиклет»: \$80 млн на строительство суперкомпьютера. «Мы хотим на базе нашей архитектуры создать настольный суперкомпьютер (ПК, ноутбук) – быстрый и энергоэффективный. Мы синтезировали кристалл, выйдя на заявленные характеристики. Теперь нам нужны деньги», – рассказал гендиректор компании «Мультиклет» Борис Зырянов.

К ещё более сенсационным проектам можно отнести отечественную разработку многоядерного процессора «Байкал» (Baikal), который должен стать альтернативой процессорам AMD и Intel в компьютерах для государственных структур. Минпромторг заказал разработку целого семейства отечественных процессоров Baikal. Первыми продуктами в новой линейке отечественных процессоров должны стать 8-ядерные чипы Baikal M и M/S, рассчитанные на персональные компьютеры и микросерверы. Они будут производиться по 28-нм технологии на основе 64-битных ядер ARM Cortex A57. Тактовая частота составит 2 ГГц. В качестве операционной системы для устройств на основе процессора Baikal предполагается использовать Linux.

Выпуск 8-ядерных решений Baikal намечен на начало 2015 года. А в конце 2016-го, как ожидается, появятся 16-ядерные серверные процессоры с топологией 16 нм.

Заключение

Инновационное развитие отечественной радиоэлектроники набирает силу. Этому во многом способствовало назначение заместителем мини-



стра обороны РФ Юрия Борисова. Из его биографии видно, какое большое значение он уделял развитию отечественной радиоэлектроники, начиная с 1998 года, когда он возглавил Научно-технический центр «Модуль».

Будут ли выполнены грандиозные планы Минобороны и Минпромторга до 2020 года и даже 2030 года – покажет время.

Важно подчеркнуть, что ситуация, аналогичная сложившейся в современной России, наблюдалась в СССР после Великой Отечественной войны. Страна после разрушительного фашистского нашествия оказалась перед новым вызовом – холодной войной и гонкой вооружений. А тут ещё нужно было развёртывать новую отечественную полупроводниковую радиоэлектронику. Министерством электронной промышленности эта задача тогда была успешно решена за двадцать лет.

Вот и сейчас, после развала СССР, Россия оказалась перед новым вызовом – технологическим. То есть быть ей передовой независимой державой или превратиться в колонию с последующим распадом. Технологический прорыв сейчас – это, прежде всего, переход от аппаратной цифровой обработки к программируемой цифровой обработке [11] на

отечественных ПЛИС, сигнальных процессорах и микроконтроллерах, которые, к счастью, у нас уже появляются. Но требуется ещё много усилий для их массового освоения и применения в условиях рынка, тем более после присоединения России к ВТО и в условиях действия жёстких санкций против России.

Литература

1. Борисов Ю. «Жить за счёт нефти и газа – не государственный подход». Газета «Коммерсант». №103. 2006.
2. Борисов Ю. «Электронная промышленность: стратегия развития». «Электроника. НТБ». № 8. 2006.
3. Концепция федеральной целевой программы «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники» на 2008–2015 гг. Утверждена распоряжением Правительства РФ №972-р от 23 июля 2007 года. www.minprom.gov.ru.
4. Бартенев В.Г. «Российская электроника: пути выхода из кризиса». «Современная электроника». № 1. 2007.
5. www.mikron.sitronics.ru/products/micron/technology.
6. <http://www.angstrem.ru/proizvodstvo/Foundry>.
7. www.lenta.ru/news/2010/02/11/pakfa.
8. www.milandr.ru/index.php?mact=Productreturnid=67.
9. «Мультикор» – однокристалльные сигнальные программируемые многопроцессорные «системы на кристалле» на базе IP-ядерной платформы «МУЛЬТИКОР», серия 1892. ГУП НПЦ «ЭЛВИС». www.multicore.ru.
10. «Мультиклет». www.vz.ru/news/2012/6/29/586102.html.
11. Бартенев В.Г. Программируемая радиоэлектроника – важный фактор инновационного обновления России. Современная Электроника. №7. 2010.



Новости мира News of the World Новости мира

Дистрибьюторское соглашение с Rescom

Компания «ЭФО» заключила дистрибьюторское соглашение с австрийской компанией Rescom Engineering GmbH & Co RG – разработчиком и производителем модульных DC/DC- и AC/DC-источников питания.

С 1974 года (время основания компании) Rescom занимает ведущие позиции на европейском рынке источников питания для электронной аппаратуры. География продаж Rescom постоянно расширяется. Этому

способствует, в том числе и то, что производство, следуя общемировой тенденции, развёрнуто в Азию, а тестирование и разработка ведётся в Австрии. Такое разделение позволило не только удешевить производство, но и ускорить внедрение схемотехнических решений. Развитие компании в последние годы неразрывно связано с увеличением инновационных проектов для ответственных применений и в сфере полупроводниковой светотехники, в том числе и для уличного освещения.

Предусмотрены различные варианты применения: от питания драйверов IGBT-модулей до авионики.

Имеется возможность разработки нестандартных моделей под заказ.

Продукция Rescom удовлетворяет всем современным требованиям, предъявляемым к источникам питания на мировом рынке. Система менеджмента качества компании Rescom сертифицирована на соответствие требованиям ISO 9001.

<http://www.powel.ru/rus/>

SEMICON Russia – ведущий форум микроэлектроники в России.

SEMICON Russia – это главная демонстрационная площадка технологий, оборудования и материалов глобальной индустрии полупроводников и микроэлектроники. Она открывает перед своими участниками мир безграничных возможностей. Узнайте своих заказчиков, найдите партнеров и поставьте перед собой высокие бизнес-цели на форуме, которому нет равных в России.

КЛЮЧЕВЫЕ РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ

- Фокус на растущих рынках в России, включая микроэлектронные системы и технологии корпусирования
- Альянс промышленности, науки и государства как путь развития конкурентоспособной микроэлектроники в России
- Сессии ТехАРЕНЫ (бесплатное посещение)
 - Рынок полупроводников
 - Микроэлектронные системы (MEMS)
 - Технологии корпусирования

КОНФЕРЕНЦИЯ ПО РЫНКУ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Темы Конференции будут сфокусированы на текущей деятельности и развитии российской микроэлектроники и смежных отраслей. Ведущие российские и зарубежные компании представят свои проекты, продукты, технологии и последние достижения. Конференция – уникальная платформа, предоставляющая возможность встретиться с поставщиками, партнерами и клиентами из российской и международной микроэлектронной отрасли.

Вторник, 16 июня 2015

**Отметьте в своем календаре даты проведения
SEMICON Russia 2015!**

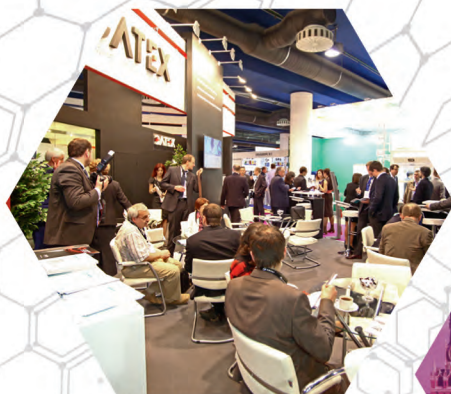
17–18 июня

2015

Экспоцентр
Москва, Россия

www.semiconrussia.org

без
границ



Реклама





Разработка проекта, от ПП до встраиваемого решения под индивидуальные требования (HIS)



Pushing Performance



Преимущества

- Уменьшение затрат
- Упрощение монтажа
- Простота в техобслуживании и производстве
- Уменьшение габаритов конструкции

Производство сопутствующих кабельных сборок и конструктивов
Полное тестирование системы

Проект: Узел распределения электропитания на основе соединительной панели, изготовленной под ТЗ заказчика. Объединительная плата с разъемами DIN 41 612 тип F и HARTING Han®

[Ссылка на статью](#)



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ HARTING

Новый подход к системам тестирования

на базе открытого ПО и модульных приборов



Устройства изменяются. Мир становится более программно-ориентированным, увеличивая наши возможности экспоненциально. Такой же сдвиг нужен и тестовому оборудованию. В отличие от традиционных приборов с фиксированной функциональностью, платформа автоматизированного тестирования NI предлагает новейшие технологии для построения сложных систем, одновременно снижая сроки разработки и затраты.

С помощью графического программирования, NI LabVIEW сокращает время разработки и предлагает единую среду, упрощающую интеграцию оборудования и ускоряющую работу систем.



>> Подробнее на ni.com/automated-test-platform

+7 (495) 7836851

©2014 National Instruments. All rights reserved. LabVIEW, National Instruments, NI, and ni.com are trademarks of National Instruments. Other product and company names listed are trademarks or trade names of their respective companies. 14594



Реклама