

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

4

2015



В номере:

- Обзор рынка магнитотерапевтических установок
- Автоматическое управление в робототехнике
- Центр аттестации технологического оборудования
- Возможности технологии нитрида галлия
- Аналоговые ИС для обработки сигналов датчиков
- Сертификат профессионального инженера

и многое другое

www.soel.ru

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

**NATIONAL
INSTRUMENTS**

© СТА-ПРЕСС

achronix

SEMICONDUCTOR CORPORATION

**Самые мощные в мире ПЛИС
теперь в России**



Первые произведенные на мощностях Intel® по технологии 22 нм 3D Tri-Gate ПЛИС Speedster22i компании Achronix

- До 1,1 млн программируемых LUT и 1.7 млн эквивалентных 4-входовых LUT
- До 145 Мбит встроенной памяти

Универсальные порты Serdes:

- до 16 портов 28 Гбит/с
- до 64 портов 12.75 Гбит/с

Аппаратно-встроенные контроллеры, не требующие расходов на интеграцию:

- до 4 контроллеров 10/40/100G Ethernet
- до 4 контроллеров 100G Interlaken
- до 2 контроллеров PCIe Gen 1/2/3 (x1, x4, x8) с аппаратной поддержкой DMA
- до 6 контроллеров DDR 2/3 до 1866 Мбит/с

Непрерывная цепь производства и поставок:

- производство на мощностях Intel® по технологии 22 нм 3D Tri-Gate
- прямые поставки из США через официальное представительство в Санкт-Петербурге

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ В РОССИИ

ООО «Лаборатория Высокопропускных СБИС»

Тел./факс: 7 (812) 648-00-86
www.achronix.ru | sales@achronix.ru

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

4/2015 Contents

MARKET

Russian Market News	4
EDB Entry Control: «Diamond» Quality	8
Magnetotherapy Installations and Devices of Domestic Manufacture	10
<i>Sergey Shishkin</i>	

ROBOTICS

Theory and Practice of Autocontrol in Robotics	16
<i>Andrey Antonov</i>	

MODERN TECHNOLOGIES

The Certification Center for Equipment – Processing a Necessary Link in Microelectronic Manufacturing	22
<i>Viktor Bykov, Aleksandr Gudkov, Valeriy Kireev</i>	
Gallium Nitride Technology Development and Prospects of Its Application in Microwave Electronics	28
<i>Aleksandr Balakirev, Andrey Turkin</i>	

ELEMENTS AND COMPONENTS

Modern 32-bit ARM Microcontrollers Series STM32: Direct Memory Access	36
<i>Oleg Val'pa</i>	
Development of Low-Temperature Analog Integrated Circuits for the Sensor Impulse Signal Processing. Part 1	44
<i>Oleg Dvornikov, Vladimir Chehovskiy, Valentin Dyatlov, Nikolay Prokopenko</i>	
New LEDs in SemiLEDs Company Product Line	50
<i>Andrey Turkin</i>	

DEVICES AND SYSTEMS

Formation and Analysis Methods of UWB-Signals Based on the Keysight Technologies' Equipment. Part 3	56
<i>Aleksandr Chumadin</i>	

ENGINEERING SOLUTIONS

Switching Power Supply with Stabilized Output and Low Ripple. Part 1	62
<i>Aleksey Kuzminov</i>	

DESIGN AND SIMULATION

3D Modeling of Microstrip High Pass Filter in the HFSS Package	72
<i>Sergey Grischenko, Dmitriy Derachits, Natalya Kisel</i>	

EVENTS

May 7 – Day of the Radio	76
<i>Vladimir Bartenev</i>	
«NDT 2015»: Non-Destructive Testing and Diagnostics	83

COMPETENT OPINION

According to the World Standards	86
--	----

Содержание 4/2015

РЫНОК

- 4 Новости российского рынка
8 Входной контроль ЭКБ: «алмазное» качество
10 Магнитотерапевтические установки и аппараты отечественного производства
Сергей Шишкин

РОБОТОТЕХНИКА

- 16 Теория и практика автоматического управления в робототехнике
Андрей Антонов

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 22 Центр аттестации технологического оборудования – необходимое звено в цепи микроэлектронного производства
Виктор Быков, Александр Гудков, Валерий Киреев
28 Развитие технологии нитрида галлия и перспективы его применения в СВЧ-электронике
Александр Балакирев, Андрей Туркин

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- 36 Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: прямой доступ к памяти
Олег Вальпа
44 Создание низкотемпературных аналоговых ИС для обработки импульсных сигналов датчиков. Часть 1
Олег Дворников, Владимир Чеховский, Валентин Дятлов, Николай Прокопенко
50 Новые продукты в линейке светодиодов компании SemiLEDs
Андрей Туркин

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- 56 Методы формирования и анализа сверхширокополосных сигналов на базе оборудования Keysight Technologies. Часть 3
Александр Чумадин

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

- 62 Импульсный ИП со стабилизированным выходом и низким уровнем пульсаций. Часть 1
Алексей Кузьминов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 72 3D-моделирование микрополоскового фильтра высоких частот в пакете HFSS
Сергей Грищенко, Дмитрий Деращиц, Наталья Кисель

СОБЫТИЯ

- 76 7 мая – День радио
Владимир Бартенов
83 «NDT 2015»: неразрушающий контроль и диагностика в промышленности

КОМПЕТЕНТНОЕ МНЕНИЕ

- 86 По мировым стандартам

Электронная версия для мобильных устройств

Бесплатное приложение «Журнал Современная электроника» появилось в Google Play для пользователей устройств на платформе Android (в разделе «Приложения/Бизнес»). В самое ближайшее время аналогичное приложение будет доступно в App Store для пользователей iOS (в разделе «Бизнес»). С помощью этого приложения можно бесплатно читать с экрана номера наших журналов. К новым номерам журнала доступ в приложении платный. При просмотре номера читатели для более удобной навигации могут воспользоваться гиперссылками, встроенными в содержание и в рекламные блоки. С выпуском этих приложений у читателей появилась возможность иметь доступ к журналу «Современная электроника», где бы они ни находились: на рабочем месте, по дороге домой, в парке, дома, в поездках. Устанавливайте приложение и читайте журнал «Современная электроника» с экрана своих мобильных устройств!



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

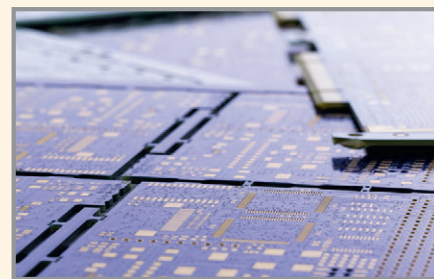
РЫНОК

Компания ICAPE наращивает обороты

Компания ICAPE, европейский лидер по производству и поставкам печатных плат и сопутствующей заказной продукции для электронной промышленности, продолжает наращивать обороты, расширять перечень и улучшать качество услуг для своих клиентов.

С логистической платформы холдинга в Китае ежемесячно отправляется более 10 млн печатных плат и 2 млн заказных технических деталей. Неудивительно, что производство компонентов для своей электронной продукции группе ICAPE доверяют более 150 новых компаний-клиентов каждый год!

«Чтобы соответствовать темпу быстрого развития холдинга в последнее время (а это +30% в год, начиная с 2011 года и +18% в 2014 году) – комментирует Томас Чи, вице-президент ICAPE Азия и директор по маркетингу, – было принято решение переместить европейскую штаб-квартиру в новый офис 1500 м², в нескольких километрах от Парижа. Там располагается не только головной офис холдинга, но также логистическая платформа, обеспечивающая новый вид наших услуг по экспресс-производству и доставке малых партий печатных плат, и Европейский конгресс-центр, в котором мы планируем проводить различного рода технические конференции. Это новый для нас вид деятельности, но очень востре-



бованный, судя по отзывам наших клиентов. Ближайшая конференция стартует 8 апреля в головном офисе ICAPE. Следите за анонсами на нашем сайте».

Группа Айкейп также планирует проводить подобные семинары и в России – на базе своего филиала, открытого в 2013 году.

www.icafe-group.com

Тел./факс: (495) 269-0349

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ТороR 6.1: незаметные инновации

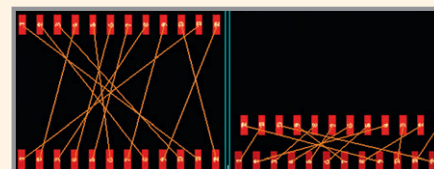
В феврале 2015 года была представлена новая версия отечественного автотрассировщика ТороR. По сравнению с кардинально изменившей продукт версией 6.0 в ней не так много новаций, и большая их часть пользователю не видна.

Главное из видимого – автоматическое размещение компонентов на плате. На иллюстрации представлены два компонента «до» и «после» авторазмещения. Верхний компонент сместился вниз (причём все необходимые зазоры сохранены) и чуть-чуть вправо (минимизируя суммарную длину связей).

Два обновления сделаны на вкладке «Цепи» панели управления видимостью – задание особого цвета для выбранных цепей и выбор тех цепей (а также сигналов и групп), для которых будут видны неразведённые линии связей.

Ещё одну новацию программы – «прореживание» нарушений DRC – заметят только пользователи, активно работавшие с прежними версиями. В 6.1 видны не все нарушения, а только те, которые друг другу «не мешают».

А вот самое главное новшество, увы, незаметно для пользователей новой версии. Просто улучшилась автотрассиров-



ка на труднейших участках многослойных плат – там, где крайне мало свободного места. Для этого разработчикам программного продукта пришлось кардинально переработать концепцию работы с проводниками. Эта работа стала «интеллектуальной», зависящей от параметров платы.

Дополнительная информация, а также облегчённая (бесплатная) версия программы доступны на <http://eda.eremex.ru>.

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Инновационные решения от Keysight на выставке «Фотоника: мир лазеров и оптики 2015»

Keysight Technologies представила свои решения в области измерений в оптическом диапазоне для телекоммуникационной, оборонной и авиационной промышленности на 10-й Международной специализированной выставке лазерной, оптической и оптоэлектронной техники «Фотоника: мир лазеров и оптики 2015».

В ходе выставки участникам были продемонстрированы решения компании Keysight Technologies для измерения спектральных вносимых потерь, для анализа высокоскоростных оптических сигналов, в том числе измерения джиттера и анализа глазковых диаграмм, для тестирования когерентных оптических систем связи и анализа качества оптической модуляции, для тестирования коэффициента битовых ошибок и др.

Компания Keysight Technologies более 30 лет является единственным поставщиком контрольно-измерительного оборудования, который предлагает технические решения для всего цикла создания оптических телекоммуникационных сетей – от компонентов до центров обработки данных и телекоммуникаций, охватывая такие новейшие технологии, как кремниевая фотоника и когерентная передача сигналов.

Все базовые измерения характеристик оптических компонентов, в том числе оптоволоконна и волоконно-оптических кабелей, можно проводить с помощью оборудования Keysight Technologies, которое включает источники излучения, измерители оптической мощности, измерители обратных потерь, оптические аттенюаторы, переключатели, измерители длины волны, приборы для поляризационных измерений.



Также среди наиболее востребованных приборов в области фотоники – анализаторы оптических компонентов, используемые для тестирования компонентов высокоскоростных оптических систем передачи данных, а именно: электрооптических, оптоэлектронных устройств, оптических компонентов в частотном диапазоне до 67,5 ГГц.

www.keysight.ru

Тел.: 8 (800) 500-9286

Новости российского рынка

Генератор сигналов SG8 с улучшенными характеристиками

ООО «АДВАНТЕХ» (Advantex), российский разработчик и производитель СВЧ-узлов и систем, сообщает о дополнительных опциях к генератору сигналов SG8-HP01M-C2U42HP315.



С опцией AT диапазон уровней выходной мощности расширен и составляет от -120 до $+27$ дБм.

При работе генератора SG8 с опцией SS обеспечивается низкий уровень негармонических побочных спектральных составляющих менее -70 дБн во всём диапазоне частот.

Основные характеристики:

- диапазон частот от 10 МГц до 8 ГГц;
- шаг перестройки 0,001 Гц;
- уровень фазового шума -120 дБн/Гц при отстройке 10 кГц @ 1000 МГц;
- калиброванный уровень выходной мощности от -10 до $+26$ дБм (без опции) или от -110 до $+24$ дБм (опция AT);
- погрешность установки мощности (тип.) $\pm 0,1$ дБ;
- диапазон внешней опорной частоты 20...150 МГц (без опции) или 1...250 МГц с шагом 1 МГц (опция SS);
- интерфейс управления RS-232, USB;
- формат команд SCPI;
- габаритные размеры (В × Ш × Г) – $9,5 \times 24,5 \times 34$ см.

Генератор сигналов SG8 внесён в Государственный реестр РФ.

www.advantex.ru
Тел.: (495) 721-4774

NI представляет первый встраиваемый контроллер PXI на базе Intel Xeon

Компания National Instruments (NI) представляет контроллер NI PXIe-8880 на базе процессора Intel® Xeon, а также шасси NI PXIe-1085 – первое шасси с технологией PCI Express Gen 3.



Комбинация 8-ядерного серверного процессора E5-2618L v3 и пропускной способности 24 ГБ/с обеспечило значительный рывок производительности для задач, требующих интенсивных высокопараллельных вычислений, включая разработку и тестирование современных беспроводных систем, тестирование микроэлектроники и передовые научные исследования. Пользователи могут реализовать преимущество гибкости платформы PXI, заменив контроллер прошлых поколений на новый PXIe-8880, и получить двукратное увеличение производительности в своих приложениях.

NI в сотрудничестве с Intel привнесла мощь серверных процессоров Intel® Xeon® в отрасль измерений и тестирования. Новый контроллер предлагает 8 ядер, до 24 ГБ памяти DDR4 и соединение с шасси по шине x24 PCI Express третьего поколения. Это обеспечивает увеличение вычислительной мощности и пропускной способности до двух раз по сравнению с предыдущим поколением контроллеров. Кроме того, новое 18-слотовое шасси объединяет технологию PCI Express Gen 3 и соединение x8 к каждому слоту, обеспечивая системную пропускную способность 24 ГБ/с. Таким образом, любое приложение может быть легко расширено в будущем.

В связке с программным обеспечением графической разработки систем LabVIEW, новые контроллер и шасси PXI позволяют инженерам и учёным использовать 24 ГБ/с данных для действительно прорывных достижений.

www.ni.com/white-paper/52566/en/

Импортозамещение AC/DC источников питания

В рамках программы импортозамещения компания ООО «КВ Системы» представила на российский рынок новую серию AC/DC источников питания серии KAN.



Источники KAN разработаны для прямой замены в российской аппаратуре популярных источников питания китайского производства.

Помимо хорошо зарекомендовавшего себя форм-фактора, приборы KAN имеют улучшенные характеристики по электромагнитной совместимости, по энергетиче-

ской эффективности и успешно конкурируют с китайской продукцией по стоимости.

Таким образом, отечественные разработчики аппаратуры общего и специального назначения получили возможность использовать продукцию российского производства, не изменяя конструктив и характеристики конечного изделия и не беспокоясь о возможных проблемах с поставками импортной комплектации.

Мощность AC/DC источников питания серии KAN составляет от 25 до 1000 Вт, а температурный диапазон от -40 до $+70^\circ\text{C}$.

www.kwsystems.ru
Тел.: +7 (473) 200-87-75

Ультеракомпактные 30-ваттные AC/DC для медицинской аппаратуры

Компания XP Power объявила о начале выпуска одноканальных ультракомпактных 30-ваттных источников питания (ИП) AC/DC серии EML30, предназначенных для применения в медицинском электрооборудовании.



Приборы серии EML30 имеют наименьшую площадь основания и самую высокую плотность мощности в промышленности по сравнению с другими подобными 30-ваттными ИП, сертифицированными для применения в медицинском оборудовании. Конкурентоспособная по ценам, разносторонняя серия EML30 предлагает больше конструктивных форматов и вариантов для монтажа, чем конкурентные предложения.

Факторами, стимулирующими требования для этого типа устройств, являются потребности и разработка самого компактного портативного медицинского оборудования. Именно поэтому приборы серии EML30 окажутся востребованными заказчиками, предъявляющими жёсткие требования к минимальному объёму ИП в медицинской аппаратуре. Приборы серии EML30 являются идеальным решением для применений, соответствующих классу II по защите от поражения электрическим током и не требующих подключения к защитному заземлению в проводке здания для тех токопроводящих частей, где может появиться опасное напряжение в случае пробоя основной изоляции.

Новости российского рынка

Источники питания серии EML30 являются самыми маленькими 30-ваттными источниками для медицинских применений в промышленности. Вариант в открытом исполнении для монтажа в отверстия печатной платы имеет размеры 75,2 × 34,6 × 26,7 мм (при этом обеспечивается удельная мощность 430 Вт/дм³).

ИП серии EML30 доступны в различных форматах: открытый каркас для монтажа в отверстия печатной платы или с соединителями, герметизированные модели для монтажа в отверстия или с клеммами с винтовым креплением, вариант для крепления на DIN-рейку.

Широкий ряд восьми одноканальных напряжений соответствует номинальным значениям 3,3; 5; 9; 12; 15; 24; 36 и 48 В. Поддержка в нагрузке пиковой мощности 130% от номинального значения позволяет избежать использования более дорогостоящих источников питания высокой мощности.

Представленные ИП характеризуются широким диапазоном рабочих температур от -30 до +70°C (без необходимости снижения мощности до температур выше +50°C). С использованием конвекционно-

го охлаждения ИП серии EML30 способны обеспечивать полную мощность в нагрузке без дополнительных теплопроводов или воздушного потока.

Приборы серии EML30 соответствуют требованиям третьего издания стандарта EN60601-1:2006, ANSI/AAMI ES60601-1:2005 и CSA-C22.2 No. 60601-1:2008, обеспечивая два средства защиты пациента от поражения током (MOPP, Means of Patient Protection) между первичными и вторичными цепями.

ИП серии EML30 соответствуют требованиям стандарта EN55022 уровень В к кондуктивным и излучаемым помехам без необходимости применения внешних фильтрующих компонентов.

www.prosoft.ru

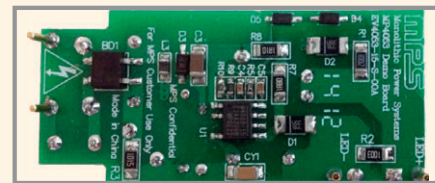
Тел.: (495) 234-0636

Новый светодиодный драйвер от MPS

Компания Monolithic Power Systems (MPS) представила новый светодиодный драйвер MP4053-7 в интегральном исполнении.

Микросхема предназначена для реализации схемы светодиодного драйвера без

гальванической развязки с максимальной мощностью 10 Вт с питанием от сети переменного тока от 90 до 265 В.



Высоковольтный силовой MOSFET-ключ с рабочим напряжением до 550 В интегрирован на кристалл микросхемы с корпусом SOIC8-7B, что позволяет уменьшить габаритные размеры и конечную стоимость светодиодного драйвера.

Отличительной особенностью нового драйвера является наличие интегрированной на кристалл схемы активного корректора коэффициента мощности с коэффициентом коррекции более 0,8. Небольшое количество внешних компонентов позволяет изготовить светодиодную лампочку в факторе традиционной лампы накаливания с цоколем E27.

www.prochip.ru

Тел.: (495) 232-2522

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

Акроникс: серийная продукция Speedster22i доступна на рынке

Компания Акроникс (Achronix Semiconductor Corporation) объявляет о запуске в серийное производство семейства ПЛИС Speedster22i.



Семейство ПЛИС Speedster22i построено на 22-нм техпроцессе Tri-Gate от Intel и состоит из трёх устройств, два из которых уже выпускаются. Это HD680, имеющее 660 000 эффективных LUT-ячеек и HD1000 с 1 млн эффективных LUT-ячеек.

ПЛИС Speedster22i сочетает в себе самые передовые технологии производства с наибольшим количеством доступных в настоящее время аппаратных IP-интерфейсов. Устройство HD1000 имеет два контроллера 100 гигабитного Ethernet, два 120 гигабитных сетевых контроллера интерфейса Interlaken, два контроллера PCIe Gen3x8 и шесть 1866 мегабитных DDR3 контроллеров, что эквивалентно 350 000 элементам программируемой логики (если эти ядра

реализовывать в виде обычных ядер). В дополнение к вышесказанному, аппаратные ядра ускоряют время разработки, поскольку они уже оптимизированы по таймингу и не требуются этапы размещения на кристалле и трассировки. HD1000 также имеет 86 Мбит встроенной памяти, 64 высокопроизводительные линии последовательного ввода/вывода SERDES и почти тысячу линий программируемого ввода/вывода.

«Разработка ПЛИС класса Hi-End с шестью миллиардами транзисторов на кристалле – задача сложная, но вдохновляющая, – сказал Стив Менсор (Steve Mensor), вице-президент по маркетингу Акроникс. – Производимые Акроникс ПЛИС с аппаратными IP-интерфейсами, предназначенные для построения высокопроизводительных приложений в области проводной коммуникации, предлагают решения с меньшей потребляемой мощностью и более низкими ценами, чем альтернативные ПЛИС общего назначения других производителей».

Семейство ПЛИС Speedster22i поддерживается собственной системой разработки ACE, являющейся набором инструментов, который включает в себя синтезатор Synplify Pro® для Achronix от компании Synopsys. Также Акроникс имеет наборы разработчика и ряд демонстрационных проектов, которые значительно сокращают сроки разработки.

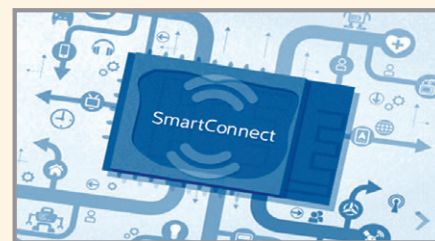
Дополнительную информацию по продукции Achronix можно получить у официального дистрибьютора Achronix Semiconductor Corporation в России – компании «Лаборатория Высокопропускных СБИС».

www.achronix.ru

Тел.: (812) 648-0086

Новые Wi-Fi / Bluetooth решения от Atmel

Компания Atmel анонсировала два новых представителя семейства микросхем и модулей беспроводной связи SmartConnect – WILC3000 и WINC3400. Эти ИС представляют собой однокристальные решения, интегрирующие приёмопередатчики IEEE® 802.11 b/g/n и Bluetooth Smart Ready.



Новые решения Atmel оптимизированы для малопотребляющих приложений и поддерживают скорость передачи данных до 72 Мбит/с в однопотоковом режиме 802.11n, допуская самую широкую область применения в устройствах Интернета вещей (IoT) и носимой электронике.

Новости российского рынка

Оба устройства оснащены усилителем мощности (PA), маломощным усилителем (LNA), схемой управления питанием, а также различными периферийными интерфейсами, включая UART, SPI, I²C и SDIO. Высокий уровень интеграции позволяет минимизировать число внешних компонентов и, как следствие, снизить стоимость системы.

WILC3000 является контроллером РЧ-канала и оптимизирован для работы с внешним микропроцессором под управлением ОС Android или Linux.

WINC3400 является полноценным сетевым контроллером и интегрирует FLASH-память для хранения стека сетевых протоколов, стека Wi-Fi и профилей Bluetooth Smart, что позволяет использовать его с любым микроконтроллером Atmel семейства AVR[®] или Atmel I SMART.

Оба устройства выпускаются в компактных корпусах QFN и WLCSP, а также в виде готовых сертифицированных модулей 22 × 15 мм.

Получить консультацию, а также приобрести микросхемы, модули и отладочные комплекты можно в компании Rainbow.

www.rtcs.ru

Тел./факс: (495) 665-0201

Герметизированные низкопрофильные 110-ваттные AC/DC от XP Power

Компания XP Power объявила о запуске производства одноканальных высокоэффективных источников питания AC/DC серии ASB110 с выходной мощностью 110 Вт.



Представляемый ряд источников питания выполнен в низкопрофильном корпусе «full-brick» с габаритными размерами 116,8 × 61 × 5,9 мм. Не требуется применения внешних компонентов. Помехоподавляющий фильтр, предохранитель, а также накопительный конденсатор интегрированы на корпус, обеспечивая законченное решение.

Источники питания серии ASB110 характеризуются высоким значением КПД до 91%, что минимизирует тепловые потери и требования к радиатору. Устройства способны функционировать в диапазоне температур -40...+85°C.

Применение дополнительного радиатора позволяет обеспечить полную мощность при температуре окружающей среды +50°C и температуре основания корпуса модуля +85°C.

В режиме холостого хода входная мощность составляет не более 0,3 Вт.

Серия ASB110 включает шесть модулей с выходными напряжениями 12, 15, 24, 28, 36 и 48 В с нестабильностью по току и напряжению ±0,5%. Пульсации выходных напряжений составляют 1% (от пика до пика). Модули оснащены самовосстанавливающимися защитами по току, от перенапряжения, короткого замыкания и перегрева.

Полная выходная мощность обеспечивает в диапазоне входного напряжения от 85 до 264 В (изменение частоты сети от 47 до 63 Гц) с линейным понижением от 100 до 90% при снижении входного напряжения от 90 до 85 В.

Корректор коэффициента мощности, работающий на частотах от 70 до 130 кГц, обеспечивает коэффициент мощности >0,9 при полной нагрузке. Прочность изоляции между входом и выходом 3000 В (переменное напряжение). Гарантийный срок – 3 года.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636



РОССИЙСКИЙ РАЗРАБОТЧИК И ПРОИЗВОДИТЕЛЬ

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

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИЛЕР НПП «АРБЕЛОС»

ProCHIP
POWERED BY ProSOFT

Активный компонент вашего бизнеса

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

Входной контроль ЭКБ: «алмазное» качество

ООО «НПО Алмаз» – научно-производственное предприятие, специализирующееся на разработке и изготовлении оснасток для любого измерительного и тестового оборудования, предназначенного для входного контроля электронной компонентной базы. Компетенции и опыт компании позволяют клиентам решать как типовые, так и нестандартные задачи в области контроля качества ЭКБ.



Электронная компонентная база (ЭКБ) составляет основу многих видов ответственной аппаратуры. Долговечность, надёжность, стабильность и корректность работы изделий во многом зависят от качества электронных компонентов. Поэтому значение входного контроля качества электронных комплектующих сложно переоценить. Процедуры контроля позволяют производителям аппаратуры выявлять недостатки электронных компонентов и своевременно принимать меры, чтобы в дальнейшем избежать проблем с готовым изделием.

При входном контроле осуществляется как минимум визуальная проверка – комплектующие изучаются на предмет наличия необходимых маркировок и отсутствия физических повреждений. Понятно, что визуальная проверка не позволяет выявить скрытые дефекты

и проверить электронные компоненты на соответствие требованиям производимой аппаратуры. Для этого используется специализированное тестовое оборудование и программное обеспечение. С их помощью выполняется электрическая проверка и электротермотренировка электронных компонентов.

Процедуры тестирования электронных компонентов, в особенности для ответственной аппаратуры, предусмотрены как нормативными требованиями, так и системами контроля качества предприятий-изготовителей. Кроме повышения качества готовых изделий они позволяют производителям ограждать себя от контрафактной продукции и расширять круг легальных поставщиков, выбирая их по критерию «цена/качество».

На рынке доступно контрольно-измерительное оборудование общего

и специального назначения. Оно комплектуется более или менее широким набором универсальной и специализированной оснастки и средствами программной поддержки процесса измерений. Стоимость промышленных тестеров достаточно высокая, поэтому, как правило, предприятия-производители аппаратуры приобретают его с минимальным набором оснасток, необходимым на данный момент. Однако со временем меняется номенклатура изделий, появляются новые электронные компоненты. Для их входного контроля предприятию требуются дополнительные оснастки и программные средства. Иногда удаётся найти подходящие оснастки в ассортименте производителя контрольно-измерительного оборудования или дилера, но, как правило, таким способом сложно подобрать то, что оптимально подходит конкретному предприятию. Скорее всего, предприятию придётся либо самостоятельно изготавливать необходимые оснастки, либо заказывать их на стороне.

Для предприятия самостоятельное изготовление оснасток означает занятие непрофильной деятельностью. Эта работа потребует организации отдельной специализированной лаборатории и найма штата высококвалифицированных специалистов. Для изготовления оснастки необходимы глубокие знания как особенностей электронных компонентов, так и нюансов функционирования тестеров. Кроме того, меняется само тестовое оборудование, появляются новые версии прошивок и тому подобное. Это тоже необходимо учитывать при разработке оснастки и программных средств.

Гораздо рациональнее – поручить разработку необходимой оснастки специализированной компании, у которой уже есть опыт такой работы и штат квалифицированных специалистов. Таких компаний на российском рынке немного. Одна из них – екатеринбургская компания НПО «Алмаз».

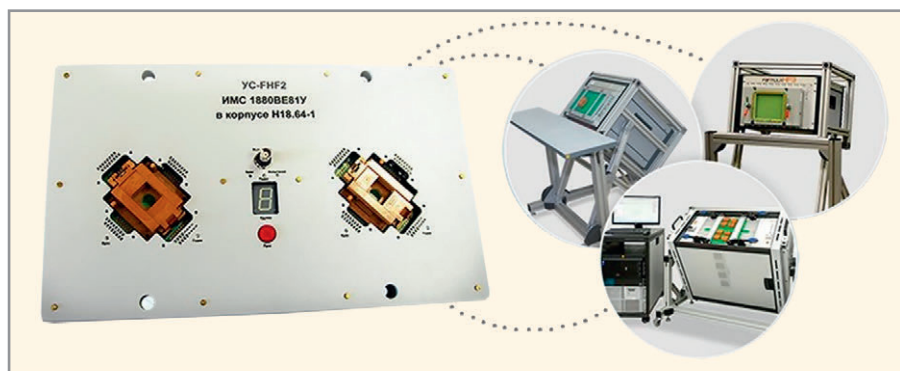


Рис. 1. Измерительная оснастка для оборудования Formula HF2

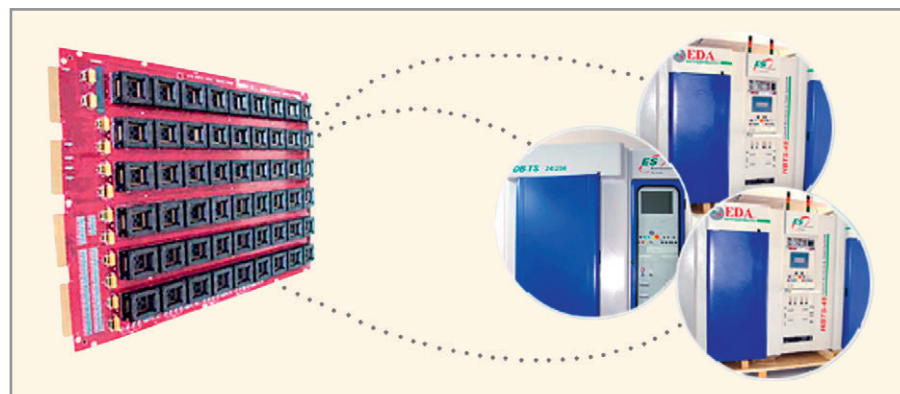


Рис. 2. Измерительная оснастка для проведения электротермотренировки ЭКБ на комплексе DM-24 (EDA)

Начав свою деятельность в 2009 г., НПО «Алмаз» несколько лет занималось научными исследованиями и разработками. Одно из направлений работы компании было связано с технологиями входного контроля электронной компонентной базы. В 2013 г. на предприятии был создан центр компетенции в области разработки оснасток к тестовому оборудованию и их программированию.

Первым заказчиком предприятия стало «НПО автоматики» – одно из крупнейших предприятий России в области разработки и изготовления систем управления и радиоэлектронной аппаратуры для ракетной и космической техники, а также для автоматизации технологических процессов в различных отраслях промышленности. На сегодня заказчиками НПО «Алмаз» являются многие крупные производственные предприятия, специфика деятельности которых требует 100-процентного контроля входных компонентов. Прежде чем приступить к изготовлению измерительной оснастки для заказчика, специалисты НПО «Алмаз» тщательно анализируют номенклатуру электронных компонентов, которые используются на конкретном предприятии. По результатам анализа разрабатывается и изготавливается максимально универсальная оснастка, пригодная для тестирования большинства используемых микросхем.

НПО «Алмаз» изготавливает оснастки для контрольно-измерительного оборудования таких известных производителей, как FORM, EDA, Совтест, Teradyne и Keysight. В портфолио компании имеются также адаптеры собственной разработки.

Измерительная оснастка для оборудования Formula HF2 (см. рис. 1) предназначена для автоматизированного контроля функционирования и измерения электрических параметров микросхем согласно ТУ в нормальных климатических условиях. Обеспечивает измерение статических и динамических параметров, а также проведение функционального контроля. Реализует интерфейс взаимодействия с оператором.

Измерительная оснастка для проведения электротермотренировки ЭКБ на комплексе DM-24 (EDA), автоматизированного контроля функционирования и измерения электрических параметров микросхем согласно ТУ в расширенном диапазоне температур

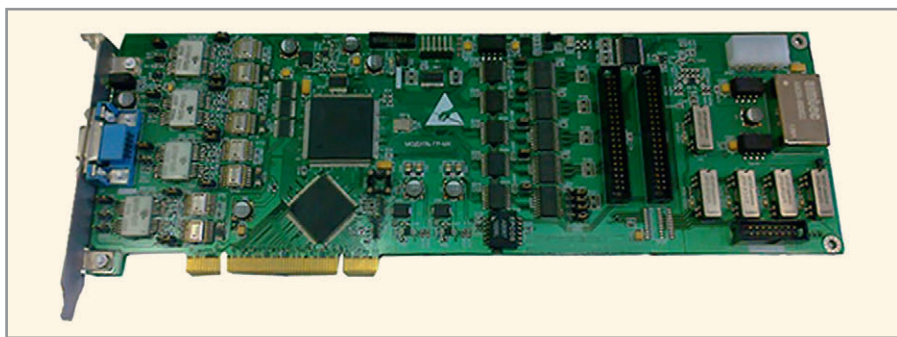


Рис. 3. Адаптер ГР-МК

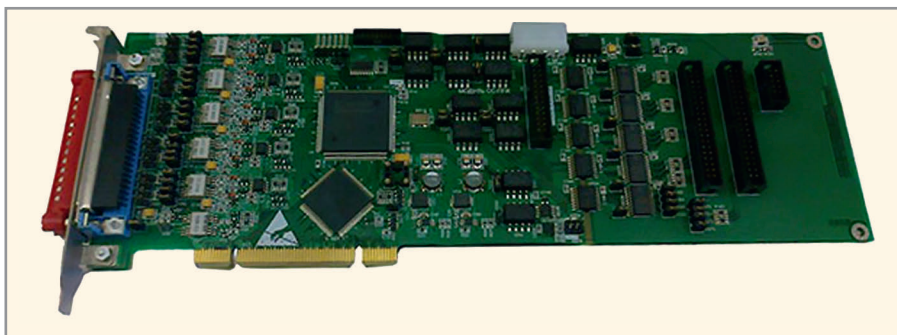


Рис. 4. Адаптер СС-ППК

(см. рис. 2) обеспечивает измерение статических параметров, а также проведение функционального контроля.

Адаптер ГР-МК (см. рис. 3) – это свободно-конфигурируемый модуль гальванической развязки дискретных импульсных сигналов. Он используется как программируемый интерфейс, ввод-вывод манчестерского кода, формирователь последовательностей импульсов и для многих других применений.

Адаптер СС-ППК (см. рис. 4) также является свободно-конфигурируемым модулем гальванической развязки дискретных импульсных сигналов, который используется как программируемый интерфейс, ввод-вывод парафазного последовательного кода, формирователь последовательностей импульсов, а также для других применений.

Изображенный на рисунке 5 адаптер LB-120/80 – свободно-конфигурируемый модуль дискретных сигналов на базе ПЛИС, используемый как программируемый интерфейс, ввод-вывод разовых команд, формирователь последовательностей импульсов и для многих других применений.

НПО «Алмаз» выполняет полный цикл работ по разработке и изготовлению нестандартного тестового оборудования в соответствии с требованиями конкретного заказчика.

Кроме того, предприятие на контрактной основе выполняет любые

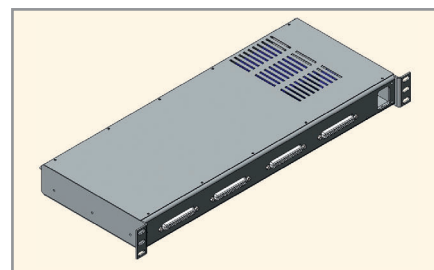


Рис. 5. Адаптер LB-120/80

работы, связанные со сборкой и монтажом печатных плат, а также изготавливает коммутационные устройства.

Высокий интеллектуальный потенциал, современное оснащение, актуальное ПО, оперативность менеджмента и опыт инженеров позволяют компании выполнить любую работу в сжатые сроки и на высоком технологическом уровне. Все вопросы, возникающие у технических специалистов заказчика, решаются быстро и грамотно. Профессиональная команда НПО «Алмаз» умеет оперативно реагировать на изменения в процессе производства заказчиков и предлагает оптимальные решения по приобретению и комплектации измерительного и тестового оборудования российского и зарубежного производства.

620102, г. Екатеринбург,
ул. Волгоградская, д. 193, оф. 203
Тел.: +7 (343) 344-50-82;
Факс: +7 (343) 344-50-80
E-mail: info@npoalmaz.ru
www.npoalmaz.ru

Магнитотерапевтические установки и аппараты отечественного производства

Сергей Шишкин (г. Саров, Нижегородская обл.)

В статье приведён обзор отечественных магнитотерапевтических установок и аппаратов с номинальной потребляемой мощностью более 100 ВА.

ВВЕДЕНИЕ

Ещё лет 30 назад официальная наука была уверена, что слабые электромагнитные поля не оказывают существенного влияния на биологические структуры и живой организм, а полезный эффект магнитотерапии подвергался сомнению в медицинских кругах. Но благодаря инициативным исследованиям, которые проводились в московском Институте высшей нервной деятельности (Ю.А. Холодов), в Институте биофизики (Ю.Г. Григорьев) (Москва), в Институте биофизики клетки в городе Пущино (В.В. Леднёв) и других учреждениях, магнитобиология и магнитотерапия получили широкое признание и развитие.

Распространение магнитотерапии в лечебной практике обусловлено появлением технических средств, создающих переменное вращающееся магнитное поле, и методов их применения. Принципы разработки аппаратов и систем для магнитотерапии, методики построения отдельных узлов магнитотерапевтической аппаратуры изложены в работах Ю.М. Райгородского, Ю.В. Малкова, Г.Р. Соловьёвой, Д.А. Синицкого и других. Одной из пер-

вых областей медицины, где для лечения начали использовать магнитное поле, была онкология. Базируясь на исследованиях влияния магнитного поля на экспериментальные опухоли, профессор Д.А. Синицкий предложил способ лечения злокачественных опухолей и описал магнитотерапевтическую установку, обеспечивающую дозированное воздействие вращающегося магнитного поля на организм.

Современная магнитотерапия – безболезненный и безопасный для пациентов метод лечения. В настоящее время накоплен большой опыт научных исследований и лечебной практики в области воздействия слабых магнитных полей на биологические структуры и организм человека. В последнее десятилетие наблюдается усиление интереса врачей-физиотерапевтов к общей магнитотерапии (ОМТ): воздействию магнитным полем порядка 1...3,5 мТл на всё тело человека или большую его часть путём помещения пациента внутри индуктора большого диаметра. Такое воздействие позволяет одновременно влиять на основные системы организма, обмен веществ и окислительно-восстановительные процессы.

Современные физиотерапевтические аппараты создают низкочастотное переменное магнитное поле (вращающееся и бегущее). Лечебный эффект ОМТ связывают с развитием ответных реакций организма на действие магнитного поля, как в виде физико-химических изменений в первичных механизмах гомеостаза, так и путём неспецифической адаптации систем общего реагирования (иммунной, нервной, гуморальной), изменяющих реактивность организма и активирующих компенсаторные механизмы.

Опыт клинического применения магнитотерапевтических установок свидетельствует о целесообразности сочетания ОМТ с традиционными методами лечения. Однако следует признать, что среди медиков остаётся немало скептиков, которые не принимают магнитотерапию и не признают её как способ лечения.

ОБЗОР ОТЕЧЕСТВЕННЫХ УСТАНОВОК

Магнитотерапевтическая установка УМТИ-3Ф (далее установка) производства завода «Авангард» (г. Саров) предназначена для лечения различных заболеваний путём воздействия на пациента охватывающих и перемещающихся в пространстве магнитных полей.

Установка состоит из блока управления и индуктора. Индуктор представляет собой три кольца-соленоиды диаметром 800 мм. Кольца могут компоноваться либо в призму – для создания вращающегося электромагнитного поля, либо в цилиндр – для создания линейно перемещающегося в пространстве поля. Электронная часть установки (блок управления) должна обеспечивать создание импульсов затухающего трёхфазного переменного магнитного поля с возможностью изменения индукции, длительности воздействия и пространственной конфигурации, а также электробезопасность медицинской техники. Структурная схема установки приведена на рисунке 1, а её основные параметры – в таблице 1.

С целью улучшения массогабаритных и энергетических характеристик уста-

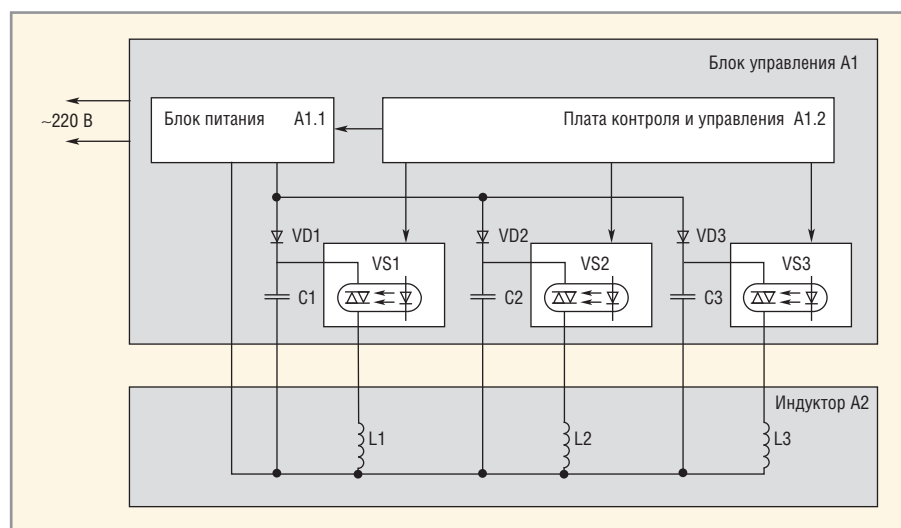


Рис. 1. Структурная схема установки УМТИ-3Ф

новки и расширения диапазона амплитудно-частотных характеристик магнитного поля в установке применён трёхфазный генератор, выполненный в виде трёх одинаковых зарядно-разрядных контуров. Каждый контур содержит накопительный конденсатор, разрядный ключ (оптотиристор) и соленоид индуктора. Заряд конденсатора контура осуществляется от блока питания через развязывающий диод. Разряд конденсаторов осуществляется импульсами от блока управления достаточной длительности. Благодаря применению накопительных конденсаторов, напряжение заряда может изменяться в широких пределах, как и амплитудное значение напряжённости магнитного поля в индукторе.

Конструктивно установка состоит из блока управления А1 (см. рис. 1) и индуктора А2. Индуктор представляет собой комбинацию из трёх соленоидов (L1, L2, L3) и крепёжных приспособлений, которые дают возможность скомпоновать соленоиды в цилиндр или призму и получить, соответственно, бегущее или вращающееся магнитное поле. Блок управления содержит плату контроля и управления А1.2 (далее – ПКУ) и силовую часть:

- блок питания А1.1;
- конденсаторы С1–С3;
- диоды VD1–VD3;
- оптотиристоры VS1–VS3.

Принцип действия установки заключается в следующем. Плата контроля вместе с блоком питания А1.2 осуществляют регулируемый заряд трёх накопительных конденсаторов С1–С3. Затем ПКУ выдаёт три задержанных относительно друг друга импульса, управляющих оптотиристорами VS1–VS3, соответственно. Через оптотиристоры осуществляется разряд накопительных конденсаторов на три соленоида L1, L2 и L3 индуктора А2 в виде свободно затухающих синусоидальных токов в LC-контуре, фазы которых смещены на 120 электрических градусов. Внешний вид установки представлен на рисунке 2, где соленоиды индуктора скомпонованы в цилиндр, а лицевая панель блока управления показана на рисунке 3.

Завод «Авангард» также выпускает установку для лечения низкочастотным вращающимся электромагнитным полем УВМП-2,5/100. В отличие от УМТИ-3Ф, она является стационарной и состоит из лечебной камеры, блоков трансформатора, выпрямителя и гене-

ратора. Внешний вид УВМП-2,5/100 представлен на рисунке 4. Основные технические характеристики установки приведены в таблице 2.

Установка обеспечивает возможность модуляции амплитуды индукции магнитного поля по квазилинейному закону в цикле от нуля до заданного значения и от заданного значения до нуля с периодом модуляции 120 с ($\pm 10\%$). Алгоритм работы установки предусматривает:

- ручную установку и регулировку необходимой для процедуры амплитуды модуляции магнитной индукции и квазилинейное циклическое изменение индукции (модуляцию) в автоматическом режиме;
- автоматическую отработку заданного переключателями числа циклов модуляции;
- возможность ручной остановки цикла модуляции в любой момент;
- изменение вручную направления вращения поля.

Время установления рабочего режима с момента включения установки составляет не более 10 минут. Конструкция установки обеспечивает лёгкий доступ к основным деталям, что облегчает её ремонт и обслуживание.

ООО «Мидас» (г. Саров) является разработчиком и производителем магнитотерапевтической установки УМТИ-3ФА, которая по техническим характеристикам и функциональным возможностям является полным анало-



Рис. 2. Внешний вид установки УМТИ-3Ф



Рис. 3. Блок управления установкой УМТИ-3Ф

гом установки УМТИ-3Ф и отличается от неё только интерфейсом управления (см. рис. 5).

По своим характеристикам, магнитотерапевтическая установка УМТИ-3ФА является мобильным аналогом стационарных установок «Магнитотурбо-

Таблица 1. Основные технические характеристики УМТИ-3Ф

Характеристики	Параметры
Сетевое напряжение питания, В	220 $\pm$ 20%, 50 Гц
Потребляемая мощность, не более, ВА	150
Количество соленоидов в индукторе, шт.	3
Диаметр соленоида, не более, мм	800
Максимальная индукция ($B_{\text{макс}}$), мТл:	
– в центре соленоида	4 $\pm$ 0,7
– вблизи соленоида	26 $\pm$ 6
Рекомендуемое расстояние между индукторами, м	2
Диапазон регулировки индукции в центре соленоида, $B_{\text{макс}}$	от 0,1
Дискретность задания индукции, мТл	0,5
Частота колебаний тока в соленоиде, Гц	100 $\pm$ 15
Частота повторений импульсов тока в соленоиде, Гц	1 $\pm$ 0,1
Максимальная длительность сеанса, мин	99
Дискретность задания сеанса, мин	1
Вид поля при компоновке соленоидов:	
– цилиндр	Бегущее поле
– призма	Вращающееся поле
Время непрерывной работы, ч	Не ограничено
Габаритные размеры блока управления (д $\times$ ш $\times$ в), мм	300 $\times$ 250 $\times$ 140
Масса блока управления, не более, кг	8
Масса индуктора, не более, кг	11
Условия эксплуатации:	
– температура окружающей среды, °С	+15...+35
– давление, мм рт. ст.	645...795
– относительная влажность, %	45...75



Рис. 4. Установка УВМП-2,5/100 «Авангард» в действии

трон», «Алма», «Эол» и «УВМП2,5/100». Установка реализует новый метод лечения заболеваний перемещающимся в пространстве импульсным синусоидальным магнитным полем. При индивидуальном подборе параметров воздействующего поля установка выводит организм пациента на стадию реакции активации. Эффект воздействия носит неспецифический характер. Сходные реакции живых организмов можно получить в результате применения ряда фармацевтических препаратов (жень-

шень, мумиё и другие). Помимо благотворного воздействия импульсами магнитного поля на физико-химические процессы, протекающие в организме человека, установка УМТИ-3ФА оказывает размагничивающее действие, так как её импульсы магнитного поля формируются токами в виде свободно затухающих колебаний частотой 100 Гц.

Ассортимент магнитотерапевтической аппаратуры выпускает и ООО НПЦ «ММЦ «Мадин» (г. Нижний Новгород). Это магнитотерапевтические установ-



Рис. 5. Лицевая панель блока управления установкой УМТИ-3ФА



Рис. 6. Внешний вид установки «Колибри-Эксперт» вместе со специализированной кушеткой для пациента

ки УМТИ-3Ф в исполнениях «Колибри» и «Колибри-Эксперт», «Магнитотурботрон Люкс» (УМТвп – «Мадин») и «Магнитотурботрон Стандарт». Внешний вид «Колибри-Эксперт» вместе со специализированной кушеткой для пациента представлен на рисунке 6. Основные технические характеристики установок «Колибри» и «Колибри-Эксперт» приведены в таблице 3.

УМТИ-3Ф «Колибри-Эксперт» – это импульсная трёхфазная магнитотерапевтическая установка с бегущим магнитным полем и специализированной кушеткой для пациента, которая создаёт импульсы затухающего переменного магнитного поля с вариациями индукции 3,5...32 мТл. Установка оказывает воздействие на весь организм, менее равномерное и более слабое, чем «Магнитотурботрон Люкс», однако позволяет направить максимальную индукцию на определённые области тела пациента. «Колибри-Эксперт» обеспечивает четыре режима воздействия, возможность быстрого изменения конфигурации соленоидов, безопасность и отсутствие побочных эффектов, мобильность, малые габариты и простоту в использовании. Специализированная кушетка позволяет пациенту удобно лежать во время процедуры, а персоналу – быстро изменять конфигурацию трёх соленоидов, чтобы создать вращающееся импульсное магнитное поле («призма») или бегущее импульсное магнитное поле («цилиндр»), охватывающее всё тело.

Таблица 2. Основные технические характеристики установки УВМП-2,5/100 «Авангард»

Характеристики	Параметры
Сетевое напряжение питания, В	380 ± 10%, 50 Гц
Потребляемая мощность, не более, ВА	2000
Максимальная индукция ($B_{\text{макс}}$), мТл	2,5 ± 0,5
Диапазон регулировки индукции от уровня, $B_{\text{макс}}$	0,25; 0,5; 0,75; 1
Рекомендуемое расстояние между лечебными камерами, м	2
Дискретность задания индукции, мТл	0,5
Частота вращения магнитного поля, Гц	100 ± 10
Внутренний диаметр лечебной камеры, мм	715
Усилие перемещения ложементов под нагрузкой 150 ± 2, не более, кг	150
Вид полей	Электромагнитное, переменное, низкочастотное, равномерное, вращающееся (вихревое)
Время непрерывной работы, ч	8
Габаритные размеры установки, мм:	
– лечебная камера	2500 × 1060 × 1320
– блок трансформатора	480 × 375 × 312
– блок выпрямителя	485 × 375 × 174
– генератор	485 × 375 × 174
Высота ложементов над уровнем пола, не более, мм	700
Масса, не более, кг:	
– лечебная камера	670
– блок трансформатора	44
– блок выпрямителя	15
– генератор	17
Условия эксплуатации:	
– температура окружающей среды, °С	+15...+35
– давление, мм рт. ст.	645...795
– относительная влажность, %	45...75

Таблица 3. Основные технические характеристики установок «Колибри» и «Колибри-Эксперт»

Характеристики	Параметры	
	«Колибри»	«Колибри-Эксперт»
Сетевое напряжение питания, В	220 ± 20%, 50 Гц	
Потребляемая мощность, не более, ВА	180	
Количество соленоидов в индукторе, шт.	3	
Диаметр соленоида, не более, мм	830	
Максимальная индукция ($B_{\text{макс}}$), мТл – в центре соленоида, не менее – вблизи соленоида	3,5 28 ± 6	
Диапазон регулировки индукции, В _{макс}	от 0,1	
Дискретность задания индукции, мТл	0,5	
Частота колебаний тока в соленоиде, Гц	100 ± 15	
Период повторения импульсов тока в соленоиде	1 с ± 10%	Режим 1, 2 и 3 – 1 с ± 10%; режим 4 – 2 с ± 10%
Длительность сеанса, мин	от 5 до 60	
Дискретность задания сеанса, мин	5	1
Вид поля при компоновке соленоидов: – цилиндр – призма	Бегущее поле Вращающееся поле	
Время непрерывной работы, ч	8	
Габаритные размеры блока управления, мм	220 × 300 × 120	310 × 260 × 130
Габаритные размеры кушетки, не более, мм	2200 × 550 × 640	
Масса блока управления, не более, кг	5	
Масса индуктора, кг, не более	8	
Наличие специализированной кушетки для пациента	Да	
Масса кушетки, не более, кг	35	
Режимы воздействия	Перемещение поля по соленоидам 1-2-3 (вращение или перемещение в одну сторону)	– Перемещение поля 1-2-3 (вращение или перемещение в одну сторону); – перемещение поля 3-2-1 (вращение или перемещение в обратную сторону); – чередование через 1 цикл перемещения поля 1-2-3, затем 3-2-1 (прямое–обратное–прямое и так далее); – скачкообразное перемещение неперекрывающихся полей



ICAPE GROUP

ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ И ЗАКАЗНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДЕТАЛИ

Компания Айкейп:

- **25** заводов по производству печатных плат разной степени сложности
- **50** заводов по производству заказных технических деталей
- ультрасовременный сервисный центр с собственной лабораторией в Китае
- двойной контроль качества
- военная приёмка
- конкурентоспособные цены и продукция наилучшего качества

Хотите узнать больше?
Мы будем рады помочь!

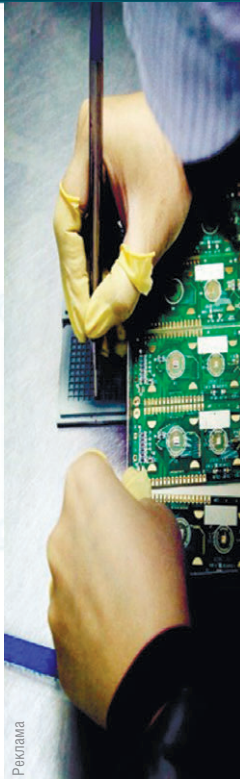
ICAPE GROUP
Immeuble Volta
33 Avenue du Général Leclerc
92260 Fontenay Aux Roses - France
Tel : +33 1 58 18 39 10
Fax : +33 1 46 44 66 95
www.icape-group.com

ООО АЙКЕЙП РУС
г. Москва
ул. Горбунова, 2 оф. 321В
Тел.: +7 495 269 03 49
Natalia.tarnavskaya@icaperussia.com









Реклама



Рис. 7. Рекламная листовка «Магнитотурботрон Люкс»

Установка «Магнитотурботрон Стандарт» по своему техническому уровню соответствует УВМП-2,5/100 «Авангард» и отличается современным дизайном и удобным интерфейсом управления в виде сенсорного дисплея. Аппарат соответствует современным требованиям практического здравоохранения, обеспечивая защиту от неправильного включения и перепадов напряжения в электросети, широкие возможности выбора частотных характеристик магнитного поля, законов модуляции, продолжительности цикла и процедуры, направления вращения поля. Надёжность и стабильность работы установки повышена за счёт перехода на современную элементную базу.

Установка «Магнитотурботрон» имеет два режима работы: «Стандарт» и «Эксперт». В режиме «Стандарт» предусмотрено десять типов процедур, параметры которых апробированы во многих медицинских учреждениях. Это значительно облегчает работу врача и медсестры кабинета физиотерапии. Режим

«Эксперт» позволяет регулировать параметры процедуры. Медсестра осуществляет регистрацию пациента и вводит в параметры процедуры, назначенной врачом, частоту и закон модуляции, максимальную индукцию, длительность цикла, продолжительность процедуры и направление вращения магнитного поля. Согласно заданной программе, в лечебной камере аппарата создаётся однородное модулированное вращающееся магнитное поле. В каждой точке полости индуктора вектор магнитного поля делает полный оборот в плоскости перпендикулярно оси индуктора с заданной частотой и направлением. При этом модуль вектора изменяется от нуля до максимальной величины и циклически повторяется в соответствии с назначенными параметрами. Внешний вид установки «Магнитотурботрон Люкс» представлен на рисунке 7. Основные технические характеристики установок «Магнитотурботрон Люкс» и «Магнитотурботрон Стандарт» приведены в таблице 4.

ООО «Алма» (г. Бийск) выпускает одноимённый аппарат «Алма». Его прототипом является установка «Магнитотурботрон-2», которая была разработана и изготовлена в 1975 г. в Кубанском медицинском институте (г. Краснодар) изобретателем Синицким Д.А. для лечения злокачественных опухолей. Многолетняя практика эксплуатации аппарата «Алма» в медицинских учреждениях

различных регионов России показала, что он имеет необычайно широкий спектр лечебного применения, включая самые различные заболевания: воспалительные, дистрофические, опухолевые, дисгормональные, сосудистые и многие другие. Эффективность же лечения многих заболеваний, например, артериальной гипертонии, ВСД, опорно-двигательного аппарата, сосудов головного мозга, кожных и прочих, превышает 85%. Аппарат прост в эксплуатации: одна медсестра может принимать до 30 человек в день. «Алма» не требует отдельного помещения и может работать в общем кабинете физиотерапии, не влияя на работу других аппаратов. Основные технические характеристики аппарата «Алма» приведены в таблице 5.

Внешний вид аппарата «Алма» в физиотерапевтическом кабинете представлен на рисунке 8. Три слоя экранирования в корпусе индуктора подавляют излучение электромагнитных волн во внешнее пространство, что в корне отличает аппарат «Алма» от аналогов серии «Магнитотурботрон» (подтверждено испытаниями на соответствие требованиям по ЭМС). Применение технических решений на уровне изобретений в конструкции индуктора обеспечивает генерацию однородного магнитного поля по всей длине лечебной камеры, что исключает передозировку магнитной индукции в одних частях организма человека и недостаточную дозировку в других частях. Силовой фильтр обеспечивает генерирование вращающегося магнитного поля строго заданной частоты вращения в пределах 50...150 Гц, без паразитных гармоник, которые могут неблагоприятно влиять на организм человека.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отечественные производители представляют на рынке стационарные установки и аппараты из серии магнитотурботрон, а также её мобильный аналог – магнитотерапевтическую установку УМТИ-3Ф (или её модификации). Технические характеристики установок и аппаратов и конструкция аппаратов из серии магнитотурботрон, представленных в публикации, отличаются незначительно. Они находятся приблизительно в одной ценовой категории. Отличия установок заключаются в дизайне, в алгоритме работы, в интерфейсе управления. Конструкция магнитотурботрона предусматривает индук-

Таблица 4. Основные технические характеристики установок «Магнитотурботрон Люкс» и «Магнитотурботрон Стандарт»

Характеристики	Параметры	
	«Магнитотурботрон Стандарт»	«Магнитотурботрон Люкс»
Вид поля	Электромагнитное, переменное, низкочастотное, равномерное, вращающееся (вихревое)	
Максимальная индукция (B_{max}), мТл	3	
Диапазон регулировки индукции, В _{макс}	от 0	
Частота магнитного поля, Гц	50...150	
Дискретность регулировки частоты, Гц	1	
Направление вращения поля	Прямое и обратное (реверс)	
Длительность цикла, с	30–120	
Дискретность регулировки длительности цикла, с	1	
Длительность процедуры, мин	5–60	
Законы модуляции	Плато, синусоидальные sinA, sinB, sinC, треугольный, трапециевидный, прямоугольно-выпрямленный	
Параметры питающей сети: – напряжение питания, В – потребляемая мощность рабочая / максимальная, кВт	380 2 / 4,5	
Масса лечебной камеры, не более, кг	450	480
Лечебная камера без ложементов (д × ш × в), мм	1770 × 960 × 1120	1940 × 1100 × 1185
Внутренний диаметр лечебной камеры, мм	715	710
Длина лечебной камеры с задвинутым / выдвинутым ложементом, мм	2160 / 3190	2500 / 3625
Ложемент для пациента (длина / ширина), мм	2180 / 625	2320 / 625
Ход ложементов, мм	1030	1125
Необходимая площадь помещения, не менее, м ²	10	12

тор лечебной камеры и блок управления (или блоки управления). Наличие сетевого интерфейса в блоке управления (RS-485, Ethernet и другие) позволяет управлять установкой с помощью ПК.

Всё вышесказанное в полной мере относится и к установке УМТИ-3Ф и её модификациям. Конструкция УМТИ-3Ф предусматривает индуктор (состоящий из трёх колец, которые komponуются в разной конфигурации) и блока управления. Интерфейс управления у модификаций УМТИ-3Ф может быть разным.

В настоящее время магнитотерапевтические установки и аппараты очень широко применяются в лечебной практике медицинскими учреждениями санаторно-курортного типа.

В санаториях Нижегородской области, Чувашии, Татарстана и Кисловодска есть приличные, хорошо оборудованные физиотерапевтические кабинеты, оснащённые отечественными магнитотурботронами. Магнитотерапевтические процедуры, как правило, платные. Отечественные производители могут полностью обеспечить потребности отечественных медиков и медиков ближнего зарубежья в магнитотерапевтической аппаратуре.

Следует отметить, что у нас стране продолжаются исследования влияния переменного магнитного поля на биологические структуры как на фундаментальном, так и на прикладном уровне (РФЯЦ-ВНИИЭФ, г. Саров). Наверное,



Рис. 8. Аппарат «Алма» в кабинете физиотерапевта

Таблица 5. Основные технические характеристики аппарата «Алма»

Характеристики	Параметры
Габариты лечебной камеры с выдвинутой кушеткой, мм	4210 × 970 × 1140
Масса камеры, не более, кг	500
Максимальная индукция ($B_{\text{макс}}$), не более, мТл,	3,8
Частота поля, Гц	50...150
Шаг дискретности при установке частоты, Гц	1:2
Режимы модуляции	Любые, имеющие аналитическое описание
Продолжительность цикла, с	2-198
Количество циклов	1-99
Время непрерывной работы, ч	8
Требуемая площадь, не менее, м ²	15
Питание от трёхфазной сети, В	380
Частота, Гц	50
Максимальная потребляемая мощность, кВт	2,5
Вращение магнитного поля имеет реверс по часовой стрелке (знак «+») и против часовой стрелки (знак «-»)	Врач может подбирать индивидуальные программы лечения в зависимости от магнитной чувствительности пациента

в среднесрочной перспективе будут созданы новые, более эффективные магнитотерапевтические установки и аппараты. Соответственно, будут реализованы новые, более совершенные, более эффективные методики лечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Синицкий С.Д., Синицкий Д.А. Магнитотерапевтическая установка «Магнитотурботрон». Патент SU 1588425.
2. Масалов Ю.А., Свириденко С.А., Свириденко А. С. Патент РФ №2088278.



Новости мира News of the World Новости мира

«Промышленная Светотехника 2015»

7–9 октября 2015 г. в Санкт-Петербурге состоится специализированная выставка светотехнических решений для промышленности, городского хозяйства и деловой инфраструктуры «Промышленная Светотехника 2015». Выставка пройдет в рамках XIX Международного форума «Российский Промышленник» и одновременно с Петербургским международным газовым форумом.

Мероприятие рассчитано на специалистов в области комплексного решения светотехнических проектов, выбора и оснащения осветительными приборами промышленных помещений, мест общего пользования (офисы, торговые центры, учебные заведения, государственные учреждения), объектов транспортной и городской инфраструктуры.

Выставка впервые пройдет в новом конгрессно-выставочном комплексе Петербур-

га – ЦВК «Экспофорум», открытие которого состоялось в октябре 2014 г.

Тематика экспозиции:

- светотехника для производственных помещений;
- аварийное и уличное освещение;
- освещение тоннелей;
- дорожные знаки и светофоры;
- освещение мест общего пользования (административных зданий, больниц, поликлиник, учебных заведений);
- архитектурная подсветка;
- светотехника для транспортной инфраструктуры;
- технологии снижения энергопотребления, энергосервисные контракты;
- компоненты и материалы для производства светотехнической продукции.

В рамках деловой программы состоится Международная конференция «Светотехническая продукция для промышлен-

ности, города, деловой инфраструктуры». Секции конференции:

- Lumen – промышленная светотехника;
- производство светотехники;
- уличное освещение, светодизайн.

В 2014 г. в выставке приняли участие ведущие поставщики промышленной и уличной светотехники в Северо-западном регионе: «Фокус-СПб», «Лазер-Граффити», «Энерго-Арсенал», «Позитрон», «Ферекс», «ВИЛЕД-Светотроника», НТП ТКА, «Интессо», «Физтех-Энерго», «Элтроник», «ИКСЛАЙТ», LightBurg, «Норд Инвест», «КЭП-Инжиниринг» и другие. Выставку посетил губернатор Санкт-Петербурга Г.С. Полтавченко. Экспозиция привлекла внимание более 1500 целевых посетителей, а общее количество зарегистрированных посетителей «Российского Промышленника» составило 12 000 человек из 12 регионов РФ и 6 зарубежных стран.

www.promlight-expo.ru



Теория и практика автоматического управления в робототехнике

Андрей Антонов (Волгоград)

В статье представлены базовые понятия теории автоматического управления и рассмотрены практические моменты компьютерной реализации управления движением мобильного робота.

Автоматическое управление

Одной из основных задач, решаемых в робототехнике, является задача управления. Если техническая система работает без участия человека, то её называют «автоматическая система». Разработкой общих принципов реализации автоматического управления, методов анализа и синтеза систем автоматического управления занимается научная дисциплина под названием «Теория автоматического управления» (ТАУ). ТАУ является частью технической кибернетики – науки, изучающей процессы управления и обработки информации в технических системах. Зачастую в качестве синонима названию «Теория автоматического управления» используется «Теория автоматического регулирования». В зарубежной литературе применяется термин "Control Theory".

Сталкиваясь с задачами управления, мы всегда имеем дело с двумя объектами – управляемым, или объектом управления, и управляющим, который называют регулятором или контроллером. Воздействие регулятора на объект управления производится обыч-

но через исполнительные устройства, называемые приводами. Приводы усиливают и преобразуют сигнал управления. Например, электрический управляющий сигнал трансформируется в перемещение руки манипулятора в промышленном роботе. Для «осознания» регулятором объекта управления используются датчики – устройства, измеряющие те характеристики объекта, которыми необходимо управлять. Различные элементы обмениваются между собой информацией, используя каналы связи, в качестве которых может выступать электрический ток, воздух (пневматические системы), жидкость (гидравлические системы), компьютерные сети [1].

Для реализации управления технической системой используется принцип обратной связи. Основная идея обратной связи состоит в том, что текущее значение на выходе системы непрерывно сравнивается с требуемым эталонным значением (уставкой) и состояние входа системы корректируется таким образом, чтобы свести к нулю любое отклонение выхода от уставки.

Другими словами, если значение контролируемого физического параметра на выходе велико, то производятся корректировки параметра на входе, которые приводят к снижению выходной величины. Если же значение на выходе меньше уставки, то вход корректируется таким образом, чтобы увеличить значение на выходе системы. Таким образом, реализуется управление по ошибке, стремящееся свести рассогласование к нулю. Поскольку информация в системе с обратной связью передается по замкнутому контуру, то такие системы ещё называют замкнутыми системами.

Обобщённо идея управления состоит в использовании информации о состоянии объекта для выработки управляющего сигнала. Схема системы управления с обратной связью показана на рисунке 1.

Если же выход системы в расчёт не принимается, то такая система является разомкнутой. В ней регулятор не получает никакой информации о реальном состоянии объекта. В этом случае, чтобы иметь возможность построить программу управления, должно быть точно известно поведение объекта управления. Разомкнутые системы часто называют системами программного управления. Примером системы программного управления является электронное информационное табло. Структурная схема разомкнутой системы управления приведена на рисунке 2.

Типы задач, решаемых с использованием автоматических систем управления:

- стабилизация – это поддержание заданного режима работы (уставка равна константе);
- программное управление – это управление с использованием заданной программы. В этом случае задающий сигнал меняется, но является заранее неизвестным;
- слежение за неизвестным сигналом.

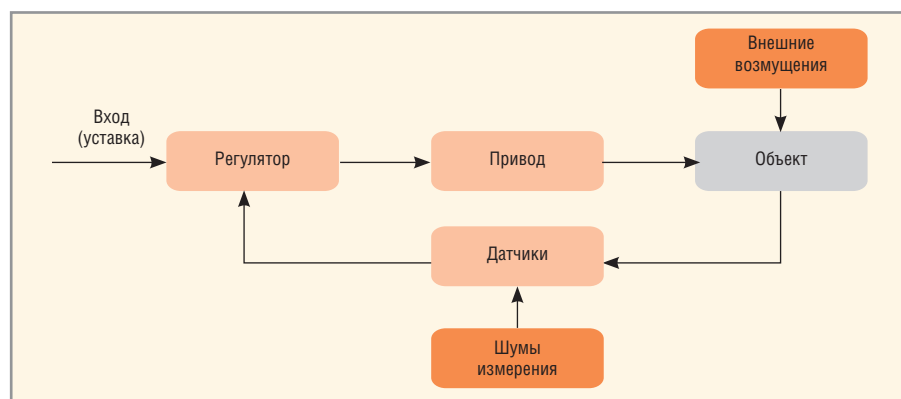


Рис. 1. Система автоматического управления с обратной связью

РЕГУЛЯТОРЫ

Рассмотрим, каким образом могут быть реализованы регуляторы в системах автоматического управления.

Первым вариантом является реализация пропорционального управления, когда величина коррекции уставки пропорциональна величине ошибки. В результате небольшая ошибка будет приводить к небольшой корректировке, а большая ошибка приведёт к большому корректирующему действию. То есть выходной сигнал регулятора $u_p(t)$ будет пропорционален ошибке слежения $e(t)$:

$$u_p(t) = k_p e(t), k_p > 0,$$

где k_p – усиление регулятора, положительная константа.

Фактически пропорциональный регулятор является усилителем. При использовании пропорционального, или, как его ещё называют, П-регулятора, выход системы будет всегда меньше значения уставки. Причиной является то, что П-регулятор имеет на выходе ненулевое значение только в случае ненулевого входа. Если ошибка слежения отсутствует, то пропорциональный регулятор не создаёт выходного сигнала. Практически на входе мы всегда будем иметь ненулевое значение в стационарном состоянии. Следствием этого будет сохранение некоторой статической ошибки. Эта ошибка может быть уменьшена за счёт увеличения усиления регулятора k_p , но при слишком больших значениях это может привести к автоколебаниям и потере устойчивости системы. Значение регулируемой величины в П-регуляторе никогда не стабилизируется на заданном значении, поэтому для устранения статической ошибки нам нужен другой способ. Конечно, можно изначально задать большее значение уставки, но существует вид регулятора, который позволяет устранить статические ошибки автоматически. Это приводит нас к интегральному управлению.

Интегральное управление – это стратегия, основанная на общей накопленной ошибке. П-регулятор основывается только на отслеживании мгновенной ошибки. Если ошибка слежения мала, то пропорциональный регулятор теряет свою эффективность (так как результирующие корректировки также будут малы). Одним из способов «усиления» таких маленьких статических оши-

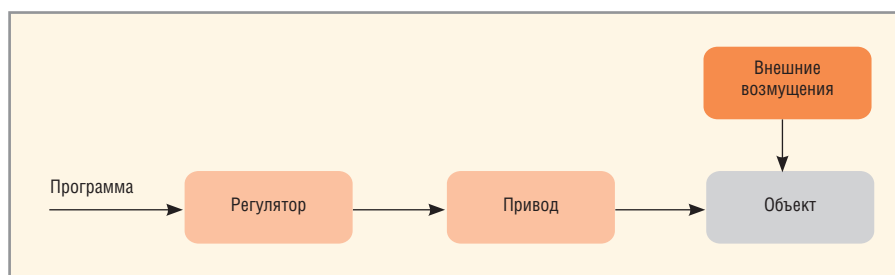


Рис. 2. Система программного управления

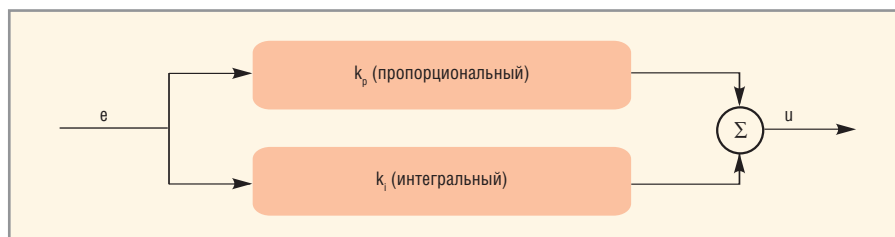


Рис. 3. Схема ПИ-регулятора

бок является использование накопленной ошибки с течением времени, что обеспечивает значительный уровень управляющего сигнала. С другой стороны, если ошибка слежения равна нулю, то накопленное значение также будет нулевым. В этом заключена идея интегрального управления.

Выход интегрального регулятора пропорционален интегралу ошибки слежения за промежуток времени:

$$u_i = k_i \int_0^t e(\tau) d\tau,$$

где $k_i > 0$ – константа.

В случае дискретного времени в цифровых системах интеграл заменяется суммой ошибок, и интегральный регулятор реализуется в виде сумматора значений ошибок. Этот подход легко реализуется в виде схемы рекурсивного обновления [2]:

$$E_t = \delta t e_t + E_{t-1}, \\ u_{i,t} = k_i E_t,$$

где E_t – накопленная ошибка на временном шаге t , k_i – интегральное усиление и $u_{i,t}$ – выход интегрального регулятора в момент времени t .

Эта дискретная схема обновления предполагает, что управляющие действия производятся периодически. Коэффициент δt представляет собой промежуток времени между последовательными управляющими воздействиями, выраженный в единицах измерения времени (если мы измеряем время в секундах и производим 100 управляющих действий в секунду, то $\delta t = 0,01$, если же мы измеряем время в днях и производим одно обновление

в день, тогда $\delta t = 1$). Конечно, δt могло бы быть включено в коэффициент усиления регулятора k_i , но это означало бы, что при изменении частоты обновления усиление регулятора тоже бы изменилось. Поэтому лучше их разделить: δt включает временной интервал между последовательными обновлениями, а k_i независимо управляет вкладом интегрального члена на выход регулятора.

Зачастую пропорциональный и интегральный регуляторы включаются в схему параллельно (см. рис. 3). Такая реализация называется пропорционально-интегральным регулятором, или ПИ-регулятором, который наиболее часто используется на практике.

Выход интегрального регулятора зависит не только от мгновенного значения ошибки, но и от интеграла (или суммы) наблюдаемых ошибок слежения с начального момента времени. Эта зависимость от предыдущих значений приводит к тому, что интегральный регулятор обладает нетривиальной динамикой, которая может изменить качественное поведение всей замкнутой системы. В частности, интегральный регулятор может приводить к колебаниям, даже если управляемая система им не подвержена. При сохранении положительной ошибки слежения интегральная составляющая в регуляторе начнёт расти и результатом будет положительное значение входа системы, которое сохраняется даже после того, как ошибка слежения будет устранена. Вследствие чего выходной сигнал системы управления будет «промакиваться», и ошибка слежения станет отрицательной. В свою очередь ошиб-

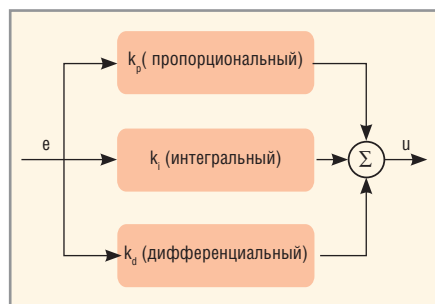


Рис. 4. Схема ПИД-регулятора

ка слежения уменьшает значение интегрального компонента.

В зависимости от выбранных значений для коэффициентов усиления регулятора k_p и k_i , эти колебания могут затухать более или менее быстро. Настройка регулятора представляет собой поиск таких значений параметров, которые бы приводили к приемлемому динамическому поведению системы с обратной связью.

Одним из основных положений ТАУ является линейность отношения между входом и выходом управляемого объекта: $y = Nu$. Это означает, что в установленном режиме мы имеем ненулевой выход при отличном от нуля входе. В цепи обратной связи мы пытаемся минимизировать ошибку слежения, но также мы используем эту ошибку в качестве входа регулятора. Каким же образом при отсутствии ошибки мы можем поддерживать выход ненулевым?

В случае с пропорциональным регулятором этого сделать нельзя. При пропорциональном управлении системе необходимо поддерживать остаточную, отличную от нуля, ошибку слежения для того, чтобы получить ненулевой выход. Но мы можем управлять ошибкой слежения вплоть до нуля и при этом сохранить выход системы управления ненулевым, при условии, что мы можем включить интегральное звено в регулятор.

Можно также включить дифференциальное звено в регулятор. В то время как интегральное звено отслеживает прошлые значения, дифференциальный регулятор пытается предвидеть будущее. Производная является скоростью изменения некоторой величины. Так, если производная ошибки слежения положительна, это означает, что ошибка слежения в настоящий момент растёт. И наоборот. Таким образом, корректировку можно производить сразу, противодействуя, тем самым, росту ошибки, даже если её значение ещё мало.

Выход дифференциального регулятора пропорционален производной ошибки слежения:

$$u_d(t) = k_d \frac{de(t)}{dt},$$

где $k_d > 0$ – константа.

В случае компьютерной реализации с дискретным временем, можно аппроксимировать производную e , изменением e с предшествующего момента времени. Дифференциальный регулятор может быть реализован в виде:

$$u_{d,t} = k_d \frac{e_t - e_{t-1}}{\delta t},$$

где δt – временной интервал между последовательными обновлениями.

Подобно интегральному регулятору, дифференциальный регулятор зависит от предыдущих значений e , следовательно, привносит свою нетривиальную динамику в систему.

Интегральные регуляторы очень «доброжелательны» и часто используются вместе с пропорциональными регуляторами, что нельзя сказать о дифференциальном управлении. Проблемой в последнем случае является потенциальное присутствие высокочастотного шума на входе регулятора.

Шумовая составляющая будет осциллировать возле нулевой отметки e , таким образом, в интегральном регуляторе она аннулируется. Однако если взять производную зашумлённого сигнала, то это только усилит влияние шума. Поэтому часто бывает необходимо сглаживание сигнала. Это добавляет сложности и нетривиальной динамики в регулятор. Также появляется риск «потери цели» при дифференциальном управлении. Если сгладить сигнал слишком сильно, то будут теряться изменения в сигнале, которые должны использоваться дифференциальный регулятор.

Ещё одной проблемой, связанной с дифференциальным управлением, является влияние резкого изменения уставки, что приводит к моментальному скачку значения на выходе дифференциального регулятора.

В то время как пропорциональное управление занимает центральное место в системах с обратной связью, а интегральное управление требуется для устранения статической ошибки, на практике дифференциальное управление используется не так уж и часто. Это не должно быть неожиданностью. Исследования показывают, что более

95% регуляторов, используемых в различных прикладных областях, принадлежат к типу ПИ-регуляторов [2].

Регулятор, включающий все три компонента (пропорциональный, интегральный и дифференциальный), называют ПИД-регулятором (см. рис. 4). Выход этого регулятора представляет собой комбинацию трёх его составляющих:

$$u_{PID}(t) = u_p(t) + u_i(t) + u_d(t) = k_p e(t) + k_i \int_0^t e(\tau) d\tau + k_d \frac{de(t)}{dt}.$$

Такая форма представления удобна для теоретической работы. Для практических приложений используется альтернативное представление, в котором коэффициенты объединены в общий коэффициент усиления:

$$u_{PID}(t) = k \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_d \frac{de(t)}{dt} \right].$$

Оба новых параметра T_i и T_d имеют ту же размерность, что и время. Обе формулы для $u_{PID}(t)$ эквивалентны и их параметры соотносятся как:

$$k = k_p, T_i = \frac{k_p}{k_i}, T_d = \frac{k_d}{k_p}.$$

Конечно, числовые значения параметров различны. При сравнении значений параметров регулятора нужно не забыть, к какому из двух представлений они относятся.

В схемах обновления с дискретным временем интегральная и дифференциальная составляющие достаточно просто реализуются в программном коде. Следующий класс реализует ПИД-контроллер:

```
class PidController:
    def __init__( self, kp, ki,
kd=0 ):
        self.kp, self.ki, self.kd
= kp, ki, kd
        self.i = 0
        self.d = 0
        self.prev = 0
    def work( self, e ):
        self.i += DT*e
        self.d = ( e - self.prev )/DT
        self.prev = e

        return self.kp*e + self.
ki*self.i + self.kd*self.d
```

Здесь множитель DT обозначает размер шага δt , который задаёт интервал между последовательными управляющими воздействиями и выражается в тех же единицах, что и время.

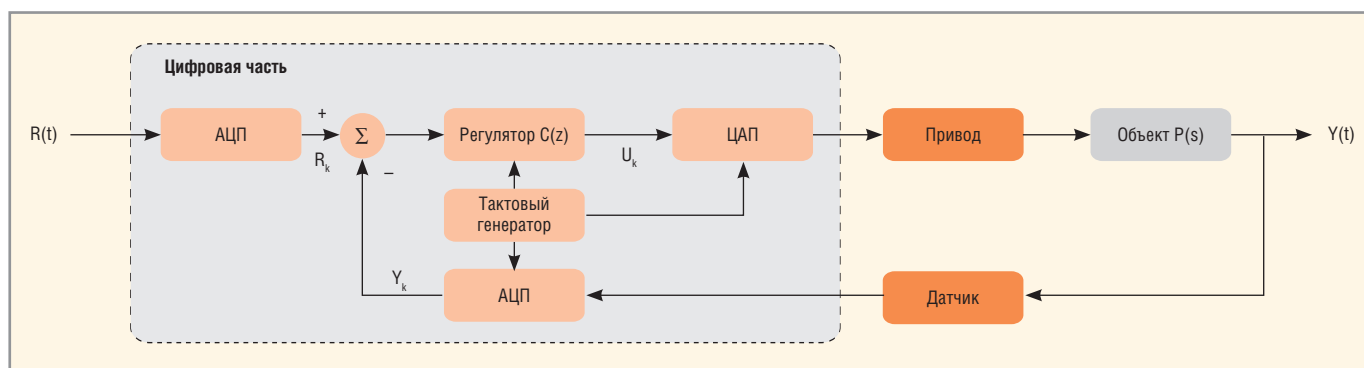


Рис. 5. Цифровая часть системы управления

ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ ЦИФРОВОЙ ЧАСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Большинство современных регуляторов, использующихся в системах управления, реализуются с применением микроконтроллеров и микропроцессоров. В случае реализации контроллера на базе компьютерной системы управления процесс чтения с аналоговых входов и установка выходов в определённые состояния происходят с некоторой периодичностью. По сравнению с вариантом аналоговой реализации это является недостатком, так как процесс выборки вносит временную задержку в контур управления. На рисунке 5 показана общая структурная схема системы управления, на которой выделена цифровая часть [3].

При программной реализации закона управления удобно будет разделить последовательность команд при обработке прерывания на четыре функции, как это показано на рисунке 6. Очень важно чтение входного сигнала с датчиков и синхронизация записи управляющего сигнала в цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) с правильной частотой. Поэтому эти процессы находятся в первой функции. В следующей функции, после сохранения значения счётчика и извлечения значений ЦАП, которые уже вычислены на предыдущем шаге, генерируются значения эталонных напряжений. Следом идут функции, включающие фильтры, которые производят скалярное или же векторное управление выходами. Наконец, реализуется пользовательский интерфейс для проверки значений параметров, а также для дальнейшей настройки и отладки.

Создание эталонной траектории является стартовой точкой. Эталонная траектория используется в качестве целевого значения в процессе управле-

ния и представляет собой набор значений установки при каждой обработке прерывания. В связи с этим она называется профилем движения. Правильное создание этого профиля важно, поскольку из-за того, что целью практического сервоуправления является не регулирование, а слежение, ошибки отслеживания и фиксации очень чувствительны к нему. Общий профиль трапецевидной формы вычисляется просто и требует постоянного тока в периоды ускорения и замедления. Однако сильные толчки (вследствие резких изменений ускорения и, следовательно, резких изменений приложенной силы) могут являться причиной серьёзных повреждений в динамических системах и вызывать нежелательные вибрации. Поэтому нужен сглаженный профиль, что требует более затратных по времени вычислений. Простой профиль движения можно задать при помощи полинома третьей степени:

$$\begin{aligned} y(t) &= a + bt + ct^2 + dt^3, \\ \dot{y}(t) &= b + 2ct + 3dt^2, \\ \ddot{y}(t) &= 2c + 6dt. \end{aligned}$$

На практике, уравнения, описывающие профиль движения, нормализуют и программируют в виде функций. Приняв ограничения:

$$\begin{aligned} y(0) &= 0, y(1) = 1, \\ \dot{y}(0) &= 0, \dot{y}(1) = 0, \end{aligned}$$

получим уравнения, которые уже реализуются в программном коде:

$$\begin{aligned} y\left(\frac{t}{T}\right) &= \left[3\left(\frac{t}{T}\right)^2 - 2\left(\frac{t}{T}\right)^3 \right] S, \\ \dot{y}\left(\frac{t}{T}\right) &= \left[\frac{6}{T}\left(\frac{t}{T}\right) - \frac{6}{T}\left(\frac{t}{T}\right)^2 \right] S, \\ \ddot{y}\left(\frac{t}{T}\right) &= \left[\frac{6}{T^2} - \frac{12}{T^2}\left(\frac{t}{T}\right) \right] S, \\ \ddot{y}\left(\frac{t}{T}\right) &= -\frac{12}{T^3} S. \end{aligned}$$

Здесь S – расстояние и T – время движения.

Во время работы для высокоскоростных сервосистем профиль скачка является константой, с большими изменениями на старте и при остановке. Это означает, что требуется высокая механическая прочность. Даже при том, что вычислительные затраты возрастут, возможно использование профилей, описываемых полиномами пятого или седьмого порядка, для того, чтобы удовлетворить условиям ускорения или скачка.

Профиль движения часто сохраняется в оперативной памяти (ОЗУ) в виде таблицы или же помещается в функцию `Reference_Generate()` обработки прерывания, как это показано на рисунке 6. В большинстве задач слежения в сервоуправлении создаётся профиль позиции. Тем не менее скорость и ускорение, также вычисляемые в функции обработки прерывания в реальном времени, используются как входы для предупредования. Они улучшают результаты отслеживания и работы алгоритма:

$$\begin{aligned} POS_{ref} &= PosTabе (указатель) \times \text{Расстояние} \\ VEL_{ref} &= POS_{ref} - POS_{ref, old} \\ ACC_{ref} &= VEL_{ref} - VEL_{ref, old} \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь VEL_{ref} и ACC_{ref} не имеют реальных эталонных значений скорости и ускорения. На практике эталонная скорость масштабируется на время прерывания, а ускорение – на квадрат времени прерывания, соответственно. Кроме того, ограничение разрядности регистров цифрового сигнального процессора (DSP) или микропроцессора может стать причиной ошибок. Происходит это из-за потери значащих разрядов во время вычисления профиля скорости из профиля позиции с использованием простой формулы разности в алгоритме (1). Это озна-

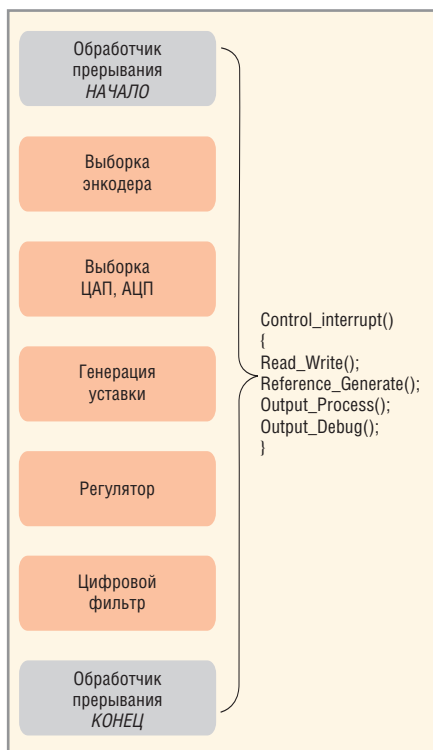


Рис. 6. Процедура обработки прерывания для цифровой части системы управления

чает, что профиль скорости включает периодический сигнал шума. Этот вид цифровой ошибки создаёт реальный шум в движении и ухудшает работу системы управления, если профили скорости, ускорения и скачка используются в качестве входов для систем предупреждения в высокоскоростном слежении.

Вместо простой разности в алгоритме (1) можно использовать численные дифференциальные уравнения (2) с обратными дифференциалами первого порядка:

$$\begin{aligned}\dot{y}_k &= \frac{y_k - y_{k-1}}{\Delta t} \\ \ddot{y}_k &= \frac{y_k - 2y_{k-1} + y_{k-2}}{\Delta t^2} \\ \dddot{y}_k &= \frac{y_k - 3y_{k-1} + 3y_{k-2} - y_{k-3}}{\Delta t^3}.\end{aligned}\quad (2)$$

Сохранение каждого профиля в виде таблицы может быть ещё одним способом, но только при условии наличия достаточного количества памяти.

Важно отметить, что задание максимальных значений параметров движения в управляющей системе, таких как скорость, ускорение или даже скачок, следует производить на шаге создания профиля. Если профиль позволяет системе нарушать заданные ограничения, то вероятность непредсказуемого поведения в процессе эксплуатации сильно возрастает при пропуске импульсов энкодером.

Системы, работающие с непрерывным временем, преобразуются в системы с дискретным временем, используя Z-преобразование. Система с дискретным временем используется для получения математической модели, которая описывает динамику физического процесса в точках выборки, хотя физический процесс всё ещё является системой непрерывного времени. Преобразование Лапласа используется для анализа системы управления в области изображений, используя комплексные числа. В большинстве случаев при разработке контроллеров и фильтров используются инструменты в области изображений. Для того чтобы реализовать это в виде программного кода, необходимо понять Z-преобразование. Все контроллеры и фильтры, созданные в области изображений, могут быть легко преобразованы в программный код через Z-преобразование, являющееся видом цифровых разностных последовательностей.

В качестве примера рассмотрим ПИД-регулятор. В форме операторных функций этот контроллер имеет вид:

$$\frac{Y(s)}{E(s)} = K_p + \frac{K_i}{s} + sK_v. \quad (3)$$

Существует несколько способов преобразования из частотной области в дискретную. Для сохранения стабильности часто используются обратные алгоритмы Эйлера и Тастина [4]. Несмотря на то, что алгоритм Тастина является более точным, в следующей процедуре используется алгоритм Эйлера. После подстановки обратного уравнения Эйлера в (3)

$$s \cong \frac{z-1}{zT},$$

получим следующий дискретный вид:

$$\frac{Y(z)}{E(z)} = \frac{\alpha + \beta z^{-1} + \gamma z^{-2}}{T(1 - z^{-1})},$$

где

$$\begin{aligned}\alpha &= K_i T^2 + K_p T + K_v, \\ \beta &= -K_p T - 2K_v, \\ \gamma &= K_v.\end{aligned}$$

Преобразуем, используя разностное уравнение:

$$\begin{aligned}T(y_k - y_{k-1}) &= \alpha e_k + \beta e_{k-1} + \gamma e_{k-2} \\ y_k - y_{k-1} &= \frac{1}{T}(\alpha e_k + \beta e_{k-1} + \gamma e_{k-2}) \\ y_k - y_{k-1} &= \frac{\alpha}{T} e_k + \frac{\beta}{T} e_{k-1} + \frac{\gamma}{T} e_{k-2}.\end{aligned}\quad (4)$$

В программном коде это может выглядеть примерно следующим образом:

$$\begin{aligned}e_k &= p_{k,ref} - p_k \\ e_k^v &= v_{k,ref} - v_k = (p_{k,ref} - p_{k-1,ref}) - \\ &\quad - (p_k - p_{k-1}) = e_k - e_{k-1} \\ \text{sum}_k &= \text{sum}_{k-1} + e_k = \sum_{j=0}^k e_j \\ y_k &= K_{p,c} \cdot e_k + K_{v,c} (e_k - e_{k-1}) + K_{i,c} \cdot \text{sum}_k \\ y_k - y_{k-1} &= (K_{p,c} \cdot e_k - K_{p,c} \cdot e_{k-1}) + \\ &\quad + K_{v,c} (e_k - e_{k-1}) - K_{v,c} (e_{k-1} - e_{k-2}) + \\ &\quad + (K_{i,c} \cdot \text{sum}_k - K_{i,c} \cdot \text{sum}_{k-1}) = \\ &= (K_{p,c} + K_{v,c} + K_{i,c}) e_k - \\ &\quad - (K_{p,c} + 2K_{v,c}) e_{k-1} + K_{v,c} \cdot e_{k-2}.\end{aligned}\quad (5)$$

Здесь p_k обозначает позицию, v_k – скорость, ref обозначает эталонное значение и s означает код.

Сравнив параметры в (4) и (5), получим:

$$\begin{aligned}\frac{\alpha}{T} &= K_p + \frac{K_v}{T} + K_i T = (K_{p,c} + K_{v,c} + K_{i,c}), \\ \frac{\beta}{T} &= -K_p - \frac{2K_v}{T} = -(K_{p,c} + 2K_{v,c}), \\ \frac{\gamma}{T} &= \frac{K_v}{T} = K_{v,c}.\end{aligned}$$

Отсюда видно, что существует зависимость между проектной и кодированной формами коэффициентов усиления:

$$\begin{aligned}K_{p,c} &= K_p, \\ K_{v,c} &= \frac{K_v}{T}, \\ K_{i,c} &= K_i T.\end{aligned}$$

При увеличении частоты выборки в той же самой системе кодированный коэффициент усиления K_v должен быть увеличен, а кодированный коэффициент усиления K_i должен быть уменьшен. С помощью этого метода разрабатываемый регулятор может быть представлен в виде кода для цифрового сигнального процессора или микропроцессора. Однако для получения приемлемых результатов работы системы управления необходимо проводить анализ и моделирование алгоритмов управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поляков К.Ю. Основы теории цифровых систем управления. Учебное пособие. СПб. СПбГМТУ. 2006.
2. Janert Philipp K. Feedback Control for Computer Systems. O'Reilly. 2014. P. 39–49.
3. Siciliano Bruno, Khatib Oussama. Handbook of Robotics. Springer. 2008. P. 153–155.
4. Pupalakis Peter J. Bilinear Transformation Made Easy. International Conference on Signal Processing and Technology (ICSPAT). Dallas TX. 2000.



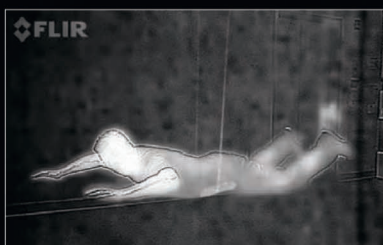
ЭТО НЕ ЭВОЛЮЦИЯ. АБСОЛЮТНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

И вновь компания FLIR Systems расширяет границы тепловидения. Представляем Lepton, первую в мире микро-тепловизионную камеру, размером с таблетку. Lepton навсегда изменит ваши привычные идеи использования тепловидения, и мы с нетерпением ждем новые области применения, которые вы вскоре откроете!



НОВАЯ МИКРО-ТЕПЛОВИЗИОННАЯ КАМЕРА LEPTON

Подробнее на сайте <http://www.flir.com/cores/content/?id=66257>



Снимок, созданный камерой Lepton, с применением технологии MSX®



FLIR®

+7 (495) 669 7076

flir@flir.com

Центр аттестации технологического оборудования – необходимое звено в цепи микронэлектронного производства

Виктор Быков, Александр Гудков, Валерий Киреев (Москва)

В статье обосновывается необходимость создания в России центра аттестации технологического оборудования (ЦАТО), который позволит сертифицировать установки под определённый уровень микронэлектронной технологии и на соответствие требованиям экологических стандартов. Рассмотрены виды аттестации оборудования, а также основные функции, состав и структура ЦАТО.

Современный подход к созданию технологического оборудования для производства интегральных микро- и наносхем основан на оптимальном сочетании технологических операций в составе автоматической кластерной установки, содержащей загрузочные камеры, а также транспортные и технологические модули для проведения определённых операций. Перемещение пластин между камерами и модулями такой установки происходит в вакууме.

Примером такого оборудования может служить установка для формирования системы металлизации микросхем ENDURA PVD производства компании Applied Materials (США) [2] (см. рис. 1). На этом рисунке видны две загрузочные камеры с выходом в чистоконкатное помещение, два транспортных шестиугольных модуля и шесть процессных модулей. Для получения высокого качества металлизации в таких установках все операции выполняются с высокой

скоростью и без выноса пластины из вакуума, так как в противном случае образуются переходные слои, которые ухудшают качество металлизации и приводят к браку.

Оборудование подобного типа имеет несколько десятков тысяч различных датчиков и, как правило, четыре уровня доступа:

1. **Операторский**, который обеспечивает доступ к технологическим режимам операций, установленным в оборудовании, т.е. записанным в управляющий компьютер этого оборудования;
2. **Технологический**, который позволяет создавать на оборудовании новые технологические режимы и модернизировать старые;
3. **Диагностический (наладочный)**, который позволяет проводить диагностику работы узлов оборудования и их наладку;
4. **Контрольный**, который позволяет производителю оборудования устанавливать или изменять коэффициенты (константы), записанные в программу работы оборудования, а также модернизировать узлы оборудования.

Такое сложное технологическое оборудование обычно поставляется заказчику с предварительно установленным набором технологических режимов (операций) и обладает сертификатами соответствия требованиям международных энергетических и экологических стандартов. При этом стоимость оборудования растёт с увеличением количества установленных технологических операций.

В настоящее время ведущие компании, разрабатывающие и выпускающие технологическое оборудование для производства изделий микро- и наноэлектроники, такие как Applied Materials (США) или Tokyo Electron Limited (Япония), имеют собственные специализированные центры для аттестации установок, как в виде автономных модулей, так и в виде кластерных комплексов [3]. Такие центры оснащены широким набором дорогостоящих контрольно-измерительных и вычис-



Рис. 1. Установка для формирования слоёв металлизации микросхем ENDURA PVD компании Applied Materials (США)

лительных систем. С использованием специальных методик и программно-обеспечения в этих центрах оперативно обрабатываются и записываются в управляющие компьютеры изготовленного оборудования режимы технологических операций по обработке различных материалов и созданию микро- и наноструктур с требуемыми характеристиками.

Все ведущие производители технологического оборудования поставляют заказчикам установки, аттестованные (сертифицированные) на соответствие определённому уровню технологии и требованиям международного экологического стандарта, а также содержащие набор технологических операций, необходимых для производства конкретного типа изделий микро- и наноэлектроники.

В результате функции процессного (операционного) технолога могут быть переданы из производственного участка в центр аттестации технологического оборудования. Это позволит разработчикам микро- и наноэлектронных изделий и технологам, разрабатывающим технологические маршруты, сконцентрироваться на своих прямых обязанностях и повысить эффективность работы.

Российские машиностроительные предприятия, в отличие от зарубежных компаний, поставляют технологическое оборудование непосредственно заказчику и стараются совместно с заказчиком в кратчайшие сроки достичь требуемых характеристик технологических операций. При этом российские предприятия не имеют необходимого набора контрольно-измерительных и вычислительных систем, специальных методик, программного обеспечения и баз данных, а также подготовленных кадров, которые требуются для аттестации установок [4, 5]. Кроме того, полная отработка требуемых режимов операций и заданных характеристик изготавливаемых структур предполагает постановку многофакторного эксперимента по специальным планам, что часто вызывает затруднения и немалые временные затраты у заказчика оборудования.

Таким образом, необходимость создания условий для разработки современного отечественного технологического оборудования микро- и наноэлектроники, а также наличие большого числа поставленных заказчиком импортных установок без технологи-

ческих процессов ставит насущную задачу организации в России специализированного центра аттестации технологического оборудования (ЦАТО).

Основные функции ЦАТО

К основным видам аттестации (сертификации) технологического оборудования, которые необходимо проводить в ЦАТО, относятся:

- функциональная аттестация;
- технологическая аттестация;
- энергетическая аттестация;
- экологическая аттестация;
- экономическая аттестация.

В ЦАТО аттестуемая установка должна монтироваться на специальном стенде с подводкой электроэнергии, сжатого воздуха, воды, магистральных и процессных газов, реагентов и т.д. При этом на всех подводимых магистралях должны быть установлены метрологически поверенные приборы для измерения количества потребляемых установкой энергоносителей в процессе её работы в различных режимах.

Выхлоп и/или слив установки должен проводиться в специальную камеру, оборудованную приборами для измерения объёма и химического состава выхлопных газов и/или сливных жидкостей с последующей их нейтрализацией и очисткой до требуемого экологического уровня с помощью скрубберов, реагентов и фильтров.

Необходимо проводить замеры уровней электромагнитных излучений, шума и вибраций, создаваемых аттестуемой установкой в помещении.

В современных условиях контрольно-измерительный стенд, на котором проводится аттестация оборудования, может представлять собой кластерный комплекс, состоящий из набора аналитических модулей и объединённый единой вакуумной системой, к которой через специальный интерфейс подключается оборудование.

Такой стенд позволяет эффективно выполнять аттестацию технологических операций без выноса на воздух обрабатываемых структур, что особенно актуально для изделий наноэлектроники, где толщина функциональных слоёв часто не превышает нескольких нанометров.

К операционным параметрам оборудования относятся те, с помощью которых устанавливаются режимы его работы, а к инфраструктурным – параметры, значения которых определяются характеристиками инженерной инфраструк-

туры и регламентными процедурами. Такими параметрами могут быть скорость откачки рабочей камеры насосами, скорость подачи магистрального азота в откачную линию, температура и скорость подачи охлаждающей воды, давление сжатого воздуха, количество обработанных пластин после чистки рабочей камеры.

Функциональная аттестация

установки заключается в определении диапазонов значений всех операционных и инфраструктурных параметров, при которых установка может стабильно и длительно работать без временных и пространственных колебаний концентрации и равномерности обрабатываемой среды.

Например, для установки плазмохимического травления функциональная аттестация означает, что определены диапазоны значений следующих операционных параметров: высокочастотной (ВЧ) мощности, рабочего давления и расходов процессных газов, при которых в системе установки устойчиво и равномерно в течение длительного времени горит газовый разряд при фиксированных в средних положениях значениях инфраструктурных параметров [6].

Общими технологическими требованиями для любой операции являются постоянные во времени значения скорости и равномерности обработки подложки (пластины), которые зависят от вида обрабатываемой среды и механизма процесса обработки. Поэтому центр аттестации должен иметь специальные подложкодержатели и верхние фланцы, адаптированные к аттестуемой установке, которые позволяют измерять [7]:

- температуру и её распределение по поверхности подложки (подложкодержателя) для термических процессов;
- концентрацию ионов и её распределение по поверхности подложки (подложкодержателя), а также энергию ионов для ионных и ионно-химических процессов;
- концентрацию и температуру электронов, а также их распределение по поверхности подложки (подложкодержателя) для плазмохимических процессов;
- интенсивность облучения (свечения спектральных линий) и её распределение по поверхности подложки (подложкодержателя) для фотонных и плазменных процессов;

- концентрацию химически активных частиц и её распределение по поверхности подложки (подложкодержателя) для процессов плазмохимического травления и удаления.
- концентрацию атомов и её распределение по поверхности подложки (подложкодержателя) для процессов осаждения.

Для каждого вида технологического оборудования в зависимости от его функционального назначения устанавливается свой набор операционных и инфраструктурных параметров, которые необходимо измерять.

Результатами функциональной аттестации установки являются:

1. Определение рабочих диапазонов операционных параметров ΔA_i и их средних значений $\bar{A}_i$ при фиксированных в средних положениях значениях инфраструктурных параметров. В этих диапазонах установка должна стабильно работать в течение длительного времени, обеспечивая постоянство значений концентрации и равномерности обрабатываемой среды. Полученные рабочие диапазоны операционных параметров записываются в управляющий компьютер установки вместе с сигнализацией о выходе за эти диапазоны.
2. Определение возможных диапазонов изменения инфраструктурных параметров ΔE_i и их средних значений $\bar{E}_i$ при фиксированных в крайних точках диапазона операционных параметрах. В этих диапазонах инфраструктурных параметров установка должна стабильно работать в течение длительного времени, обеспечивая постоянство значений концентрации и равномерности обрабатываемой среды. Выход инфраструктурных параметров за указанные диапазоны является сигналом для проведения регламентных работ: чистки рабочей камеры, смены масла в насосе, проверки системы водяного охлаждения и др.
3. Определение потребления энергоносителей аттестуемой установкой в ждущем режиме, т.е. в режиме ожидания партии изделий.
4. Определение временного потребления энергоносителей аттестуемой установкой в режимах с минимальными, средними и максимальными значениями набора операционных параметров.
5. Проверка надёжности и определение привносимой дефектности аттестуемой установки, которая должна загрузить, пропустить через себя без проведения операции, но с возможностью включения и выключения источников обработки пластин, и разгрузить 1000 пластин без единого сбоя (прогон 25 пластин из кассеты в кассету). При этом на первой и каждой сотой пластине измеряется привносимая дефектность с помощью специальных лазерных счётчиков типа SurfScan или Reflex.

6. Определение объёма и химического состава выхлопных газов или сливов, уровней электромагнитных излучений, шума и вибрации в ждущем режиме и при максимальных значениях операционных параметров установки. Выработка рекомендаций по параметрам скруббера, реагентов и фильтров для обеспечения нейтрализации и очистки выхлопных газов и сливов, а также снижения уровней излучения, шума и вибраций до экологически безопасных значений.

Технологическая аттестация

установки заключается в получении уравнений, связывающих требуемые технологические характеристики операции или функциональные характеристики выходной (выходящей с обработки) структуры (подложки) с набором операционных параметров при фиксированных инфраструктурных параметрах и параметрах входной (поступающей на обработку) структуры (подложки).

Технологическую аттестацию установки можно разделить на два вида.

1. Аттестация установки на проведение технологических операций получения или обработки конкретного материала слоя с требуемыми функциональными или технологическими характеристиками на гладких пластинах (подложках). В качестве функциональных характеристик слоя могут выступать: толщина, показатель преломления, коэффициенты отражения и поглощения, диэлектрическая проницаемость, проводимость, твёрдость и др. К технологическим характеристикам операции обработки слоя относятся: скорость, равномерность, селективность, анизотропия обработки, уровень привносимой при обработке дефектности [8].
2. Аттестация установки на проведение технологических операций получения или обработки конкретных материалов слоёв и/или структур с требуемыми функциональными

ми или технологическими характеристиками непосредственно на рабочих пластинах. В качестве дополнительных функциональных характеристик слоёв и структур на рабочих пластинах могут выступать: значения электрических и оптических параметров элементов, вольтамперные и C-V характеристики структур. К дополнительным технологическим характеристикам операции обработки слоёв на рабочих пластинах относятся: размеры и профили получаемых элементов, кристаллическая структура и параметры границ раздела слоёв, степень (коэффициент) конформности покрытия боковой стенки ступеньки, коэффициенты покрытия боковой стенки и дна ступеньки, сплошность заполнения топологического рельефа, степени (коэффициенты) локальной и глобальной планаризации рельефа и др. [8].

Целью технологической аттестации установки при фиксированных инфраструктурных параметрах является сужение рабочих диапазонов операционных параметров $\Delta A_i < \Delta A_i$ применительно к обработке конкретного слоя и/или структуры (установление «грязных пределов») и определение диапазонов операционных параметров, обеспечивающих наиболее качественное проведение технологической операции при обработке структуры (подложки).

Технологические характеристики операции или функциональные характеристики выходной (выходящей с обработки) структуры можно рассматривать как функции отклика набора операционных параметров, а их геометрическое представление – как поверхности отклика. Получение уравнений, связывающих требуемые технологические или функциональные характеристики с операционными параметрами, наиболее эффективно производится с помощью многофакторного эксперимента на основе методологии поверхности отклика (МПО) [9].

МПО представляет собой совокупность приёмов планирования эксперимента, т.е. правил его проведения при отработке режима, устанавливающих количество и порядок опытов в пространстве ΔA_i , и построение на основе экспериментальных данных аналитической (полиномиальной) зависимости (математической модели) исследуемой технологической или функциональной характеристики (отклика) от операционных параметров [10]. Мето-

дология также предусматривает оценку параметров формируемой модели и проверку гипотез о её статистической значимости.

МПО для построения эффективной математической модели процесса обычно требует проведения от 16 до 40 экспериментов в заданных по плану точках пространства ΔA_j . Поэтому необходимо разработать специализированный подложкодержатель для аттестуемой установки, вакуумно-плотная заслонка которого может выделять до 49 участков под каждый эксперимент на пластине без её смены. Кроме того, необходимо иметь автоматизированную измерительную систему, которая должна автоматически измерять требуемую технологическую или функциональную характеристику в точках на выделенных участках подложки (до 49 участков и точек).

Метод отработки режимов технологических операций на основе МПО является достаточно точным, универсальным по отношению к любым технологическим и функциональным характеристикам и базируется на хорошо апробированном математическом и программ-

ном обеспечении. Следует приобрести специализированное программное обеспечение для построения и обработки полиномиальных уравнений.

МПО позволяет определить значения технологических допусков на операционные параметры δA_j и их средних значений $\bar{A}_j$ в пространстве ΔA_j . В найденных допусках значения технологических характеристик операции или функциональных характеристик выходной структуры должны лежать в требуемых диапазонах.

Затем проводится сравнение полученных технологических допусков на операционные параметры δA_j со среднеквадратичными ошибками датчиков, используемых для их выставления σ_j , и среднеквадратичной ошибкой, измеряемой технологической или функциональной характеристики σ .

Для того чтобы аттестуемая установка удовлетворяла требованиям серийного и массового производства, должны выполняться следующие условия: $\sigma_j \leq 0,1\delta A_j$ и $12\sigma \leq \delta A_j$, при выполнении которых нужен для получения требуемых значений технологических или функциональных характеристик рабо-

чий режим обработки считается найденным, и значения операционных параметров устанавливаются в точках $\bar{A}_j$. После этого отработанный технологический режим записывается в управляющий компьютер установки.

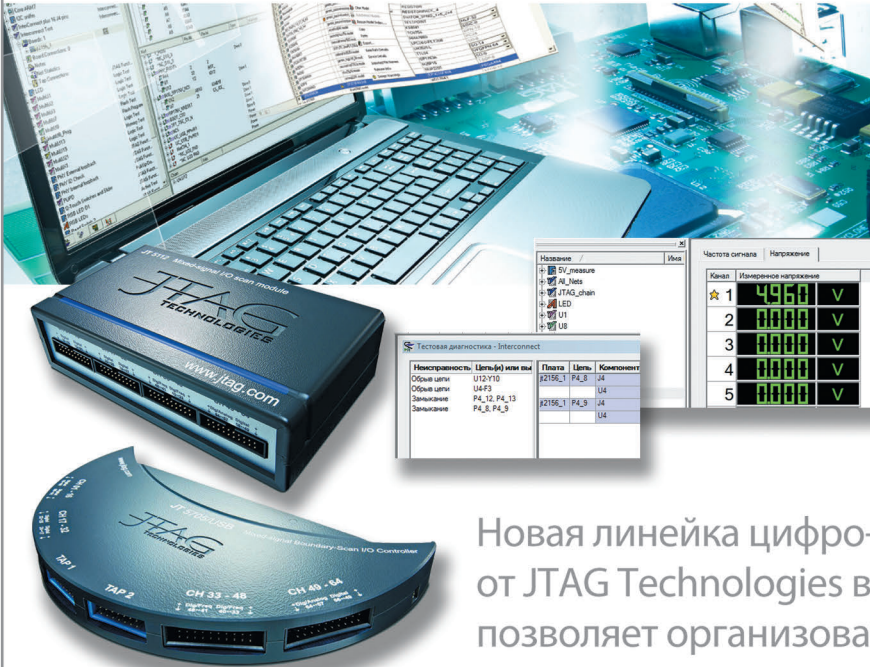
Стабильность работы установки в полученном технологическом режиме проверяется путём проведения операции обработки три раза в день (утром, в середине дня и вечером) в течение трёх дней. В случае установления явной суточной зависимости процесса обработки производится анализ её причин и вырабатываются рекомендации по доработке оборудования.

Энергетическая аттестация

установки заключается в определении количества энергоносителей и материалов, расходуемых установкой на обработку одной пластины в рабочем (отработанном технологическом) режиме [11].

Электрическая эффективность аттестуемой установки $\alpha_{\text{е}}$ определяется отношением значения подводимой к установке электрической мощности W_1 к количеству пластин, обработан-

www.jtag-technologies.ru

Пугает стоимость оборудования для тестирования?

Периферийное сканирование – антикризисный тестовый метод

Новая линейка цифро-аналоговых тестеров от JTAG Technologies в комплексе с JTAG ProVision позволяет организовать полноценную станцию тестирования.

Реклама

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

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



Рис. 2. Структура центра аттестации технологического оборудования (ЦАТО) на базе ФГУП «НИИФП им. Ф.В. Лукина»

ных на установке в единицу времени в рабочем режиме:

$$\alpha_{tc} = W_t / N \text{ [кВт} \cdot \text{ч/пластину]}, \quad (1)$$

где N – технологическая производительность установки, пластин/час.

Эффективность использования газа (реагента) в аттестуемой установке α_{tg} определяется отношением значения расхода газа (реагента) Q_t , подводимого к установке, к количеству пластин, обработанных на установке в единицу времени в рабочем режиме:

$$\alpha_{tg} = Q_t / N \text{ [литр/пластину]}. \quad (2)$$

Расход газа Q_t , подводимого к установке при давлении p и температуре T , измеряется в стандартных литрах в час и определяется по формуле:

$$Q_t = Q_{st} \times p_{st} \times T / (p \times T_{st}), \quad (3)$$

где Q_{st} – расход газа при стандартных условиях: $p_{st} = 101325 \text{ Па (1 атм.)}$ и $T_{st} = 298,16 \text{ К (25}^\circ\text{C)}$.

По формуле (2) можно определить эффективность использования различных газов и реагентов в виде пара и жидкости, т.е. рассчитать их расход на одну обработанную годную пластину. Аналогичным образом определяются эффективности использования охлаждающих жидкостей (например, деионизованной воды) и вспомогательных газов (например, сжатого воздуха).

Расход твёрдых материалов, например, мишеней для магнетронного распыления, определяется в массовых единицах, в данном примере – в граммах расхода мишени на одну обработанную пластину.

Экологическая аттестация установки включает в себя:

- измерение характеристик излучений, шума, вибраций, объёма и состава выхлопов и сливов при эксплуатации установки в ждущем режиме, в рабочем режиме и в режиме с максимальными значениями набора операционных параметров;
- сравнение полученных характеристик с предельными значениями ПДИ и ПДК, установленными в действующем законодательстве или международном стандарте;
- выработка рекомендаций к узлам установки в случае превышения предельных значений.

Экономическая аттестация установки заключается в расчёте или предоставлении уравнений для расчёта стоимости обработки в рабочем режиме одной пластины или стоимости часа работы установки в ждущем режиме с учётом потребляемых энергоносителей, материалов и реагентов, в том числе на нейтрализацию и очистку выхлопных газов и жидкостных сливов.

В итоге, после проведения аттестации установки в ЦАТО, заказчику, которым

может оказаться как разработчик оборудования, так и потребитель, который приобрёл установку без технологии, передаётся:

- ведомость технологической аттестации (сертификации) установки на требуемый уровень технологии изделий микро- и нанoeлектроники;
- установка с записанным в её управляющий компьютер заданными технологическими режимами обработки структур с требуемыми характеристиками, а также границами диапазонов возможного изменения операционных параметров;
- ведомость расхода установкой энергоносителей, материалов и реагентов на обработку одной пластины в заданном технологическом режиме (режимах);
- ведомость расхода установкой энергоносителей, материалов и реагентов в единицу времени в ждущем режиме;
- ведомость экологической аттестации (сертификации) установки на соответствие требованиям российского ГОСТа или международного стандарта;
- информация о технологической производительности установки в каждом заданном режиме и уровнях привносимой дефектности, создаваемых как установкой, так и технологическим процессом;
- информация по перечню регламентных работ на установке и срокам их проведения.

Состав и структура ЦАТО

Для каждой аттестуемой установки в ЦАТО должны быть предусмотрены специализированные верхние и/или боковые фланцы с выходами на измерительные стенды, специализированные подложкодержатели с вакуумно-плотными заслонками для выделения на одной пластине десятков экспериментальных участков, а также специальные интерфейсы для встраивания установки в кластерный вакуумный контрольно-измерительный комплекс.

В соответствии с функциональным назначением в состав ЦАТО должны входить следующие метрологически поверенные контрольно-измерительные приборы, системы и стенды:

- приборы для измерения количества потребляемой электроэнергии, расхода потребляемых газообразных и жидких сред (энергоносителей);
- измерительные стенды или измерительные модули в составе кластерно-

го аттестационного комплекса для проведения температурных, зондовых, спектроскопических и весовых (на основе кварцевых резонаторов) измерений;

- автоматизированные системы для измерения размеров и плотности привносимых дефектов на гладких подложках и сплошных (без создания на них топологического рисунка) плёнках;
- автоматизированные системы для измерения толщины сплошных диэлектрических, полупроводниковых и металлических плёнок в 49 и более заданных точках;
- автоматизированные системы для измерения оптических и электрических свойств сплошных плёнок в 49 и более заданных точках;
- автоматизированные системы для измерения поверхностного рельефа в заданных участках на целой пластине;
- автоматизированный электронный микроскоп для измерения размеров топологических элементов в заданных участках на целой пластине;
- электронно-ионный микроскопический комплекс для проведения на целых пластинах электронно-микроскопических исследований в горизонтальной и вертикальной плоскостях и химического анализа в заданных точках на поверхности пластин и по глубине функциональных слоёв.

Для всех контрольно-измерительных приборов должны быть приобретены метрологически аттестованные эталоны измеряемых параметров и характеристик.

В ЦАТО на основе российских ГОСТов и международных стандартов должны быть разработаны, согласованы и утверждены специализированные методики для измерений и расчётов параметров оборудования и характеристик обрабатываемых слоёв и структур.

На базе компьютеров и специального программного обеспечения в ЦАТО должно быть разработано автоматизированное рабочее место (АРМ) технолога, позволяющее:

- оперативно проводить эксперименты на аттестуемом оборудовании по заданному плану;
- обрабатывать результаты этих экспериментов и получать диапазоны операционных, инфраструктурных параметров и технологические режимы обработки различных слоёв и структур;

- измерять и проверять стабильность, энергоёмкость, экологическую безопасность и экономическую эффективность работы оборудования;

- записывать полученную информацию в управляющие компьютеры оборудования и выдавать её заказчику в виде различных актов, протоколов, ведомостей и сертификатов.

На рисунке 2 показана структура центра аттестации технологического оборудования, который предлагается реализовать на базе контрольно-измерительного оборудования центра коллективного пользования (ЦКП) ФГУП «НИИФП им. Ф.В. Лукина». Как видно из рисунка, в состав ЦАТО входит: программно-аппаратный комплекс, управляющий экспериментами и оборудованием; контрольно-измерительный комплекс, работающий на базе утверждённых и согласованных с надзорными организациями программ и методик измерений; комплексы метрологического, энергетического и инженерного обеспечения. Все эти комплексы нужны для полной и качественной сертификации технологической установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киреев В.Ю. Введение в технологии микроэлектроники и нанотехнологии. М.: ФГУП «ЦНИИХМ». 2008. С. 432.
2. www.amat.com
3. Быков В., Гудков А., Козлитин А. Центр высоких технологий ФГУП «НИИФП им. Ф.В. Лукина»: технологические методы

контроля и изготовления микро- и наноструктур. Электроника НТБ. 2014. Спецвыпуск (00137). С. 26–34.

4. Глебов А.Л., Киреев В.Ю., Кононов А.Н. Разработка, аттестация и применение моделей технологических операций. Электронная промышленность. 1988. Вып. 9 (177). С. 31–33.
5. Киреев В.Ю., Фролова Г.В. Отработка на основе однофакторного эксперимента технологических режимов процессов сухого размерного травления (СРТ). Электронная техника. Сер. 3. 1991. Вып. 2 (141). С. 37–41.
6. Киреев В.Ю. Вакуумная газоплазменная обработка. Справочник. Инженерный журнал. 1999. № (2-3).
7. Киреев В.Ю. Технология и оборудование для производства интегральных микросхем. Состояние и тенденции развития. Электроника НТБ. 2004. № 7. С. 72–77.
8. Киреев В.Ю., Столяров А.А. Технологии микроэлектроники. Химическое осаждение из газовой фазы. М.: Техносфера. 2006. С. 192.
9. Дрейтер Н., Смит Т. Прикладной регрессионный анализ. Том 1. М.: Финансы и статистика. 1986. С. 366.
10. Бродский В.З., Бродский Л.И., Голикова Т.И. и др. Таблицы планов эксперимента для факторных и полиномиальных моделей. М.: Металлургия. 1982. С. 753.
11. Берлин Е., Киреев В., Челпанкин Д. Специальное технологическое оборудование для производства микросхем. Критерии эффективности и конкурентоспособности. Электроника НТБ. 2011. № 6. С. 94–103.





IF/RF & Microwave Design
advantex

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**

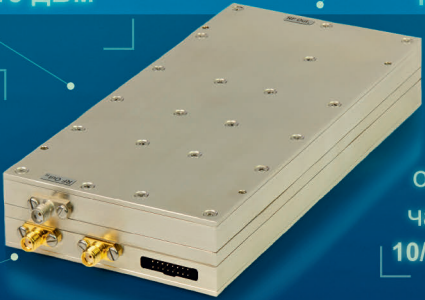
Опорный сигнал:

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

Развитие технологии нитрида галлия и перспективы его применения в СВЧ-электронике

Александр Балакирев, Андрей Туркин (Москва)

В настоящее время структуры на основе нитрида галлия и его твёрдых растворов широко применяются в оптоэлектронике и силовой электронике, однако уникальные свойства этого материала позволяют с успехом использовать его и в других областях.

В статье рассматриваются последние достижения в технологии создания СВЧ-транзисторов на основе нитрида галлия и описываются перспективы применения этого материала в СВЧ-электронике.

ВВЕДЕНИЕ

Нитрид галлия (GaN) давно интересует исследователей и разработчиков полупроводниковых приборов. Гетероструктуры GaN и его твёрдых растворов обладают физическими свойствами, которые обеспечивают электронным приборам, созданным на их основе, оптические, мощностные и частотные характеристики, позволяющие применять их в разных областях полупроводниковой электроники.

Структуры на основе полупроводниковых нитридов (GaN, AlN) и некоторые соединения типа AlGaIn и InGaIn уже около 20 лет рассматриваются как перспективные материалы для электронной и оптоэлектронной техники [1–3]. В этих материалах имеется возможность управлять концентрацией двумерного газа носителей, что позволяет оптимизировать их свойства под конкретные применения [4]. Структуры на основе GaN можно использовать в качестве активных сред в лазерных диодах и светодиодах в области коротких длин волн. С их помощью можно получать структуры с барьерами Шоттки для приборов силовой электроники.

Одним из направлений исследования этих материалов является создание светодиодов коротковолновой (синезелёной) области видимого спектра и ближней ультрафиолетовой области спектра, а также светодиодов белого цвета свечения на основе системы «кристалл-люминофор» (полупроводниковый кристалл, покрытый люминофором). Именно за создание ярких синих светодиодов на основе гетероструктур GaN и его твёрдых растворов, а также белых светодиодов, профессорам Исаму Акасаки и Хироиси Аmano из

Университета г. Нагоя (Япония) и профессору Шуджи Накамура из Университета Калифорнии (США) была присуждена Нобелевская премия по физике 2014 г. [5].

Однако следует отметить, что GaN является перспективным материалом не только для оптоэлектроники в целом и светодиодных структур в частности. На его основе успешно развиваются и другие направления современной электроники, в том числе создание СВЧ-транзисторов.

Транзисторы на основе GaN-гетероструктур перспективны для применения в передающих СВЧ-устройствах. Основное преимущество СВЧ-транзисторов на основе GaN – высокая удельная мощность, что позволяет существенно упростить топологию интегральных схем усилителя мощности, повысить эффективность, уменьшить массу и улучшить габаритные параметры. Развитие технологии на основе GaN в последние несколько лет привело к существенным практическим результатам и освоению в промышленном производстве мощных СВЧ-транзисторов и монолитных интегральных схем [6].

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ GaN-СТРУКТУР ДЛЯ СВЧ-ТРАНЗИСТОРОВ

Улучшение характеристик структур на основе GaN, применяемых для создания СВЧ-транзисторов, стало возможным благодаря разработке новых технологических приёмов.

Одним из таких методов является технология углубления подзатворной области путём плазмохимического травления, которое обычно совмеща-

ется с процессом травления щели в диэлектрике [4]. В результате происходит улучшение многих параметров. Например, увеличение крутизны транзистора из-за уменьшения расстояния затвор-канал, снижение сопротивления истока и стока из-за отсутствия обеднения областей затвор-исток и затвор-сток транзистора, уменьшение или даже устранение переходных процессов при включении транзистора из-за уменьшения влияния ловушек в области затвор-сток, так как поверхность, на которой они находятся, может быть отодвинута на безопасное расстояние. В связи с этим технологи предлагают выращивать пассивирующий слой диэлектрика непосредственно после выращивания всех слоёв гетероструктуры [4].

Кроме того, в последние годы развернулись исследования, направленные на поиск новых пассивирующих материалов для транзисторных гетероструктур на основе GaN и его твёрдых растворов. Применение новых материалов позволяет увеличить более чем в два раза импульсный ток транзистора и его крутизну, а также значительно уменьшить времена включения за счёт компенсации поверхностных состояний [4, 7].

Исследователи и разработчики из Cree, TriQuint, Northrop Grumman и других компаний достигли высоких частотных характеристик транзисторных структур, которые стали основой для разработки и создания эффективных интегральных схем усилителей мощности, работающих в разных диапазонах. Эти микросхемы более чем в 10 раз превосходят интегральные схемы на основе арсенида галлия (GaAs) по массогабаритным параметрам [4]. Упомянутыми производителями уже освоен массовый выпуск усилителей мощности на основе GaN-гетероструктур с частотами до 100 ГГц, а компания QuinStar Technology совместно с HRL разрабатывает приёмопередающие модули для радиолокаторов диапазона 94 ГГц с выходной мощностью более 5 Вт [4].

Таким образом, за последние несколько лет были решены ключевые

производственные и технологические проблемы, которые сдерживали выход транзисторов и монолитных ИС на основе GaN на коммерческий уровень [6]. В настоящее время началось активное внедрение технологии на основе GaN в область СВЧ-приборов. Темпы промышленного освоения новой технологии существенно (в 2–3 раза) превышают темпы, которыми развивались технологии создания приборов на основе кремния и GaAs [6]. В ближайшие годы приборы как на основе GaN, так и на основе GaAs могут освоить частотный диапазон 1...50 ГГц. Однако следует отметить, что, по сравнению с GaAs, технология на основе GaN обладает серьёзными преимуществами характеристик и свойств, тогда как технология на основе GaAs имеет меньшую себестоимость и более высокий уровень освоенности в массовом производстве [6].

Тем не менее, следует ожидать, что по мере внедрения технологии на основе GaN в массовое производство и с ростом выпуска продукции её себестоимость будет снижаться. Новые решения в области GaN-технологии

предлагают ведущие мировые производители СВЧ-приборов, в частности, компания RFHIC.

РЕШЕНИЯ КОМПАНИИ RFHIC для СВЧ-приборов на основе GaN

Компания RFHIC (Южная Корея) была основана в 1999 г. и завоевала лидирующие позиции на рынках телекоммуникационного оборудования и оборудования для кабельного телевидения за счёт инновационного подхода к технологии создания компонентов. Для обеспечения заказчиков высококачественной продукцией на оптимальных условиях компанией RFHIC на собственном заводе реализован полный производственный цикл, включающий в себя разработку изделия и его сборку, в которую входит установка кристалла на основание, разварка контактов, корпусирование и герметизация.

В настоящее время компания RFHIC выпускает широкую номенклатуру изделий на основе GaN для СВЧ-электроники, начиная от усилителей для кабельного телевидения и заканчи-

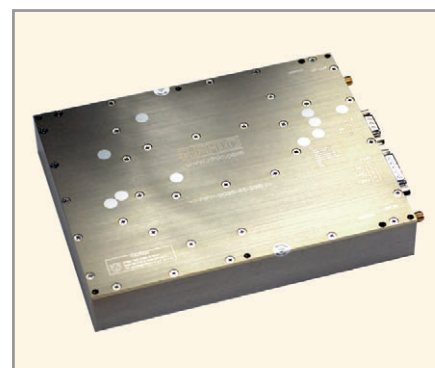


Рис. 1. Внешний вид усилителя для беспроводных систем связи компании RFHIC

вая мощными усилителями для радиолокации. Рассмотрим ключевые особенности изделий этой компании.

Прежде всего, в линейке продукции компании RFHIC стоит отметить усилители для беспроводных систем связи (см. рис. 1). Данные усилители предназначены для применения в современных сетях, использующих различные форматы передачи данных, включая LTE, CDMA, WCDMA и WiMAX. Их можно разделить условно на группы по мощности и рабочему диапазону напряжения.



RFHIC
www.rfhic.com

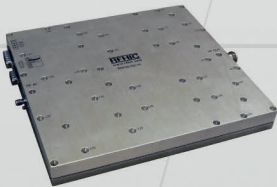
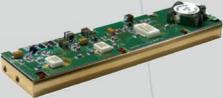
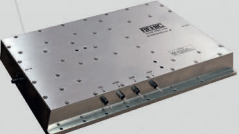
СВЧ-усилители на основе GaN компании RFHIC — новые возможности для разных применений

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

RFHIC — оптимальный выбор по цене и качеству





 • Усилитель высокой мощности на основе GaN	 • SMD/SMT GaN-усилитель для ФАР	 • Палетный усилитель мощности	 • GaN-модуль
1–2 кВт	2,7...2,9 Гц 50 Вт 9,2...9,5 Гц 25 Вт	2,7...2,9 Гц 5,6...5,7 Гц 9,2...9,5 Гц 200–400 Вт 200 Вт 50–100 Вт	9,3...9,5 Гц 200 Вт

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ RFHIC



ProCHIP
POWERED BY PROSOFT

Активный компонент вашего бизнеса

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



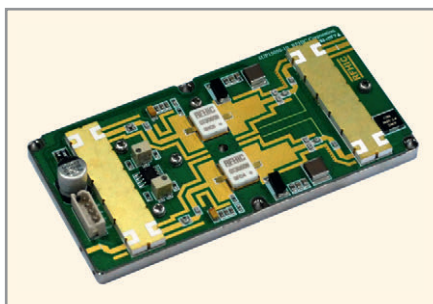


Рис. 2. Внешний вид усилителя для импульсных радиолокационных станций (РЛС) компании RFHIC

К первой группе можно отнести усилители с номинальной мощностью в диапазоне 5...10 Вт и с рабочим напряжением 28 В. Данные усилители предназначены для работы в диапазоне частот 2...3 ГГц и имеют коэффициент усиления 40 дБ.

К следующей группе можно отнести усилители с номинальной мощностью 28 Вт и с рабочим диапазоном напряжения 48...50 В. Данные усилители предназначены для работы в диапазоне частот 0,8...3 ГГц и имеют коэффициент усиления 44,5 дБ.

К третьей группе относятся усилители с номинальной мощностью 56 Вт и с рабочим диапазоном напряжения 48...50 В. Они также предназначены для работы в диапазоне частот 0,8...3 ГГц, а коэффициент усиления составляет 47,5 дБ.

К четвертой группе можно отнести усилители с номинальной мощностью 80 Вт и с рабочим диапазоном напряжения 48...50 В. Данные усилители предназначены для работы в диапазоне частот от 0,8...3 ГГц и имеют коэффициент усиления 55 дБ.

Кроме того, к числу усилителей для беспроводных систем связи относятся гибридные усилители с мощностью от 1 до 5 Вт и рабочим напряжением 28 В, а также усилители, реализованные на основе схемы Доггерти, мощностью 7 Вт и рабочим напряжением 31 В. Указанные усилители предназначены для работы в области частот 0,8...3 ГГц со значениями коэффициента усиления 27...38 дБ и в диапазоне частот 1,5...3 ГГц со значениями коэффициента усиления 14...16 дБ, соответственно.

Основные модели и характеристики усилителей для беспроводной связи компании RFHIC приведены в таблицах 1–3.

Поскольку эти усилители созданы на основе GaN, они могут работать при высоких значениях температуры и напряжения.

Усилители для импульсных радиолокационных станций (см. рис. 2) на базе GaN имеют широкие частотные диапазоны, покрывающие практически весь спектральный промежуток частот от 135 МГц до 10 ГГц, а также высокий уровень мощности.

Усилители для РЛС также стоит условно разделить на несколько групп. К первой можно отнести гибридные усилители. Они перекрывают достаточно широкий диапазон рабочих частот от 400–450 МГц до 9,3–9,5 ГГц. Их коэффициенты усиления могут принимать значения в диапазоне 11...33 дБ. Эффективность усилителей данной группы может достигать от 40 до 70%.

К следующей группе можно отнести малошумящие усилители. Эти усилители перекрывают диапазон рабочих частот от 1,2–1,4 ГГц до 9,3–9,5 ГГц, а коэффициент усиления принимает значение в диапазоне 10...18 дБ. Эффективность данных усилителей достигает значений от 18 до 30%.

К третьей группе стоит отнести паллетные усилители. Они перекрывают

Таблица 1. Основные модели и характеристики усилителей на основе GaN для беспроводной связи компании RFHIC

Модель	Частота, МГц	Усиление, дБм	Выходная мощность, дБм	КПД, %	Размеры, мм
Усилители мощностью 5...10 Вт (28 В)					
RTP21005-11	2110...2170	45	37	40	100 × 50 × 20
RTP21010-11	2110...2170	45	40	40	
RTP26010-N1	2570...2690	40	40	38	
Усилители мощностью 28 Вт (48...50 В)					
RTP08028-20	869...894	44,5	44,5	42	125 × 90 × 20
RTP18028-20	1805...1880			42	
RTP21028-20	2110...2170			42	
RTP26028-20	2496...2690			40	
Усилители мощностью 56 Вт (48...50 В)					
RTP08056-20	869...894	47,5	47,5	42	150 × 90 × 20
RTP18056-20	1805...1880				
RTP21056-20	2110...2170				
RTP26056-20	2620...2690				
Усилители мощностью 80 Вт (48...50 В)					
RTP08080-20	869...894	55	49	42	170 × 100 × 20
RTP18080-20	1805...1880				
RTP21080-20	2110...2170				
RTP26080-20	2620...2690				

Таблица 2. Характеристики гибридных усилителей на основе GaN для беспроводной связи компании RFHIC мощностью 1...5 Вт (28 В)

Модель	Частота, МГц	Коэффициент усиления, дБ	Выходная мощность, дБм	КПД, %	Рабочее напряжение, В
HT0808-15A	869...894	37	33	26	28
HT1818-15A	1805...1880	33	33	25	28
HT1818-15M	1805...1880	34	33	27	5/28
HT2121-15A	2110...2170	33	33	24,5	28
HT2121-15M	2110...2170	32	33	26	5/28
HT2626-15A	2610...2690	30	34	25	28
HT2626-15M	2610...2690	30	33	25	5/28
HT2627-15A	2650...2750	27	33	31	28
HT0808-30A	869...894	38	37	28	28
HT0909-30A	925...960	36	37	27	28
HT1818-30A	1805...1880	38	37	26	28
HT1919-30A	1930...1995	38	37	26	28
HT2121-30A	2110...2170	36	37	26	28
HT2626-30A	2610...2690	32	37	28	28

Таблица 3. Характеристики гибридных усилителей Доггерти на основе GaN для беспроводной связи компании RFHIC мощностью 7 Вт (31 В)

Модель	Частота, МГц	Пропускная способность, МГц	Коэффициент усиления, дБ
RTH18007-10	1805...1880	75	16
RTH20007-10	1930...1995	65	16
RTH21007-10	2110...2170	60	15
RTH26007-20	2620...2690	70	14

диапазон частот от 135–460 МГц до 9,0–10,0 ГГц, а коэффициент усиления занимает диапазон значений 8...39 дБ. Эффективность данного типа усилителей составляет от 5 до 20%.

Отдельную группу можно выделить мощные усилители. Значение выходной мощности таких усилителей может достигать значений от 200 Вт до 2,6 кВт, рабочие диапазоны частот перекрывают практически всю область от 1,02–1,03 ГГц до 9,30–9,50 ГГц. Значение их коэффициента усиления лежит в диапазоне 20...63 дБ, а эффективность составляет от 20 до 45%.

Основные модели и характеристики усилителей для РЛС на основе GaN компании RFHIC приведены в таблицах 4–8.

К этой же категории изделий относятся выпрямители-преобразователи на основе GaN. Их основные модели и характеристики также приведены в таблицах 4–8.

Ещё одним типом продукции компании RFHIC являются мощные усилители для различных применений (см. рис. 3). Они разработаны также на основе GaN, что позволяет применять эти устройства в жёстких условиях эксплуатации, в частности, при повышенной температуре окружающей среды. Данные усилители перекрывают достаточно широкие диапазоны частот, примерно от 20–512 МГц до 2,0–6,0 ГГц. Значения коэффициента усиления занимают диапазон 17...60 дБ, а рабочие значения напряжений лежат в диапазоне 24...33 В. Основные модели данной группы и их характеристики представлены в таблице 9.

Следует отметить, что компания RFHIC не ограничивается поставкой исключительно серийной продукции, а обеспечивает также доработку своих изделий согласно требованиям заказчика. Этим преимуществом могут воспользоваться российские потребители СВЧ-компонентов.

Например, из-за некоторых различий между отечественными и зарубежными стандартами на частотные диапазоны и соответствующими значениями мощностей изделий в СВЧ-диапазонах, зачастую у российских разработчиков нет возможности найти комплектующие зарубежного производства, которые полностью соответствовали бы российским требованиям. Возможным решением данной проблемы могло бы стать либо тестирование импортного усилителя в тре-

буемом диапазоне частот, либо небольшая доработка продукта, что обеспечит соответствие российским стандартам. Специалисты компании RFHIC готовы осуществить оба этих варианта, что подтверждается целым рядом проектов, успешно реализованных в течение нескольких последних лет компанией ProChip.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Достигнутые за последнее время успехи в области технологии создания гетероструктур на основе GaN

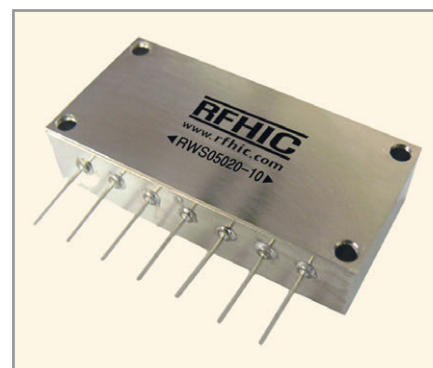


Рис. 3. Внешний вид мощного усилителя для различных применений компании RFHIC

Таблица 4. Характеристики гибридных усилителей для РЛС на основе GaN компании RFHIC

Модель	Частота	Коэффициент усиления, дБ	Выходная мощность, Вт	КПД, %	Рабочее напряжение, В
HR2731-50A	2700...3100	26	50	50	50
HR2933-50A	2700...3500	25	50	50	50
HR2933-70A	2900...3300	24	80	50	50
HR5459-25B	5400...5900	20	25	40	50
RRC94030-10	9300...9500	17	25	40	50
HR9395-08A	9300...9500	11	8	40	50
HR9395-30A	9300...9500	9	30	40	50
RNP04006-A1	400...450	33	4	70	24

Таблица 5. Характеристики малошумящих усилителей для РЛС на основе GaN компании RFHIC

Модель	Частота	Коэффициент усиления, дБ	P1dB, дБм	Входная мощность, дБм	Рабочее напряжение, В
CL1302D-L	1200...1400	18	20	30	5
CL3102D-L	2700...3500	11,5	20	30	5
CL5602	5400...5900	15	23	18	5
CL9402	9300...9500	10	22	18	5

Таблица 6. Характеристики палетных усилителей для РЛС на основе GaN компании RFHIC

Модель	Частота	Коэффициент усиления, дБ	Выходная мощность, Вт	КПД, %	Рабочее напряжение, В
RRP03250-10	135...460	31	300	20	50
RRP10350-10	1030...1090	28	350	10	50
RRP10800-10	1030...1090	27	800	10	50
RRP1214500-14	1200...1400	14	560	20	50
RRP2731080-39	2700...3100	39	100	20	50
RRP2731200-08	2700...3100	8	250	20	38
RRP2731330-09	2700...3100	9	400	20	50
RRP2731160-35	2700...3500	35	180	20	50
RRP2735200-30	2700...3500	32	230	20	50
RRP5257550-35	5250...5750	35	600	5	50
RRP5657500-35	5600...5700	35	550	10	50
RRP9095080-08	9000...9500	8	80	10	50
RRP9095150-18	9000...9500	18	150	10	50
RRP090100120-15	9000...10000	15	120	10	50
RRP3842075-30	3860...4140	29	75	10	50

Таблица 7. Характеристики мощных усилителей для РЛС на основе GaN компании RFHIC

Модель	Частота	Коэффициент усиления, дБ	Выходная мощность, Вт	КПД, %	Рабочее напряжение, В
RRP102600-10	1026...1034	20	2600	40	25,5
RRP131K0-10	1200...1400	53	1000	45	12,5
RRP291K0-10	2700...3100	60	1000	35	12,5
RRM291K5-10	2700...3100	62	1500	30	12,5
RRP311K0-10	2900...3300	60	1000	35	12,5
RRM27312K0-62	2700...3100	63	2000	30	12,5
RRM52571K0-50	5250...5750	50	1000	25	12,5
RRM9395200-56	9300...9500	56	200	20	50

Таблица 8. Характеристики выпрямителей-преобразователей для РЛС на основе GaN компании RFHIC

Модель	Частота, ГГц	Выходная мощность, Вт	Усиление, дБ	Сквозность, %	Ширина импульса, мкс
RFCR91-XTRM-015SP-200A	9,0...9,2	15	42	10	100
RFCR93-XTRM-015SP-500A	9,0...9,5	15	42		100
RFMR57-CTRM-020SP-500A	5,4...5,9	20	40		50
RFMR31-STRM-200-400B	2,9...3,3	200	53		500
RFMR13-LTRM-250-100B	1,3...1,4	250	54		2000
RFMR13-LTRM-250-200B	1,2...1,4	250	52		2000

Таблица 9. Основные модели и характеристики мощных усилителей на основе GaN компании RFHIC

Модель	Частота, МГц	РзdB (Р1dB), дБм	Кэффициент усиления, дБ	Рабочее напряжение, В	Ток, А
RWS02520-10	20...512	43	40	28	2,5
RWS02540-10	20...512	46	41	28	3,2
RWS05020-10	20...1000	43	36	28	2,3
RWP03040-10	20...520	46	42	28	3,8
RWP03040-50	20...500	46	39	28	4
RWP03160-10	20...500	52	43	28	11
RWP05020-10	20...1000	43	40	28	2,3
RWP05040-10	20...1000	46	38	28	3,5
RWP06040-10	450...880	45	40	28	3
RWP06040-60	500...1000	46	42	28	4,5
RWP15040-10	500...2500	47	38	32	5,0
RWP15080-10	700...2700	50	53	32	10,0
RWP17050-10	700...2700	47	37	32	4,5
RUP15010-10	500...2500	40	17	28	1
RUP15020-10	500...2500	43	15	28	2
RUP15020-11	500...2500	43	50	30	3,5
RUP15030-10	500...2500	45	13	28	4
RUP15050-10	500...2500	47	13	28	5,5
RUP15050-11	500...2500	47	60	30	7
RUP15050-12	500...2500	47	60	30	7
RWP15020-50	1000...2000	43	29	28	3,6
RNP19040-50	1800...1900	47,5	33	28	3,7
RWP25020-50	2000...3000	44	25	28	2,8
RNP21040-50	2100...2170	47,5	33	28	3,9
RFC042	400...800	–	23	24	0,4
RFC092	800...1000	[30]	23	24	0,4
RFC1G22-24	20...1000	[30]	22	24	0,4
RFC1G21H4-24	20...1000	36	21	24	0,55
RFC1G21H4-24-S	20...1000	36	21	24	0,55
RFW2500H10-28	20...2500	36	17	28	0,7
RWM03060-10	20...520	49	55	28	7
RWM03125-10	20...520	51	55	28	9
RWM03125-20	20...520	51	55	28	9
RUM15040-10	500...2500	46 (Рнас)	56	28	5,5
RUM15040-20	500...2500	46 (Рнас)	56	28	5,5
RWP15100-R0	500...2500	50	42	33	10
RUM43010-10	2500...6000	40 (Рнас)	29	28	2,2
RUM43020-10	2000...6000	43 (Рнас)	35	28	4

и его твёрдых растворов демонстрируют перспективность применения этих материалов в электронных и оптоэлектронных приборах. Достижения отмечаются как в характеристиках светодиодных структур, так и в технологии изготовления этих структур для СВЧ-транзисторов. Новые исследования и разработки в области СВЧ-

микроэлектроники, связанные с расширением области применения транзисторов на основе широкозонных структур на базе GaN в миллиметровый и субмиллиметровый диапазоны длин волн, открывают широкие возможности для разработчиков.

Стоит также отметить, что переход технологии выращивания GaN-

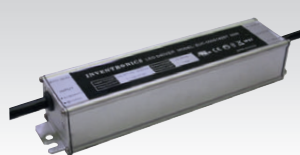
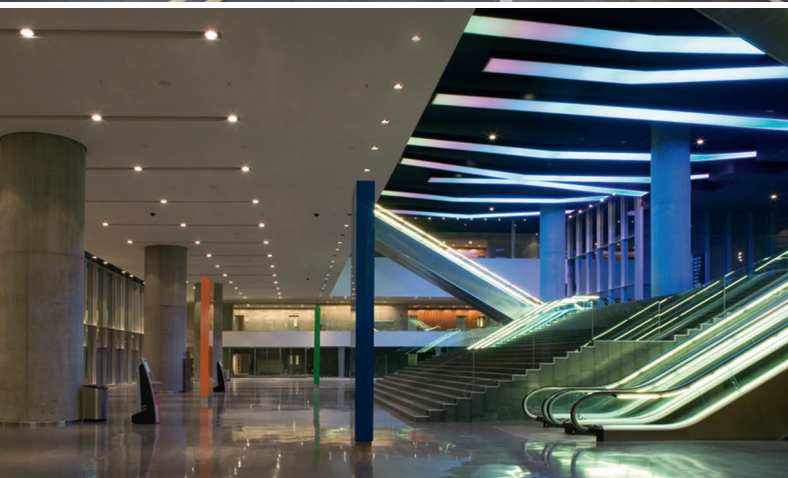
гетероструктур на использование в массовом производстве подложек диаметром 6 дюймов (150 мм) позволит дополнительно ускорить развитие данного направления, а также существенно снизить себестоимость кристаллов за счёт увеличения выхода годной продукции. Такие подложки на протяжении уже нескольких лет используются в массовом производстве светодиодных структур и структур силовых приборов. Технологические успехи, которые обеспечили на пластинах диаметром 150 мм высокие характеристики в сочетании с отличной однородностью по толщине, удельным сопротивлением и качеством слоёв, позволили начать использование данных пластин и в массовом производстве СВЧ-компонентов. Уже в ближайшем будущем следует ожидать дальнейших успехов применения GaN-гетероструктур в области СВЧ-электроники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Туркин А.Н. Нитрид галлия как один из перспективных материалов в современной оптоэлектронике. Компоненты и технологии. 2011. № 5. С. 6–10.
2. Юнович А.Э. Светодиоды на основе гетероструктур из нитрида галлия и его твердых растворов. Светотехника. 1996. № 5/6. С. 2–7.
3. Золина К.Г., Кудряшов В.Е., Туркин А.Н., Юнович А.Э. Спектры люминесценции голубых и зелёных светодиодов на основе многослойных гетероструктур InGa_{0,1}N/GaN с квантовыми ямами. ФТП. 1997. Том 31. № 9. С. 1055–1061.
4. Фёдоров Ю. Широкозонные гетероструктуры (Al,Ga,In)N и приборы на их основе для миллиметрового диапазона длин волн. Электроника НТБ. 2011. № 2. С. 92–107.
5. Туркин А.Н., Юнович А.Э. Лауреаты Нобелевской Премии 2014 года: по физике – И. Акасаки, Х. Амано, С. Накамура. Природа. 2015. № 1. С. 75–81.
6. Кищинский А.А. Твердотельные СВЧ-усилители на нитриде галлия – состояние и перспективы развития. Материалы 19-й Крымской конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». Севастополь. Вебер. 2009.
7. Фёдоров Ю.В., Гнатюк Д.Д., Галиев Р.Р., Щербакова М.Ю., Свешиников Ю.Н., Цыленков И.Н. Усилители мощности КВЧ-диапазона на гетероструктурах AlGa_{0,1}N/GaN/Сапфир. Материалы IX Научно-технической конференции «Твердотельная электроника, сложные функциональные блоки РЭА». Звенигород. 1–3 декабря 2010 г. С. 44–46.



Источники питания INVENTRONICS со стабилизацией выходного тока и напряжения



Компания XLight представляет широкий спектр источников питания INVENTRONICS для систем светодиодного освещения мощностью от 36 до 300 Вт

Серия EUC – источники питания со стабилизированным выходным током от 350 мА до 8,33 А

Серия EUV – источники питания со стабилизированным выходным напряжением от 12 до 54 В

Преимущества

- Питание от сети 90...305 В
- Возможность управления яркостью освещения
- Показатель эффективности до 94%
- Коэффициент мощности до 99%
- Отсутствие пульсаций
- Защита от перенапряжения, короткого замыкания и перегрева
- Диапазон рабочих температур от -40 до +70°C
- Режим работы не менее 65 000 часов
- Водонепроницаемый корпус IP67

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ XLIGHT



Новости мира News of the World Новости мира

SEMICON Russia 2015 представляет Конференцию по микроэлектронике и новые сессии на TechARENA

С 16 по 18 июня 2015 г. в Москве пройдет Форум SEMICON Russia, который в очередной раз станет главным местом встречи всей отрасли микро- и нанoeлектроники в России. Совмещая серию профессиональных мероприятий – Конференцию по микроэлектронике, выставку, а также технологические и деловые семинары на TechARENA – SEMICON Russia предлагает российским и зарубежным специалистам расширенные возможности для обмена опытом, развития сотрудничества, знакомства с последними разработками и достижениями отрасли, поиска заказчиков, партнеров и инвесторов, выхода на новые рынки. В 2015 г. SEMICON Russia представляет новую программу TechARENA, на которой в честь Международного года света (YIL2015) и световых технологий, провозглашенного ООН, состоится Сессия по полупроводниковой оптоэлектронике. Также впервые на TechARENA пройдет Сессия по интеллектуальным системам. Ожидается, что более 130 экспонентов из 15 стран, включая ведущих международных и местных поставщиков оборудования, материалов и услуг, займут выставочную экспозицию SEMICON Russia. Планируется, что выставку посетят более 1500 специалистов.

Флагманским мероприятием Форума SEMICON Russia является Конференция по микроэлектронике, которая пройдет 16 июня 2015 в Отеле Ренессанс Москва Монарх Центр – за день до открытия выставочной экспозиции в ЦВК «Экспоцентр». В 2015 г. Конференция будет посвящена созданию крупносерийных производств электроники в российских регионах: рынки, технологии и государственная поддержка. Конференция является уникальной возможностью для специалистов получить комплексную картину сложившейся в отрасли ситуации и принять участие в открытых дебатах. В Конференции

принимают участие представители организаций и ведомств федерального и регионального уровня: Министерство экономического развития РФ, Министерство промышленности и торговли РФ, Правительство Ленинградской области, руководители и менеджеры высшего звена ключевых российских и зарубежных предприятий, институтов развития, научно-исследовательских институтов, промышленных кластеров, российские и иностранные эксперты.

В числе спикеров Конференции: президент Глобальной промышленной ассоциации SEMI Europe Хайнц Кюндерт, генеральный директор ОАО «ЦНИИ Электроника» Алёна Фомина, заместитель директора Департамента инновационного развития Министерства экономического развития РФ Павел Рудник, руководитель Департамента по региональной политике и взаимодействию с органами власти ОАО «Роснано» Дмитрий Крицкий, заместитель председателя Комитета экономического развития и инвестиционной деятельности Правительства Ленинградской области Денис Мионов, ректор Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королёва Евгений Шахматов. Подробная программа Конференции доступна на сайте мероприятия.

С 17 по 18 июня 2015 г. в ЦВК «Экспоцентр» откроется восьмая по счёту выставка SEMICON Russia, на которой представят продукцию ведущие в своих отраслях компании: оборудование, технологии, устройства и услуги. Ежегодно на SEMICON Russia собираются все участники мирового отраслевого сообщества: поставщики, потребители, разработчики, инженеры и исследователи, заинтересованные в применении и развитии технологий микроэлектроники (МЭМС, технологии корпусирования, АЗВБ электроника, фотовольтаика, гибкая электроника). В числе экспонентов выставки в 2015 г.: SVCS s.r.o., Maicom Quarz GmbH, компания «Диполь», Группа компаний

Остек, ЭлТех СПб, Schenker Deutschland AG, FÄTH, IMEC, M+W Group, STMicroelectronics, ЗАО «НПП «ЭСТО», Инновационный территориальный кластер Зеленограда – Технополис. На сегодняшний день география участников SEMICON Russia 2015 охватывает такие страны, как Россия, Германия, Беларусь, Чехия, Франция, Великобритания, Нидерланды, Сингапур, Япония, Голландия, Швеция, Италия.

«Несмотря на глобальные вызовы, мы твердо убеждены, что сейчас самое правильное время для укрепления российской промышленности. Как глобальная промышленная ассоциация №1, приверженная идее развития микроэлектроники во всем мире, SEMI будет и в дальнейшем прикладывать все усилия для поддержки российской микроэлектронной промышленности. Российские компании ищут возможности для вступления в технологические партнерства с целью повышения конкурентоспособности. SEMICON Russia выносит на обсуждение новые возможности, включая развитие проектов частно-государственного партнерства. Полупроводниковая и смежная отрасли также поддерживаются государством и различными местными организациями. Все это делает SEMICON Russia идеальным местом для связи с индустрией», – комментирует президент SEMI Europe Хайнц Кюндерт.

В первый день выставки, 17 июня, TechARENA впервые представит Сессию по интеллектуальным системам. В фокусе Сессии – построение успешного сотрудничества с российскими компаниями и возможности финансирования проектов с высоким потенциалом. Также в честь Международного года света (YIL2015) и световых технологий, провозглашенного ООН, 18 июня на TechARENA состоится Сессия по полупроводниковой оптоэлектронике. Участники сессии представят обзор текущих трендов и планируемых разработок в сфере технологий полупроводниковой оптоэлектроники в России. Ведущие российские и европейские эксперты и специалисты расскажут об основных результатах НИОКР и реализуемых проектах. Участники также получат представление о текущем и потенциальном взаимодействии между российскими и другими мировыми игроками этой отрасли.

Также в рамках программы TechARENA запланированы презентации экспонентов SEMICON Russia. Посетители выставки SEMICON Russia получают свободный доступ на все мероприятия TechARENA по предварительной регистрации.

www.semiconrussia.org





Доломант Высокие технологии на службе Отечеству

ПРИГЛАШАЕМ НА ВИРТУАЛЬНУЮ ЭКСКУРСИЮ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ДОЛОМАНТ

WWW.**FACTORY**.DOLOMANT.RU



ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ ВЫСШЕЙ КАТЕГОРИИ НАДЁЖНОСТИ

- **15 лет импортозамещения:** контрактное производство в России на европейском уровне
- **Весь цикл производства:** от образцов и макетов изделий до серийной партии, от модуля до блока
- **Полный комплекс услуг:** участие в ОКР, поддержание склада для серийных программ, сервисное обслуживание

Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: прямой доступ к памяти

Олег Вальпа (г. Миасс, Челябинская обл.)

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

ВВЕДЕНИЕ

Многие микроконтроллеры имеют встроенный блок прямого доступа к памяти (ПДП), именуемый в англоязычной литературе как Direct Memory Access (DMA). Блок DMA позволяет обеспечить высокоскоростную передачу данных между внешними устройствами и памятью микроконтроллера, а также передачу данных типа память-память без участия процессора. Это позволяет освободить процессор от рутинной операции по пересылке данных, ускорить данную процедуру за счёт прямой пересылки данных и выполнять различные операции в микроконтроллере одновременно и независимо самим процессором и блоком DMA.

Во многих программах процессор часто бывает загружен операциями, требующими непрерывной передачи данных. Это и опрос состояния датчиков, и регулярные расчёты. Примером таких процедур могут служить: вывод информации на графический индикатор, опрос клавиатуры, чтение данных с карты памяти и тому подобное. Если в это время ещё потребуется обслуживать запрос от компьютера по последовательному порту, то процессор может начать притормаживать выполнение некоторых операций. В подобных случаях DMA может помочь процессору. Для этого достаточно будет сформировать задание блоку DMA в виде начала буфера в памяти с ука-

занием количества байтов этого буфера для передачи в регистр последовательного порта по мере его готовности. После передачи всех данных из буфера, DMA с помощью флага сообщит об этом процессору. Таким образом, процедура обслуживания запроса от компьютера по последовательному порту будет выполнена блоком DMA, что защитит процессор от перегрузки.

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ DMA

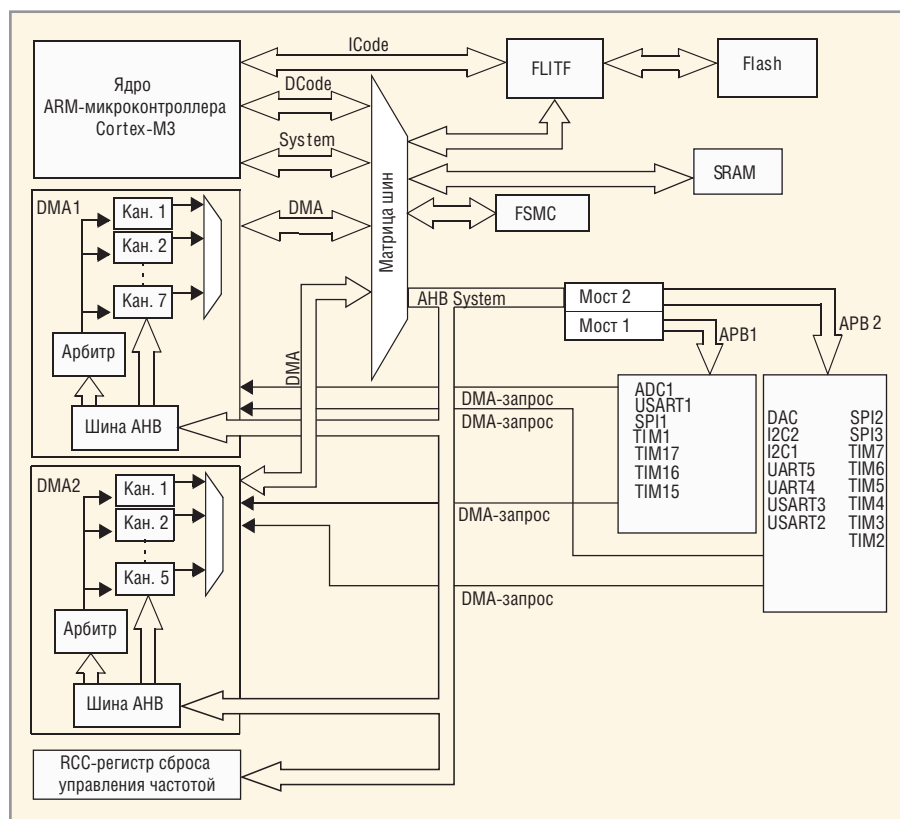
Микроконтроллеры серии STM32 [1] также имеют DMA. Причём более насыщенные модели имеют два независимых блока DMA: DMA1 и DMA2, каждый из которых имеет несколько независимых каналов. Блок DMA1 содержит 7 каналов, а DMA2 – 5. Структурная схема DMA приведена на рисунке.

Блок DMA STM32 может быть использован такими основными периферийными устройствами микроконтроллера STM32, как SPI, ЦАП, I²C, USART, таймеры и АЦП.

К каждому каналу можно подключить одно из периферийных устройств, закреплённых за этим каналом. Например, регистр передачи данных модуля USART1 можно подключить к каналу 4, а регистр приёма данных – к каналу 5. К этим же каналам можно подключить другую периферию. Например, за каналом 4 закреплена следующая периферия: TIM1_CH4, TIM1_TRIG, TIM1_COM, TIM4_CH2, SPI, I2C2_RX, I2C2_TX.

Блок DMA микроконтроллера STM32 имеет определённые особенности. В первую очередь это наличие 12 независимо конфигурируемых каналов: 7 для DMA1 и 5 для DMA2. Каждый из этих каналов связан с выделенными аппаратными DMA-запросами. На каждом канале поддерживается программный пусковой механизм. Конфигурация канала задаётся программно.

Приоритеты между запросами от каналов одного DMA контроллера задаются программно. Имеется четыре уровня приоритета: низкий, средний, высокий и очень высокий уровень. В случае равенства программных при-



Структурная схема DMA

оритетов, запросы регулируются аппаратно. Запрос с номером 1 имеет приоритет над запросом 2, и так далее.

Блок DMA обеспечивает независимые размерности данных для обмена между источником и адресатом в виде байта, полуслова и 32-разрядного слова. Поддерживается режим эмуляции упаковки и распаковки данных. Адреса источника и приёмника обмена могут быть выровнены по размерности элемента данных.

DMA поддерживает три флага событий: половина обмена DMA, завершение обмена DMA и ошибка обмена DMA. Эти флаги логически объединяются с помощью функции «ИЛИ» в единый запрос на прерывание для каждого канала.

Блок DMA способен работать в разных режимах обмена: «память–память», «периферия–память», «память–периферия» и «периферия–периферия».

Он обеспечивает доступ к памяти Flash, SRAM, памяти периферии, ши-

нам периферии APB1, APB2 и ANB, как к источнику и как к приёмнику данных.

Программируемый размер данных для обмена может достигать значения 65536.

Если блок DMA и процессор микроконтроллера обращаются к одному и тому же устройству, то время обращения между ними будет распределено поровну. Механизм работы DMA позволяет занять шину данных на несколько рабочих тактов, а затем освобождает её.

Блок DMA выполняет прямой обмен с памятью, разделяя системную шину с ядром микроконтроллера. DMA-запрос может приостановить доступ процессора к системной шине на несколько тактов шины, если процессор и DMA работают с одним адресатом памяти или внешнего устройства. Матрица шин работает по алгоритму циклического планирования, которое гарантирует, по крайней мере, поло-

вину пропускной способности системной шины для процессора при одновременном обращении как к памяти, так и к периферии.

ОПИСАНИЕ РЕГИСТРОВ DMA

Для настройки контроллера DMA предусмотрено две категории регистров:

- регистры настройки и управления DMA в целом;
- регистры настройки и управления каждого канала.

Для настройки и управления DMA в целом предназначены регистры:

- DMA_ISR – регистр флагов прерывания от каналов;
- DMA_IFCR – регистр очистки флагов прерываний.

Для каждого канала служат следующие регистры:

- DMA_CCR – управляет режимом работы канала;
- DMA_CNDTR – содержит количество необходимых для передачи байт;

Таблица 1. Карта регистров DMA

Сдвиг	Регистр	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x000	DMA_ISR	Резерв				TEIF7	HTIF7	TCIF7	GIF7	TEIF6	HTIF6	TCIF6	GIF6	TEIF5	HTIF5	TCIF5	GIF5	TEIF4	HTIF4	TCIF4	GIF4	TEIF3	HTIF3	TCIF3	GIF3	TEIF2	HTIF2	TCIF2	GIF2	TEIF1	HTIF1	TCIF1	GIF1	
	Исх. значение					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x004	DMA_IFCR	Резерв				CTEIF7	CHTIF7	CTCIF7	CGIF7	CTEIF6	CHTIF6	CTCIF6	CGIF6	CTEIF5	CHTIF5	CTCIF5	CGIF5	CTEIF4	CHTIF4	CTCIF4	CGIF4	CTEIF3	CHTIF3	CTCIF3	CGIF3	CTEIF2	CHTIF2	CTCIF2	CGIF2	CTEIF1	CHTIF1	CTCIF1	CGIF1	
	Исх. значение					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x008	DMA_CCR1	Резерв																	MEM2MEM	PL[1:0]		M SIZE [1:0]		PSIZE [1:0]		MINC		PINC	CIRC	DIR	TEIE	HTIE	TCIE	EN
	Исх. значение																		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x00C	DMA_CNDTR1	Резерв																	NDT[15:0]															
	Исх. значение																		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x010	DMA_CPAR1	PA[31:0]																																
	Исх. значение	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0x014	DMA_CMAR1	MA[31:0]																																
	Исх. значение	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0x018	Резерв																																	
0x01C	DMA_CCR2	Резерв																	MEM2MEM	PL[1:0]		M SIZE [1:0]		PSIZE [1:0]		MINC		PINC	CIRC	DIR	TEIE	HTIE	TCIE	EN
	Исх. значение																		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x020	DMA_CNDTR2	Резерв																	NDT[15:0]															
	Исх. значение																		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x024	DMA_CPAR2	PA[31:0]																																
	Исх. значение	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0x028	DMA_CMAR2	MA[31:0]																																
	Исх. значение	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0x02C	Резерв																																	
...															...																			
0x080	DMA_CCR7	Резерв																	MEM2MEM	PL[1:0]		M SIZE [1:0]		PSIZE [1:0]		MINC		PINC	CIRC	DIR	TEIE	HTIE	TCIE	EN
	Исх. значение																		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x084	DMA_CNDTR7	Резерв																	NDT[15:0]															
	Исх. значение																		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x088	DMA_CPAR7	PA[31:0]																																
	Исх. значение	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0x08C	DMA_CMAR7	MA[31:0]																																
	Исх. значение	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0x090	Резерв																																	

- DMA_CPAR – содержит указатель на периферийное устройство, которое подключено к каналу;
- DMA_CMAR – содержит указатель области памяти, в которой будут записаны или прочитаны данные.

Карта размещения регистров DMA в пространстве памяти представлена в таблице 1. В ней также показано значение регистров после сброса.

Каждый блок DMA включает в свой состав несколько групп регистров в соответствии с количеством обслуживаемых им каналов. На карте показаны группы регистров для каналов 1, 2 и 7. Регистры для остальных каналов имеют аналогичную структуру и одноимённые названия, отличающиеся лишь номером канала и смещением относительно базового адреса.

Рассмотрим подробнее назначение всех разрядов этих регистров. В последующих описаниях регистров все биты для каналов 6 и 7 относятся только к DMA2, так как DMA1 имеет всего 5 каналов.

Регистр статуса прерываний DMA_ISR имеет нулевое смещение адреса и обнуляется после сброса микроконтроллера. Назначение его бит следующее:

- биты 31...28 зарезервированы и при чтении имеют нулевое значение;
- биты 27, 23, 19, 15, 11, 7, 3 представляют собой флаги TEIFx ошибки обмена в канале x, где x – номер канала от 1 до 7. Эти биты устанавливаются аппаратно и обнуляются программно путём записи логической «1» в соответствующий бит регистра DMA_IFCR. Значение флага «0» означает отсутствие ошибки обмена в канале x, а значение «1» – наличие ошибки обмена в канале x;
- биты 26, 22, 18, 14, 10, 6, 2 представляют собой флаги HTIFx завершения половины обмена в канале x. Их установка и обнуление производится аналогично флагам TEIFx;
- биты 25, 21, 17, 13, 9, 5, 1 являются флагами TCIFx полного завершения обмена в канале x;
- биты 24, 20, 16, 12, 8, 4, 0 – это флаги GIFx, указывающие на возникшие прерывания в канале x.

Регистр DMA_IFCR служит для очистки флагов прерываний DMA, описанных выше. Его биты 31...28 зарезервированы, а остальные биты предназначены для обнуления описанных выше разрядов регистра DMA_ISR и имеют соответствующие им названия с добавлением префикса «C» от слова Clear

(пер. с англ. – очистить). Установка и обнуление этих флагов производится программно.

Регистры DMA_CCRx нужны для конфигурации соответствующего канала x:

- биты 31...15 в нём зарезервированы и всегда читаются как «0»;
- бит 14 MEM2MEM позволяет запретить или разрешить режим работы «память-память» для DMA;
- биты 13...12 PL[1:0] определяют уровень приоритета канала и могут принимать следующие значения:
 - 00 – низкий приоритет,
 - 01 – средний приоритет,
 - 10 – высокий приоритет,
 - 11 – очень высокий приоритет;
- биты 11...10 MSIZE[1:0] задают размер данных в памяти и могут принимать значения:
 - 00 – 8 бит,
 - 01 – 16 бит,
 - 10 – 32 бита,
 - 11 – резерв;
- биты 9...8 PSIZE[1:0] определяют размер данных для периферии аналогично битам MSIZE[1:0];
- бит 7 MINC задаёт режим инкремента указателя в памяти и может принимать следующие значения:
 - 0 – режим инкремента указателя в памяти отключён,
 - 1 – режим инкремента указателя в памяти разрешён;
- бит 6 PINC служит для запрета и разрешения режима инкремента указателя периферии;
- бит 5 CIRC запрещает и разрешает режим цикличности;
- бит 4 DIR задаёт направление обмена данных:
 - 0 – чтение из периферии,
 - 1 – чтение из памяти;
- бит 3 TEIE запрещает и разрешает прерывания от ошибки обмена;
- бит 2 HTIE запрещает и разрешает прерывания от события завершения половины обмена;
- бит 1 TCIE запрещает и разрешает прерывания от события завершения обмена;
- бит 0 EN отключает и включает соответствующий канал в работу.

Регистр DMA_CNDTRx задаёт размер данных для канала x DMA:

- биты 31...16 зарезервированы и всегда читаются как «0»;
- биты 15...0 NDT[15:0] задают размер данных обмена в байтах от 0 до 65535.

В этот регистр можно производить запись только тогда, когда канал выключен. Как только канал будет раз-

решён, этот регистр можно будет только читать, чтобы определить число байт, оставшееся для обмена. Данный регистр декрементируется после каждой DMA-транзакции.

Как только обмен завершён, этот регистр может либо остаться обнулённым, либо автоматически перезагрузиться ранее запрограммированным значением, если канал сконфигурирован в режиме автоматической перезагрузки, то есть цикличности.

Если значение этого регистра равно нулю, никакая транзакция не может быть обслужена, причём независимо от того, разрешён канал или нет.

Регистр DMA_CPARx позволяет задать адрес периферии для канала x DMA. В этот регистр нельзя производить запись, когда канал разрешён. Значение его бит:

- биты 31...0 PA[31:0] задают базовый адрес регистра данных периферии, который будет участвовать в операциях чтения и записи.

Когда в регистре DMA_CCRx биты PSIZE[1:0]=01 задают 16-битный размер элемента данных, то бит PA[0] регистра DMA_CPARx игнорируется. Доступ к данным автоматически выравнивается по адресу полуслова. Когда биты PSIZE[1:0]=10 задают 32-битный размер элемента данных, игнорируются биты PA[1:0] регистра DMA_CPARx. Доступ к данным периферии автоматически выравнивается по адресу слова.

Регистр DMA_CMARx даёт возможность задать адрес памяти для канала x DMA. В этот регистр также нельзя производить запись, когда канал разрешён. Значение бит регистра:

биты 31...0 MA[31:0] задают базовый адрес в памяти микроконтроллера для данных, которые будут участвовать в операциях чтения и записи.

Когда в регистре DMA_CCRx биты MSIZE[1:0]=01 задают 16-битный размер элемента данных, то бит MA[0] регистра DMA_CMARx игнорируется. Доступ к данным автоматически выравнивается по адресу полуслова. Когда биты MSIZE[1:0]=10 задают 32-битный размер элемента данных, игнорируются биты MA[1:0] регистра DMA_CMARx, и доступ к данным памяти автоматически выравнивается по адресу слова.

DMA-ТРАНЗАКЦИИ И ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ

После возникновения запланированного события, периферия посылает

ет сигнал запроса для DMA. Блок DMA обслуживает этот запрос в зависимости от приоритета канала. Как только DMA получает доступ к периферии, он посылает ей сигнал уведомления. Внешнее устройство снимает свой запрос после получения сигнала уведомления от DMA. Как только снимается сигнал запроса от периферии, DMA, в свою очередь, снимает свой сигнал уведомления. Если появятся новые запросы, периферия может инициализировать следующую транзакцию.

В итоге каждый DMA-обмен состоит из трёх операций:

1. Загрузка данных из регистров данных периферии или из области памяти, производимая с помощью внутреннего регистра текущего адреса периферии или памяти. Стартовый адрес, который используется для первого обмена, является базовым адресом периферии или памяти, и записывается в регистр DMA_CMARx или DMA_CPARx.

2. Сохранение данных путём загрузки в регистры периферии или в область памяти, адресуя их через внутренний регистр текущего адреса периферии или памяти. Стартовый адрес, который используется для первого обмена, является базовым адресом периферии или памяти, и программируется в регистре DMA_CMARx или DMA_CPARx.

3. Пост-декремент регистра DMA_CNDTRx, который содержит число транзакций, которые ещё необходимо выполнить.

Каждый канал может обработать DMA-обмен между регистром периферии, имеющим фиксированный адрес, и адресом в памяти. Количество данных, которые будут переданы, задаётся программно от 1 до 65535 элементов. Регистр, содержащий количество данных, которые необходимо передать, будет декрементироваться после каждой транзакции.

Размеры элементов данных обмена для периферии и памяти полностью программируются с помощью битовых полей PSIZE и MSIZE в регистре DMA_CCRx.

Указатели для периферии и памяти могут автоматически инкрементироваться после каждой транзакции, в зависимости от битов PINC и MINC в регистре DMA_CCRx. Если разрешён режим инкремента, то адрес следующей транзакции будет адресом предыдущей транзакции, увеличенный на 1, 2 или 4, в зависимости от выбранно-

го размера элемента данных. Первый адрес обмена – это тот адрес, который запрограммирован в регистрах DMA_CPARx и DMA_CMARx. Во время операций обмена эти регистры сохраняют первоначально запрограммированное значение. Текущие адреса обмена, хранящиеся во внутреннем регистре текущего адреса периферии или памяти, недоступны программе.

Если канал сконфигурирован в нециклическом режиме, то после последней транзакции DMA-запрос не обслуживается, поскольку число элементов данных, которые нужно передавать, достигло нуля. Чтобы загрузить в регистр DMA_CNDTRx новое число элементов данных, которые надо передавать, DMA-канал должен быть заблокирован.

Если DMA-канал блокируется, то DMA-регистр не сбрасывается. Регистры DMA-каналов (DMA_CCRx, DMA_CPARx и DMA_CMARx) сохраняют начальные значения, запрограммированные на этапе конфигурации канала.

В циклическом режиме, после последней транзакции, регистр DMA_CNDTRx автоматически перезагружается первоначально запрограммированным значением. Внутренние регистры текущего адреса периферии или памяти перезагружаются значениями из регистров базового адреса DMA_CPARx или DMA_CMARx соответственно.

Конфигурация каналов

Чтобы сконфигурировать DMA-канал, необходимо выполнить следующую последовательность:

- задать адрес регистра периферии в регистре DMA_CPARx;
- задать адрес памяти в регистре DMA_CMARx;
- задать общее число данных в байтах, которые необходимо переместить, в регистре DMA_CNDTRx;
- задать приоритет канала с помощью битов PL[1:0] в регистре DMA_CCRx;
- задать направление перемещения данных, режим цикличности, режим инкремента периферии и памяти, размер элемента данных периферии и памяти и источник прерывания для завершения половины или всего обмена в регистре DMA_CCRx;
- активировать канал установкой бита ENABLE в регистре DMA_CCRx.

Как только канал будет разрешён, он сможет обслуживать DMA-запросы от периферии, подключённой к каналу.



Зачем платить больше?

Коммерческие источники питания для бортовой техники

Низкая стоимость и короткие сроки поставки при соответствии стандартам

Основные характеристики DC/DC-преобразователей серии MTC

- Диапазон входных напряжений 15,5...40 В
- Выходные напряжения от 3,3 до 28 В
- Выходные мощности от 5 до 150 Вт
- Диапазон рабочих температур -55...+100°C (основание корпуса)
- Электромагнитные помехи соответствуют требованиям MIL-STD-461E
- Импульсное перенапряжение и помехоустойчивость в соответствии с MIL-STD-1275A/B/C, 704A-F
- Стойкость к внешним воздействующим факторам в соответствии с требованиями MIL-STD-810F
- Сервисные функции: синхронизация частоты преобразования, дистанционное включение/выключение, регулировка выходного напряжения, внешняя обратная связь

XP Power

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ XP POWER

ProSoft®



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

Как только будет передана половина байтов, будет установлен флаг HTIF и сгенерировано прерывание, если такое прерывание разрешено битом HTIE. В конце обмена будет установлен флаг его завершения TCIF и сгенерировано прерывание, если такое прерывание разрешено битом TCIE.

Режим цикличности

Режим цикличности используется для управления непрерывным потоком данных с помощью кольцевых буферов, например, от АЦП в режиме сканирования. Эта особенность может быть разрешена битом CIRC в регистре DMA_CCRx. Когда режим цикличности активизирован, то значение числа данных, которые будут переданы за один цикл, автоматически перезагружается начальным значением, запрограммированным на этапе конфигурации канала, и DMA-запросы продолжают обслуживаться.

Таблица 2. Запросы прерываний от DMA

Событие прерывания	Флаг события	Бит управления разрешением
Завершение половины обмена	HTIF	HTIE
Завершение полного обмена	TCIF	TCIE
Ошибка обмена	TEIF	TEIE

Таблица 3. Сводная таблица запросов для DMA1

Периферия	Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4	Канал 5	Канал 6	Канал 7
ADC1	ADC1						
SPI/I2S		SPI1_RX	SPI1_TX	SPI/I2S2_RX	SPI/I2S2_TX		
USART		USART3_TX	USART3_RX	USART1_TX	USART1_RX	USART2_RX	USART2_TX
I2C				I2C2_TX	I2C2_RX	I2C1_TX	I2C1_RX
TIM1		TIM1_CH1	TIM1_CH2	TIM1_CH4 TIM1_TRIG TIM1_COM	TIM1_UP	TIM1_CH3	
TIM2	TIM2_CH3	TIM2_UP			TIM2_CH1		TIM2_CH2 TIM2_CH4
TIM3		TIM3_CH3	TIM3_CH4 TIM3_UP			TIM3_CH1 TIM3_TRIG	
TIM4	TIM4_CH1			TIM4_CH2	TIM4_CH3		TIM4_UP

Таблица 4. Сводная таблица запросов для DMA2

Периферия	Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4	Канал 5
ADC3					ADC3
SPI/I2S3	SPI/I2S3_RX	SPI/I2S3_TX			
UART4			UART4_RX		UART4_TX
SDIO				SDIO	
TIM5	TIM5_CH4 TIM5_TRIG	TIM5_CH3 TIM5_UP		TIM5_CH2	TIM5_CH1
TIM6/DAC1			TIM6_UP/DAC1		
TIM7/DAC2				TIM7_UP/DAC2	
TIM8	TIM8_CH3 TIM8_UP	TIM8_CH4 TIM8_TRIG TIM8_COM	TIM8_CH1		TIM8_CH2

Режим «память–память»

Каналы DMA могут также работать без запроса от периферии. Такой режим называют «память–память». Если установлен «1» бит MEM2MEM в регистре DMA_CCRx, то канал инициализирует обмен сразу, как только он программно разрешается битом EN в регистре DMA_CCRx. Обмен останавливается в тот момент, когда значение в регистре DMA_CNDTRx достигает нуля. Режим «память–память» не может использоваться одновременно с режимом цикличности.

Обработка ошибок

Генерация ошибки обмена по DMA может возникнуть при операции чтения или записи в зарезервированном адресном пространстве. Если происходит ошибка обмена по DMA во время доступа на чтение или запись, то канал автоматически отключается посредством аппаратного сброса бита EN в регистре конфигурации соответствующего канала DMA_CCRx. Выставляет-

ся флаг запроса прерывания от ошибки обмена в регистре DMA_IFR канала TEIF и генерируется прерывание, если оно разрешено битом TEIE в регистре DMA_CCRx.

Прерывания

Запрос на прерывание может генерироваться событиями «завершение половины обмена», «завершение полного обмена» или «ошибка обмена» в каждом DMA-канале. Для удобства обработки доступны отдельные биты разрешения прерываний, представленные в таблице 2.

Карта запросов DMA

Сводная таблица запросов на обслуживание для DMA1 и DMA2 приведена соответственно в таблицах 3 и 4. Для каждого канала существует несколько источников запроса, которые объединяются с помощью логической операции «ИЛИ». Любой из каналов может быть разрешён или запрещён программно. Высшей приоритетностью обслуживания обладает первый канал.

Программирование DMA

Для использования блока DMA в программе необходимо выполнить его инициализацию и настройку параметров. Рассмотрим эти операции на примере подключения передатчика последовательного порта USART1_TX к каналу 4 DMA1 для передачи 64 байт. Начнём с настройки адреса источника и приёмника данных канала DMA.

Инициализация контроллера DMA, так же как и любого периферийного устройства, начинается с подачи на него тактовых импульсов. Делается это с помощью операции:

```
if ((RCC->AHBENR & RCC_AHBENR_DMA1EN) != RCC_AHBENR_DMA1EN)
    RCC->AHBENR |= RCC_AHBENR_DMA1EN;
```

Далее следует указать адрес регистра периферии, с которой будет работать канал DMA:

```
DMA1_Channel4->CPAR =
    (uint32_t)&USART1->DR; // Адрес
    регистра периферии
```

Теперь определимся с источником данных. Пусть это будет массив символов:

Листинг 1

```

unsigned char BuffTxd[32]; // Инициализация буфера передатчика
// функция инициализации DMA1 для передачи в порт USART1
void USART1_TX_DMA1_Init (void)
{
    // Включить тактирование DMA1
    if ((RCC->AHBENR & RCC_AHBENR_DMA1EN) != RCC_AHBENR_DMA1EN)
        RCC->AHBENR |= RCC_AHBENR_DMA1EN;
    // Задать адрес источника и приемника и количество данных для обмена
    DMA1_Channel4->CPAR = (uint32_t)&USART1->DR; // Задать адрес регистра периферии
    DMA1_Channel4->CMAR = (uint32_t)&BuffTxd[0]; // Задать адрес буфера в памяти
    DMA1_Channel4->CNDTR = 32; // Задать количество данных для обмена
    // Настройка конфигурации
    DMA1_Channel4->CCR = 0; // Обнуление регистра конфигурации
    DMA1_Channel4->CCR &= ~DMA_CCR4_CIRC; // Отключить циклический режим
    DMA1_Channel4->CCR |= DMA_CCR4_DIR; // Задать направление чтения из памяти
    // Настроить работу с периферийным устройством
    DMA1_Channel4->CCR &= ~DMA_CCR4_PSIZE; // Задать размерность данных 8 бит
    DMA1_Channel4->CCR &= ~DMA_CCR4_PINC; // Запретить инкремент указателя
    // Настроить работу с памятью
    DMA1_Channel4->CCR &= ~DMA_CCR4_MSIZE; // Задать размерность данных 8 бит
    DMA1_Channel4->CCR |= DMA_CCR4_MINC; // Включить инкремент указателя
    USART1->CR3 |= USART_CR3_DMAT; // Разрешить передачу USART1 через DMA
}

// функция проверки флага окончания обмена в канале
// Результат: 0 - обмен не завершен, 1 - обмен завершен
unsigned char GetStateDMAChannel4(void)
{
    if(DMA1->ISR & DMA_ISR_TCIF4) return 1; // Если флаг TCIF установлен - обмен завершен
    return 0; // Иначе - обмен продолжается
}

// функция запуска обмена в канале
// Аргумент LengthBufer - количество данных для обмена
void StartDMAChannel4(unsigned int LengthBufer)
{
    DMA1_Channel4->CCR &= ~DMA_CCR4_EN; // Запретить работу канала
    DMA1_Channel4->CNDTR = LengthBufer; // Загрузить количество данных для обмена
    DMA1->IFCR |= DMA_IFCR_CTCIF4; // Обнулить флаг окончания обмена
    DMA1_Channel4->CCR |= DMA_CCR4_EN; // Разрешить работу канала
}

```

```
unsigned char BuffTxd[64];
```

Тогда адрес буфера в памяти можно задать так:

```

DMA1_Channel4->CMAR =
(uint32_t)&BuffTxd[0]; // Адрес буфера в памяти

```

Далее укажем количество байт, которое следует передать:

```

DMA1_Channel4->CNDTR = 64; //
Количество данных для передачи

```

На этом настройка адресов источника и приёмника канала DMA заканчивается и далее необходимо настроить режимы работы канала.

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

ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ
CRANE ELECTRONICS

ProSoft®

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

Листинг 2

```

unsigned char BuffTxd[32]; //
Инициализация буфера передатчика
void main()
{
// Загрузка буфера
BuffTxd[0] = 'Д';
BuffTxd[1] = 'О';
BuffTxd[2] = 'Б';
BuffTxd[3] = 'Р';
BuffTxd[4] = 'Ы';
BuffTxd[5] = 'Й';
BuffTxd[6] = ' ';
BuffTxd[7] = 'Д';
BuffTxd[8] = 'Е';
BuffTxd[9] = 'Н';
BuffTxd[10] = 'Ь';
BuffTxd[11] = '!';
USART1_TX_DMA1_Init(); // Иници-
ализация режима DMA1 для USART1
StartDMAChannel4(12); // Пуск
передачи
while(GetStateDMAChannel4()==0)
{}; // Ждать окончания передачи
StartDMAChannel4(12); // Повтор-
ный пуск передачи
while(GetStateDMAChannel4()==0)
{}; // Ждать окончания передачи
}

```

Данную процедуру можно разделить на три части:

- настройка режима связи с периферийным устройством;
- настройка режима связи с памятью;
- настройка канала в целом.

Настройка режима связи с периферийным устройством подобна настройке режима связи с памятью. Необходимо задать размерность данных и активировать инкремент указателя.

Размерность данных может составлять 8, 16 или 32 бита. В рассматриваемом примере данные будут перемещаться из буфера памяти в регистр данных USART1_TX. Для этого необходимо будет поместить в один и тот же регистр данных USART1_TX первый байт из буфера, затем второй и так далее до конца буфера. Значит, инкрементация указателя на память необходима, а инкрементация указателя на периферийное устройство не требуется.

Настройки канала в целом включают в себя:

- задание режима цикличности в виде однократного или циклического обмена;
- задание направления чтения из памяти или периферии;

- задание уровня приоритета канала;
- разрешение при необходимости прерываний.

Данные настройки выполняются с помощью битов регистра управления канала CCR, описанных ранее. Запись данных в управляющий регистр можно выполнять побитно или в один приём 32-разрядным словом. Для наглядности рассмотрим пример побитного занесения данных.

Вначале выполним предварительную очистку управляющего регистра:

```

DMA1_Channel4->CCR=0; // Очистка
регистра конфигурации четвертого
канала

```

Далее зададим размер элемента данных размером 8 бит путём обнуления соответствующего поля:

```

DMA1_Channel4->CCR &= ~DMA_CCR4_
MSIZE; // 8 бит

```

Для задания другого размера можно использовать следующие операции:

```

DMA1_Channel4->CCR |= DMA_CCR4_
MSIZE_0; // 16 бит
DMA1_Channel4->CCR |= DMA_CCR4_
MSIZE_1; // 32 бита

```

Аналогично задаём размер элемента данных для периферии:

```

DMA1_Channel4->CCR &= ~DMA_CCR4_
PSIZE; // 8 бит

```

Для передачи всего массива данных из буфера активируем режим инкремента указателя в памяти:

```

DMA1_Channel4->CCR |= DMA_CCR4_
PINC; // Инкремент указателя

```

Запретим инкремент указателя для периферии:

```

DMA1_Channel4->CCR &= ~DMA_CCR4_
PINC;

```

В обычном режиме DMA останавливается после выполнения одного цикла обмена. Чтобы инициировать следующий цикл обмена, необходимо выполнить следующие действия: отключить канал DMA, перезагрузить регистр CNDTR, вновь включить канал DMA. Но можно изначально задать режим циклического обмена. Тогда по окончании передачи DMA автома-

тически начнёт новый цикл. Для этого необходимо выполнить следующие операции:

```

DMA1_Channel4->CCR |= DMA_CCR4_
CIRC; // Включить циклический
режим
DMA1_Channel4->CCR |= DMA_CCR4_
DIR; // Задать направление пере-
дачи данных из памяти
DMA1_Channel4->CCR |= DMA_CCR4_
EN; // Разрешить работу канала

```

Кроме этого необходимо разрешить работу периферии через DMA, воспользовавшись описанием периферийного устройства, которое нужно подключить к DMA. В нашем случае для подключения USART1 используем следующий код:

```

USART1->CR3 |= USART_CR3_DMAT;
// Разрешить передачу USART1 че-
рез DMA

```

Узнать об окончании процедуры обмена через DMA помогут следующие флаги в регистре ISR: TEIF – ошибка обмена в канале, HTIF – передана половина буфера, TCIF – передан весь буфер и GIF – общий флаг прерывания в канале, который устанавливается, если установлен любой из флагов TEIF, HTIF или TCIF.

Для проверки соответствующего флага канала 4 необходимо выполнить следующие процедуры:

```

if (DMA1->ISR & DMA_ISR_TEIF4)
{} // Проверить флаг TEIF ошибки
обмена
if (DMA1->ISR & DMA_ISR_HTIF4)
{} // Проверить флаг HTIF пере-
дачи половины буфера
if (DMA1->ISR & DMA_ISR_TCIF4)
{} // Проверить флаг TCIF окон-
чания обмена

```

Для обнуления установленного флага канала 4 существует регистр IFCR. Очистка соответствующего флага выполняется так:

```

DMA1->IFCR |= DMA_ISR_TEIF4; //
Очистить флаг ошибки обмена TEIF
DMA1->IFCR |= DMA_ISR_HTIF4; //
Очистить флаг передачи половины
буфера HTIF
DMA1->IFCR |= DMA_ISR_TCIF4; //
Очистить флаг окончания обмена
TCIF

```


ПРИМЕРЫ ПРОГРАММ

В листинге 1 приведён пример программного кода набора функций настройки DMA для работы с USART1_TX, созданных на основе изложенного материала.

Приведённые функции используем в программе, которая позволит передать содержимое буфера в порт USART1 через DMA без участия процессора. Пример такой программы приведён в листинге 2. В качестве данных буфера будет загружена фраза «Добрый день!». Естественно, перед использованием программы необходимо будет выполнить инициализацию USART1.

Данная программа обладает определённым недостатком, связанным с необходимостью проверять флаг окончания передачи. Избавиться от этого недостатка поможет использование прерываний от канала DMA.

В качестве нового примера использования прерываний от DMA рассмотрим программу, приведённую в листинге 3.

В этой программе формируется буфер данных для передачи в порт USART2 и производится инициализация канала 6 DMA1 с разрешением прерываний. По окончании передачи произойдёт прерывание, которое вызовет обработчик DMA1_Channel6_IRQHandler. В этом обработчике обнуляется бит прерывания и отключается 6-й канал DMA1.

Подробнее познакомиться с блоком DMA поможет первоисточник [2].

ЛИТЕРАТУРА

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

Листинг 3

```
uint16_t Buffer[10] = {0x31, 0x32, 0x33, 0x34, 0x35, 0x36, 0x37,
0x38, 0x39, 0x3A};
// Обработчик прерывания DMA1
void DMA1_Channel6_IRQHandler(void)
{
    DMA_ClearITPendingBit(DMA1_IT_TC6);
    DMA_Cmd(DMA1_Channel6, DISABLE);
}
// Функция инициализации DMA1 для USART2
void init_DMA1_USART2()
{
    RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_IOPDEN | RCC_APB2ENR_AFIOEN;
    RCC->APB1ENR |= RCC_APB1ENR_USART2EN;
    AFIO->MAPR |= AFIO_MAPR_USART2_REMAP;
    GPIOD->CRL &= !GPIO_CRL_CNF5;
    GPIOD->CRL |= GPIO_CRL_CNF5_1 | GPIO_CRL_MODE5_0 | GPIO_CRL_CNF6_0;
    USART2->BRR = USART_BRR;
    USART2->CR1 = USART_CR1_UE | USART_CR1_TE | USART_CR1_RE;
    RCC_AHBPeriphClockCmd(RCC_AHBPeriph_DMA1, ENABLE);
    DMA_InitTypeDef DMA_InitStructure;
    DMA_StructInit(&DMA_InitStructure);
    DMA_InitStructure.DMA_DIR = DMA_DIR_PeripheralDST;
    DMA_InitStructure.DMA_PeripheralBaseAddr = (uint32_t) &(USART2->DR);
    DMA_InitStructure.DMA_MemoryBaseAddr = (uint32_t) Buffer;
    DMA_InitStructure.DMA_BufferSize = 10;
    DMA_InitStructure.DMA_MemoryInc = DMA_MemoryInc_Enable;
    DMA_InitStructure.DMA_PeripheralDataSize = DMA_PeripheralDataSize_Byte;
    DMA_InitStructure.DMA_MemoryDataSize = DMA_MemoryDataSize_Byte;
    DMA_InitStructure.DMA_Mode = DMA_Mode_Normal;
    DMA_Init(DMA1_Channel6, &DMA_InitStructure);
    USART_DMACmd(USART2, USART_DMAREQ_TX, ENABLE);
    DMA_Cmd(DMA1_Channel6, ENABLE);
    DMA_ITConfig(DMA1_Channel6, DMA_IT_TC, ENABLE);
    NVIC_EnableIRQ(DMA1_Channel6_IRQn);
}
// Главный модуль программы
void main()
{
    init_DMA1_USART2();
    while(1);
}
```

Atmel® Wi-Fi/Bluetooth модули Atmel®

Rainbow Electronics предлагает со склада и под заказ новейшие Wi-Fi/Bluetooth модули Atmel® семейства SmartConnect

WINC3400 – Wi-Fi/Bluetooth модули

- Wi-Fi 802.11b/g/n и Bluetooth 4.0
- встроенный стек TCP/IP и Bluetooth Smart
- скорость передачи данных до 72 Мбит/с
- мощность выходного сигнала до +20 дБм
- чувствительность –96 дБм
- габариты 22 × 15 мм



WINC1500 – Wi-Fi модули

- стандарт Wi-Fi – 802.11b/g/n
- встроенный стек TCP/IP и TLS
- скорость передачи данных до 72 Мбит/с
- мощность выходного сигнала до +19 дБм
- чувствительность –91 дБм
- низкое энергопотребление
- габариты 22 × 15 мм

RAINBOW
www.gsm-rainbow.ru

Москва
(495) 665-0201
info@rtcs.ru

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

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

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

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

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

Создание низкотемпературных аналоговых ИС для обработки импульсных сигналов датчиков

Часть 1

**Олег Дворников, Владимир Чеховский,
Валентин Дятлов (г. Минск, Беларусь),
Николай Прокопенко (г. Шахты, Ростовская обл.)**

В статье приведены основные параметры интегральных схем, которые улучшаются при снижении температуры, и области применения низкотемпературных микросхем. Основное внимание уделено выбору конструктивно-технологического базиса аналоговых криогенных микросхем и минимизации отрицательных эффектов, возникающих при низких температурах.

Введение

Большинство серийно выпускаемых ИС обеспечивает требуемый уровень параметров в диапазоне температур $-40...+85^{\circ}\text{C}$, хотя существуют микросхемы, способные работать в расширенном диапазоне температур $-60...+125^{\circ}\text{C}$.

При снижении рабочей температуры некоторые параметры ИС улучшаются, а именно, увеличивается:

- быстродействие КМОП-вентилей – из-за увеличения подвижности основных носителей заряда и, следовательно, крутизны КМОП-транзисторов, снижения барьерных ёмкостей р-п-переходов, уменьшения допустимого перепада логических уровней, обусловленного более резкой передаточной характеристикой [1, 2];
- полоса пропускания аналоговых КМОП-схем – благодаря повыше-

нию крутизны КМОП-транзисторов и уменьшению ёмкостей р-п-переходов;

- отношение сигнал/шум – благодаря уменьшению теплового шума и фликкер-шума [3];
- точность преобразования – в том числе, из-за уменьшения падения напряжения на паразитных сопротивлениях полупроводниковых областей и межсоединений и уменьшения температурных градиентов на кристалле [4, 5];
- надёжность – из-за экспоненциальной зависимости интенсивности отказов от температуры, а также уменьшения обратных токов, утечек и эффекта защёлкивания [2];
- эффективность работы мощных усилителей и источников питания.

При низких температурах возникают и отрицательные эффекты, главны-

ми из которых являются значительное снижение усиления биполярных транзисторов (БТ) [6] и появление изгиба выходных вольтамперных характеристик (ВАХ) МДП-транзисторов (так называемый эффект «плавающего тела» (kink effect) [7]). Тем не менее, актуальность создания ИС для криогенных температур сохраняется, благодаря постоянно расширяющейся области их применения (см. таблицу 1). Потребность рынка в низкотемпературной радиоэлектронной аппаратуре стимулирует разработку новых технологических маршрутов (тех-маршрутов), материалов и транзисторных структур, которые не отражены в таблице 1.

Создание криогенных микросхем крайне важно для космических применений. Это обусловлено тем, что температура вблизи и на поверхности большинства планет Солнечной системы и Луны ниже -60°C (см. таблицу 2), а использование нагревателей на основе радиоактивных материалов, из-за необходимости применения экранов, защищающих электронику от воздействия проникающей радиации, существенно увеличивает массу и габариты космических аппаратов.

Таблица 1. Области применения низкотемпературной электроники [4, 5, 8]

Область применения	Преимущество	Режим работы	Применяемая технология	Типичная частотная область	Типичная температура, К
Обработка сигналов матриц ИК-датчиков	Близкое расположение от источников сигналов	Аналоговый / цифровой	Si КМОП	От звуковых частот до нескольких МГц	4...200
ОУ и мультиплексоры общего применения	Близкое расположение от источников сигналов	Аналоговый / цифровой	Si КМОП	Звуковые частоты	2...77
Измерительные приборы и анализаторы сигналов	Высокое быстродействие, высокая рабочая частота	Аналоговый/цифровой	ИС на эффекте Джозефсона	СВЧ	4
Приёмники для радиоастрономии и космической связи	Низкий шум	Аналоговый	GaAs МДП, GaAs/AlGaAs МДП, SiGe	СВЧ	20
Предварительные усилители для датчиков магнитного резонанса и детекторов частиц	Близкое расположение от источников сигналов, низкий шум	Аналоговый	GaAs МДП	ВЧ/СВЧ	4...77
Мощные усилители и преобразователи	Улучшенная эффективность	Аналоговый	Полупроводниковая	От постоянного тока до СВЧ	77
Магнитометры	Высокая чувствительность	Аналоговый	Приборы на эффекте Джозефсона	ВЧ	4
Предварительные усилители для ИК-датчиков	Близкое расположение от ИК-датчиков, низкий шум	Аналоговый	Si ПТП/КМОП	Звуковые частоты	4...77
Обработка сигналов радаров, связь, спектральный анализ	Широкая полоса пропускания	Аналоговый	Si КМОП, SiGe	СВЧ	4 К

Примечания: ИК – инфракрасный, МДП – транзистор со структурой металл-диэлектрик-полупроводник, ПТП – полевой транзистор с р-п-переходом, Si – кремний, SiGe – кремний-германий, GaAs – арсенид галлия, AlGaAs – арсенид алюминия-галлия, ВЧ (СВЧ) – высокая (сверхвысокая) частота

Необходимость проектирования низкотемпературной электроники для космических применений подтверждается рядом примеров.

Так, в Основах государственной политики РФ в области космической деятельности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу, установлено, что в государственные интересы РФ в области космической деятельности входит получение научных данных о космосе, Земле и других небесных телах, в том числе исследование Луны, Марса, других тел Солнечной системы. Поэтому одной из главных целей в области космической деятельности является создание научно-технического и технологического потенциалов в целях обеспечения готовности и реализации масштабных космических проектов по углублённому изучению Вселенной и Солнечной системы (в первую очередь, окололунного пространства, Луны и Марса).

По словам главы НПО им. С.А. Лавочкина Виктора Хартова в список из семи критических технологий, лежащих в основе планируемых к реализации программ изучения поверхности Луны

и Марса, входят «технологии высокоточной и безопасной посадки, технологии глубинного (не менее 2 метров) забора грунта, технологии робототехнических средств стыковки и захвата орбитальных объектов в автоматическом режиме, высоко- и низкотемпературная электроника».

Проблемам низкотемпературной электроники уделяют большое внимание специалисты как в США [8], так и в Европе [9]. Исследования проводятся по следующим основным направлениям:

- применение новых материалов (Ge, SiGe, GaAs, InGaAs/InAlAs, GaN/AlGaIn), техмаршрутов, модернизация транзисторов для работы при температуре жидкого азота и жидкого гелия, в том числе, кремниевых полевых транзисторов с p-n-переходом (ПТП) [3, 9, 10], БТ [11, 12] и МДП-транзисторов [10, 13], Ge ПТ [14], GaAs ПТП [15, 16], кремний-германиевых биполярных гетеротранзисторов (SiGe HBT) [17–19];
- создание новых средств измерений, моделирования и проектирования низкотемпературных ИС; уточнение Spice-моделей кремниевых инте-

Таблица 2. Средняя температура на космических аппаратах около разных планет [8]

Наименование планеты	Средняя температура	
	К	°С
Марс	226	–47
Марс (поверхность)	153...293	–120...20
Луна (полюса)	38	–235
Юпитер	122	–151
Сатурн	90	–183
Уран	64	–209
Нептун	51	–222
Плутон	44	–229

гральных элементов для температур ниже 40 К [14, 20];

- исследование параметров серийно выпускаемых ИС и электрорадиоэлементов (резисторов, конденсаторов, индуктивностей) при низких температурах [17, 21].

Криогенные аналоговые микросхемы широко применяются в приборах ядерной электроники для регистрации сверхмалых сигналов различных детекторов частиц, ионизирующих и оптических излучений. При этом, чаще всего, в качестве входного малошумящего транзистора используется охлаждаемый кремниевый ПТП [22–24].

ProCHIP

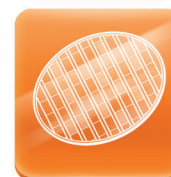
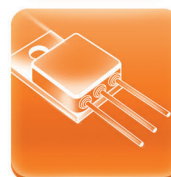
POWERED BY ProSOFT

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

BBULGIN

Grayhill

HARTING
Pushing Performance

SHARP

anadigm

International
TOR Rectifier

MPS
Monolithic Power Systems

SEMILEDS

RFHIC
www.rfhic.com

CREE

LUMINEO
POWERED BY "E" ENECO
Previously known as Philips Si-LEDs

AVO

XP XP Power

MICROMETALS

APBENOC

RAYSTAR
OLED Display Provider

PHILIPS
LUMILEDS

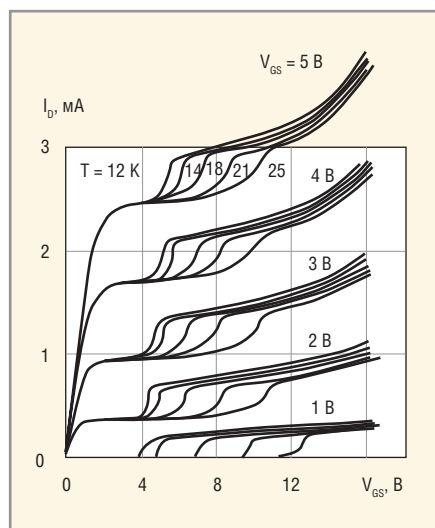


Рис. 1. Зависимость тока стока (I_D) от напряжения затвор-исток (V_{GS}) для транзисторов n-MOS с отношением ширины затвора (W) к его длине (L), равной 50/10 мкм, при разных напряжениях затвор-исток (V_{GS}) и температурах (T) [20]

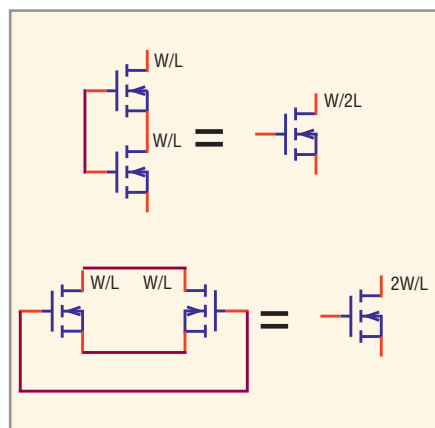


Рис. 2. Схемы включения КМОП-транзисторов для масштабирования их параметров

Таблица 3. Параметры активных элементов, изготовленных по техмаршруту Hi-CMOS II с длиной затвора, равной 2 мкм, в диапазоне температур [26]

Тип структуры	Параметр	Тип канала	Температура, К		
			300	77	4,2
Рабочая	Пороговое напряжение, В	n	0,59	1,04	1,08
		p	-0,74	-1,20	-1,43
	Крутизна (относительная)	n	1,0	1,6	1,6
		p	1,0	1,4	1,4
Паразитная	Пороговое напряжение, В	n	39,4	53,4	41,8
		p	-35,8	-44,2	-45,9

Таблица 4. Параметры пассивных элементов, изготовленных по техмаршруту Hi-CMOS II с длиной затвора, равной 2 мкм, в диапазоне температур [26]

Параметр	Тип структуры	Температура, К		
		300	77	4,2
Сопротивление	n+ исток	1	0,76	0,72
	Поликристаллический кремний	1	0,89	0,88
	Алюминий	1	0,14	0,05
	p-карман	1	0,30	>10 ⁵
Ёмкость	p-n-переход	1	0,7...0,8	—
Усиление по току	Биполярный транзистор	1	0,017	0,0017
Ток защёлкивания (относительный)	Паразитный тиристор	1	>1000	>1000

Низкотемпературная электроника также применяется в научном приборостроении, в измерительных и медицинских приборах, в приборах для исследований Арктики и Антарктики.

Целью предлагаемого обзора является изучение и систематизация возможностей и особенностей проектирования низкотемпературных аналоговых интегральных схем для обработки импульсных сигналов датчиков.

ВЫБОР КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО БАЗИСА АНАЛогоВЫХ КРИОГЕННЫХ МИКРОСХЕМ

Известно, что низкотемпературные аналоговые ИС могут быть реализованы как на биполярных, так и полевых транзисторах, однако при выборе конструктивно-технологического базиса аналоговых криогенных микросхем необходимо учитывать ряд особенностей.

1. МОП-техмаршруты наиболее часто применяются при создании цифровых и аналого-цифровых ИС. При уменьшении температуры большинство параметров МОП-элементов улучшается (см. таблицы 3 и 4), но возрастает пороговое напряжение и появляется изгиб выходной ВАХ в схеме с общим истоком (см. рис. 1). В транзисторах p-MOS изгиб ВАХ менее заметен, чем в n-MOS, и может быть минимизирован при правильном смещении n-кармана [25].

Известно, что прецизионные аналоговые микросхемы не следует создавать на КМОП-транзисторах [27]. Если

же КМОП-техмаршрут применяется для изготовления сложно функциональных низкотемпературных микросхем, содержащих аналоговые компоненты, при проектировании рекомендуется учитывать следующее [20]:

- при схемотехническом моделировании не допускается применение Spice-параметров моделей, предоставляемых изготовителями микросхем, так как обычно эти параметры не предназначены для описания характеристик интегральных элементов при криогенных температурах. Следует предварительно измерить параметры КМОП-транзисторов нескольких конструкций («базовых» транзисторов) при требуемой температуре и идентифицировать их Spice-параметры;
- масштабирование ВАХ КМОП-транзисторов необходимо осуществлять не изменением отношения ширины канала W к длине L , а последовательно-параллельным соединением «базовых» транзисторов одной и той же конструкции (см. рис. 2);
- существующий технологический разброс параметров полупроводниковых слоёв приводит к увеличению в 2–3 раза разброса ВАХ КМОП-транзисторов при криогенных температурах (см. рис. 3), поэтому необходимо применение специальных топологий транзисторов для согласования их параметров;
- для увеличения коэффициента усиления напряжения и уменьшения уровня шума, приведённого ко входу, часто используют подпороговый режим работы (режим слабой инверсии) КМОП-транзисторов. Область насыщения ВАХ (высокого выходного малосигнального сопротивления) в режиме слабой инверсии описывается соотношением [28]:

$$I_{DW} = I_{DOW} \exp \frac{V_{GS} - V_{TH}}{N_W \phi_T}, \quad (1)$$

где I_{DW} – ток стока в подпороговой области ВАХ, V_{GS} – напряжение затвор-исток, I_{DOW} – ток стока при $V_{GS} = V_{TH}$, V_{TH} – пороговое напряжение МДП-транзисторов (напряжение отсечки ПТП), $\phi_T = kT/q$ – температурный потенциал, k – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура, q – заряд электрона, N_W – фактор, характеризующий отклонение ВАХ в подпороговой области от экспоненты, обычно $N_W = 1...2$.

Для нормальных условий (300 К) температурный потенциал составляет около 26 мВ, а при температуре жидкого

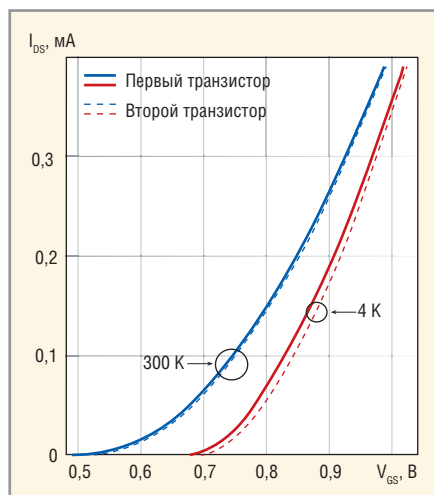


Рис. 3. Типовое различие передаточных характеристик двух рядом расположенных МОП-транзисторов при разных температурах [20]

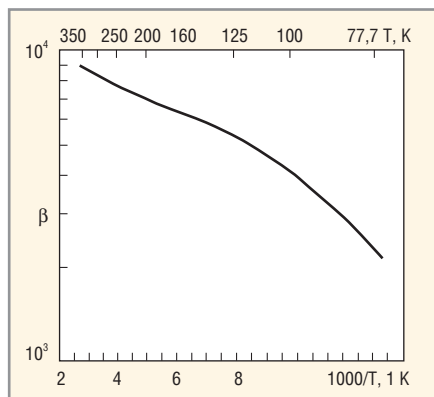


Рис. 6. Зависимость коэффициента передачи тока β от температуры для модернизированного БТ [11, 12]

азота – 6,3 мВ. Поэтому технологический разброс значения порогового напряжения приведёт к значительному разбросу токов стока, и применение режима слабой инверсии в низкотемпературных аналоговых ИС не рекомендуется.

Необходимо учитывать, что со снижением температуры уменьшается область напряжения исток–сток, в которой МДП-транзистор обладает высоким выходным сопротивлением. Это, с одной стороны, обусловлено ростом порогового напряжения при низких температурах, а с другой стороны – малым напряжением пробоя промежутка сток–исток транзисторов с коротким каналом.

Тепловой шум КМОП-транзисторов уменьшается с температурой, однако фликкер-шум при криогенных температурах может и уменьшаться, и возрастать, в зависимости от особенностей конкретного технологического маршрута.

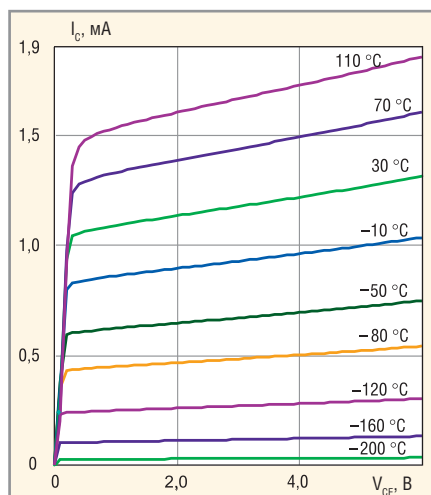


Рис. 4. Зависимость коллекторного тока (I_C) вертикального п-р-п-транзистора от напряжения коллектор–эмиттер (V_{CE}) при токе базы $I_B = 8$ мкА и разных температурах

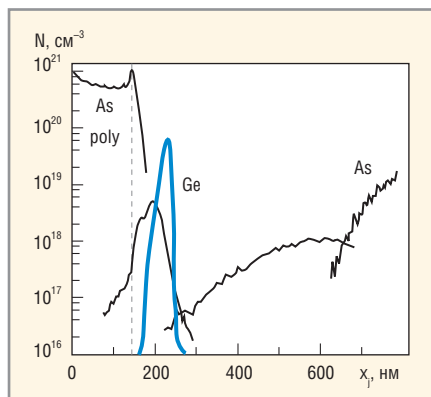


Рис. 7. Типовой профиль распределения примеси (зависимость концентрации N от глубины залегания x_j) в SiGe HBT

2. Усиление БТ значительно уменьшается при температуре жидкого азота, что иллюстрируют результаты измерений ВАХ в схеме с общим эмиттером (ОЭ) (см. рис. 4 и 5) для транзисторов базового матричного кристалла АБМК-1.3 [29]. Для увеличения коэффициента усиления БТ в схеме с общим эмиттером (β) в некоторых работах [11, 12] выполнена оптимизация транзисторной структуры, а именно, эмиттерная область сформирована из поликристаллического кремния и использованы слабелегированные базовая и коллекторная области, что позволило существенно повысить усиление БТ при температуре жидкого азота (см. рис. 6).

К сожалению, такие БТ обладают невысоким быстродействием, плохой радиационной стойкостью, малым напряжением Эрли (низким выходным малосигнальным сопротивлением) и чрезвычайно высоким напряжением коллектор–эмиттер при насыщении (V_{CES}). Например, $V_{CES} = 3,5$ В при

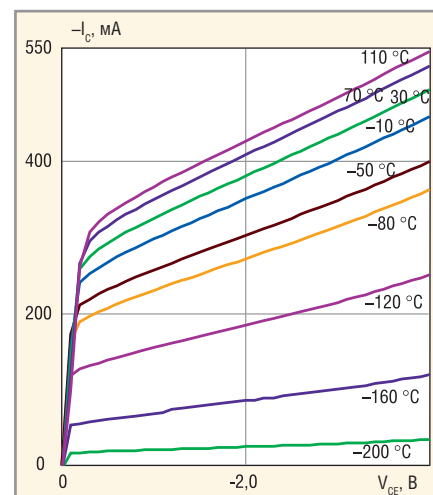


Рис. 5. Зависимость тока коллектора (I_C) горизонтального п-р-п-транзистора от напряжения коллектор–эмиттер (V_{CE}) при токе базы $I_B = -8$ мкА и разных температурах

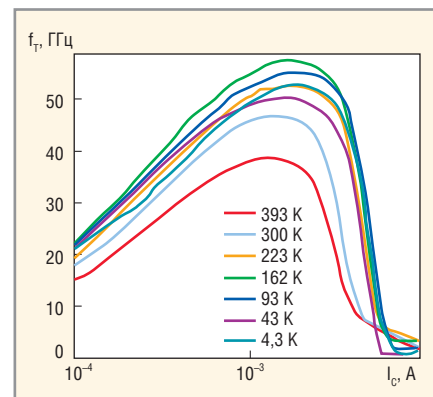


Рис. 8. Зависимость граничной частоты (f_T) от тока коллектора (I_C) при разной температуре для SiGe HBT

$I_B = 0,5$ мкА и $T = 300$ К. При низких температурах ($T = 78$ К) V_{CES} уменьшается до 0,5 В, но такие БТ нельзя применять в широком диапазоне температур и, следовательно, в космической электронике.

По мнению некоторых специалистов, наилучшим решением для синтеза аналоговых низкотемпературных ИС является использование SiGe HBT. При уменьшении температуры в SiGe HBT повышается β , напряжение Эрли, граничная частота (f_T), но уменьшается β в режиме малых токов [5, 18, 19]. Кроме того, возможно одновременное формирование на одном кристалле кремний–германиевых биполярных и МДП-транзисторов, что является большим преимуществом при создании аналого-цифровых микросхем.

На рисунках 7–10 приведены профиль распределения примеси в SiGe HBT, сформированном по техмаршруту IBM SiGe 5AM [19], основные статические и частотные параметры в диапазоне температур, которые подтверждают

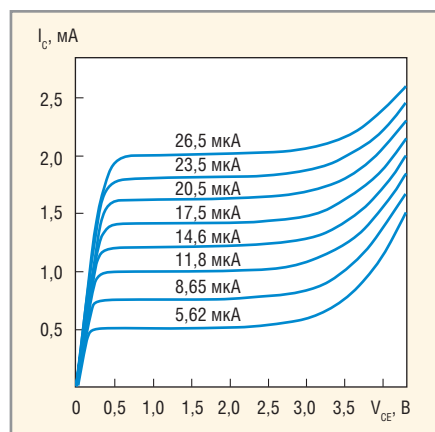


Рис. 9. Выходная ВАХ в схеме с ОЗ при температуре 300 К для SiGe HBT

возможность создания низкотемпературных быстродействующих аналоговых ИС. Однако SiGe HBT не пригодны для синтеза малошумящих усилителей, работающих с высокоимпедансными источниками сигналов.

3. Преимуществом кремниевых ПТП, по сравнению с МДП-транзисторами и GaAs ПТ, является предельно малый уровень шумов на частотах менее 10 кГц [3] при сравнимых с МДП-транзисторами величинах входных токов при криогенных температурах. Крутизна кремниевых ПТП увеличивается при уменьшении температуры до $-110...-120^{\circ}\text{C}$, а при дальнейшем понижении температуры – уменьшается. Эти особенности ВАХ наблюдаются для ПТП, изготовленных по разным технологическим маршрутам (см. рис. 11 и 12).

Известно, что для ПТП справедливы соотношения [27]:

$$g_m = \frac{dI_D}{dV_{GS}} \approx 2\sqrt{I_D \text{BETA}}, \quad (2)$$

$$\text{BETA} = \frac{4\epsilon\epsilon_0\mu_{CH}W}{3aL}, \quad (3)$$

где g_m – передаточная проводимость (крутизна), I_D – ток стока, BETA – коэффициент пропорциональности (удельная крутизна), μ_{CH} – подвижность основных носителей заряда в канале, ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость полупроводника, ϵ_0 – диэлектрическая проницаемость вакуума, W, L – ширина и длина затвора, соответственно, а – половина толщины токопроводящей части канала в отсутствие внешнего напряжения.

Сравнение кривых на рисунке 12, относящихся к одному и тому же транзистору при токах стока, отличающихся в 10 раз, показывает, что во всём диапазоне температур отношение крутизны составляет $\sqrt{10}$, что согласуется с соот-

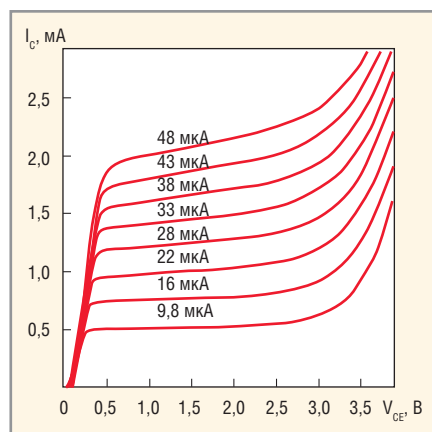


Рис. 10. Выходная ВАХ в схеме с ОЗ при температуре 43 К для SiGe HBT

ношением (2). В то же время, сравнение кривых, относящихся к транзисторам с отличающейся в 10 раз шириной затвора и работающих при одинаковых токах стока, выявило, что крутизна ПТП масштабируется не пропорционально $\sqrt{W}$, что объясняется существованием и температурной зависимостью сопротивления полупроводниковой области истока (RS). Так, для схемы с общим истоком

$$g_{MRS} = \frac{g_m}{1 + g_m RS}, \quad (4)$$

где g_{MRS} – крутизна в схеме с общим истоком с учётом сопротивления истока RS.

Следует отметить, что ПТП обычно применяют в качестве охлаждаемого входного транзистора, так как реализация функционально законченных аналоговых устройств на их основе затруднена.

Продолжение следует.

ЛИТЕРАТУРА

1. El-Ghanam S.M. Performance of Electronic Switching Circuits Based on Bipolar Power Transistors at Low Temperature. *Cryogenics*. Vol. 51. N3. 2011. P. 117–123.
2. Hu J. Low Temperature Effects on CMOS Circuits. www.users.eecs.northwestern.edu/~jhu304/files/lowtemp.pdf.
3. Goldberg R.T. Fabrication and Characterization of Low-Noise Cryogenic Si JFETs. *Proceedings Electrochemical Society PV*. 95-9. P. 428–439.
4. Kirschman R.K. Low Temperature Electronics. *Circuits and Devices*. N3. 1990. P. 12–24.
5. Cressler J.D. Low-Temperature Electronics. 6th International Planetary Probe Workshop. Atlanta, Georgia. Short Course on Extreme Environments Technologies. 21.06.2008.
6. Woo J.C.S. Non-ideal Base Current in Bipolar Transistors at Low Temperatures. *IEEE*

Transactions on Electron Devices. Vol. 34. N1. 1987. P. 130–138.

7. Broadbent S.B. CMOS Operation Below Freezout. *Proceedings of the Workshop on Low Temperature Semiconductor Electronics*. 1989. P. 43–47.
8. Patterson R.L. Assessment of Electronics for Cryogenic Space Exploration Missions. *Cryogenics*. Vol. 46. N2–3. 2006. P. 231–236.
9. Armandillo E. Low Temperature Electronics for Space Applications. *Journal de Physique*. Vol. 6. 1996. C3. P. 177–185.
10. Ardelean J. Preamplifiers for Room Temperature and Cryogenic Calorimetry Applications Based on DMILL Technology. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*. Vol. A376. 1996. P. 217–224.
11. Woo J.C.S. Optimization of Silicon Bipolar Transistors for High Current Gain at Low Temperatures. *IEEE Transactions on Electron Devices*. Vol. 35. N8. 1988. P. 1311–1321.
12. Jayadev T.S. Bipolar Transistors for Low Noise, Low Temperature Electronics. *Cryogenics*. Vol. 30. N2. 1990. P. 137–140.
13. Li Y. The Operation of 0.35 μm Partially Depleted SOI CMOS Technology in Extreme Environments. *Solid-State Electronics*. Vol. 47. N6. 2003. P. 1111–1115.
14. Goryachev M. Cryogenic Transistor Measurement and Modeling for Engineering Applications. *Cryogenics*. Vol. 50. N6–7. 2010. P. 381–389.
15. Battistoni G. Cryogenic Performance of Monolithic MESFET Preamplifiers for LAR Calorimetry. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*. Vol. A395. 1997. P. 134–140.
16. Battistoni G. Monolithic GaAs Current-Sensitive Cryogenic Preamplifier for Calorimetry Applications. *Nuclear Physics B (Proc. Suppl.)*. Vol. 61B. 1998. P. 511–519.
17. Buchanan E.D. Cryogenic Applications of Commercial Electronic Components. *Cryogenics*. Vol. 52. N10. 2012. P. 550–556.
18. Najafizadeh L. SiGe BiCMOS Precision Voltage References for Extreme Temperature Range Electronics. *Bipolar/BiCMOS Circuits and Technology Meeting*. 2006. P. 1–4.
19. Cressler J.D. Operation of SiGe Bipolar Technology at Cryogenic Temperatures. *Proceedings of the First European Workshop on Low Temperature Electronics*. J. Phys. IV France 04 (1994) C6-101-C6-110. www.doi.org/10.1051/jp4:1994616.
20. Ferrari G. Measurement Currents Below 4K. *Cryogenic Electronics*. Milano. November 22. 2012.
21. El-Ghanam S.M. Performance of Electronic Switching Circuits Based on Bipolar Power Transistors at Low Temperature. *Cryogenics*. Vol. 51. N3. 2011. P. 117–123.

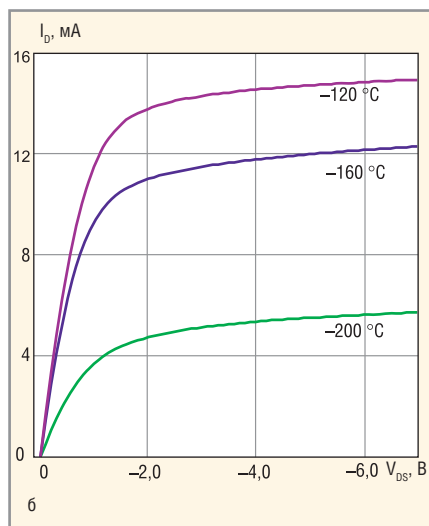
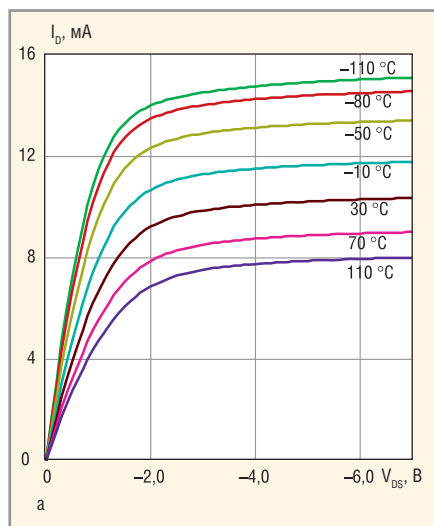


Рис. 11. Зависимость I_D от V_{DS} для p-ПТП АБМК-1.3 при $V_{GS} = 0$ и разных температурах: а – в диапазоне температур от -110 до 110 °C; б – в диапазоне температур от -200 до -120 °C

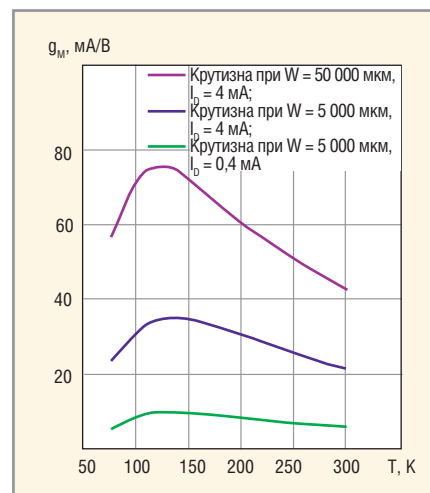


Рис. 12. Температурная зависимость крутизны (g_m) p-канальных ПТП с $L = 1,2$ мкм, сформированных по техмаршруту DMILL [10]

22. Manfredi P.F. Monolithic JFET Preamplifier with Nonresistive Charge Reset. IEEE Transactions on Nuclear Science. Vol. 45. 1998. P. 2257–2260.
23. Charge Sensitive Preamplifier. A-250. A New State-of-the-Art. www.amptek.com.
24. A250 Application Notes. (AN250-2, Revision 3). www.amptek.com.
25. Broadbent S.B. CMOS Operation Below Free-

zeout. Proceedings of the Workshop on Low Temperature Semiconductor Electronics. 1989. P. 43–47.

26. Hanamura S. Operation of Bulk CMOS Devices at Very Low Temperatures. IEEE Journal of Solid-State Circuits. Vol. 21. N3. 1986. P. 484–490.
27. Абрамов И.И., Дворников О.В. Проектирование аналоговых микросхем для прецизионных измерительных систем. Минск. 2006.

28. Дворников О.В. Проектирование аналоговых микросхем на МОП-транзисторах. Часть 1: Малосигнальная модель МОП-транзистора с источниками шумов. Электронные компоненты. № 8. 2009. С. 52–55.
29. Прокопенко Н.Н. Элементная база радиационно-стойких информационно-измерительных систем. Шахты: ФГБОУ ВПО «ЮРГУЭС», 2011.



ЖАЖДА СКОРОСТИ

РАЗЪЁМ HAR-SPEED M12 В SLIM-КОРПУСЕ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

КОМПАКТНЫЙ КОРПУС РАЗЪЁМА
ДИАМЕТР КАБЕЛЯ 4,5–8,8 мм

Х-КОДИРОВКА В СООТВЕТСТВИИ С ИЕС 61076-2-109
СКОРОСТЬ ПЕРЕДАЧИ ДО 10 ГБИТ/С

ПОЛНОЕ ЭКРАНИРОВАНИЕ,
ЗАЩИТА ОТ ВИБРАЦИЙ, ПЫЛИ И ВЛАГИ

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ HARTING

IP65 IP67

ProCHIP
POWERED BY PROSOFT

Активный компонент вашего бизнеса

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

Новые продукты в линейке светодиодов компании SemiLEDs

Андрей Туркин (Москва)

За несколько последних лет компания SemiLEDs сумела выйти в лидеры рынка светодиодной продукции, и в настоящее время активно разрабатывает новые серии светодиодов. В статье приводится обзор новых изделий этой тайваньской компании, описываются их особенности и характеристики.

Введение

Одним из основных направлений развития современного рынка систем освещения является переход на светодиодные источники света. Характеристики современных сверхъярких и мощных светодиодов, а также светодиодных модулей, достигли таких значений, что способны с успехом заменить традиционные источники света.

Лидерами рынка светодиодов являются компании, которые используют в разработке собственные ноу-хау [1, 2]. В течение нескольких последних лет в их число вошла основанная в 2004 г. тайваньская компания SemiLEDs. Эта компания имеет в активе собственную технологию производства кристаллов, основанную на отработанном её специалистами методе отсоединения структуры нитрида галлия (GaN) от сапфировой (Al_2O_3) подложки [1–3].

Эта технология получила название Lift-Off [1–4]. С её помощью компании SemiLEDs удалось существенно снизить концентрацию дефектов в структуре GaN и, как следствие, уменьшить безызлучательную рекомбинацию. Тем самым был увеличен квантовый выход излучения [1, 2]. Кроме того, отработав собственный метод монтажа структуры на проводящую подложку,

специалисты компании получили возможность изготавливать кристаллы с контактами на противоположных гранях. Такой метод обеспечивает вертикальное протекание тока, что позволяет снизить внутреннее сопротивление структуры и, как следствие, уменьшить прямое напряжение и потребляемую мощность при номинальном токе [1, 2]. Кроме того, данная технология позволяет в процессе роста использовать сапфировые подложки несколько раз, что снижает себестоимость кристаллов [1, 2].

Также стоит отметить, что при разработке своих новых продуктов компания SemiLEDs внимательно изучает тенденции рынка светодиодов и находит новые рыночные сегменты для своих изделий. Например, анализ ситуации на рынке в 2014 г., с учётом достаточно жёсткой конкуренции среди производителей светодиодов для систем общего освещения, позволил специалистам компании SemiLEDs принять важные решения. Во-первых, компания доработала существующую серию мощных светодиодов, выпустив обновлённые серии. Во-вторых, решила сосредоточить усилия на разработке новых продуктов для специальных применений, где требуются источники света

инфракрасной (ИК) и ультрафиолетовой (УФ) областей спектра.

Рассмотрим особенности и характеристики новых серий светодиодов компании SemiLEDs.

Мощные светодиоды видимого диапазона компании SemiLEDs

Прежде всего, стоит отметить обновление серии мощных светодиодов C35, о которой достаточно подробно говорилось в предыдущих статьях [1, 2]. В качестве обновления этих светодиодов компания SemiLEDs выпустила серию C3535x, которая включает в себя два семейства: C3535L – светодиоды белого цвета свечения и C3535M – цветные светодиоды. На рисунке 1 показаны светодиоды серии C3535x.

Мощные светодиоды семейства C3535L выпускаются во всём диапазоне белого цвета. Величина их светового потока при токе 350 мА для холодного белого цвета (диапазон цветовой температуры 4750–10 000 К) превышает 139 лм, для естественного белого цвета (диапазон цветовой температуры 3700–4750 К) – 122 лм, для тёплого белого цвета (диапазон цветовой температуры 2600–3700 К) – 114 лм. Типичное значение индекса цветопередачи (CRI) мощных светодиодов серии C3535L холодного и естественного белого цвета составляет, соответственно, 70 и 75, у светодиодов тёплого белого цвета минимальный CRI равен 80. Максимальный рабочий ток светодиодов всех оттенков белого цвета равен 1000 мА. Угол кривой светораспределения у светодиодов холодного белого диапазона составляет 135°, у светодиодов естественного и тёплого диапазона – 130°. Тепловое сопротивление светодиодов серии C3535L не превосходит 8°С/Вт.

Цветные светодиоды семейства C3535M выпускаются в тёмно-красном (диапазон длин волн 650–670 нм), красном (диапазон длин волн 620–635 нм), жёлтом (диапазон длин волн 580–600 нм), зелёном (диапазон длин волн 520–535 нм), изумрудном (диапазон длин волн 500–520 нм), голубом (диапазон длин волн 455–470 нм) и синем (диапазон длин волн 440–460 нм) обла-

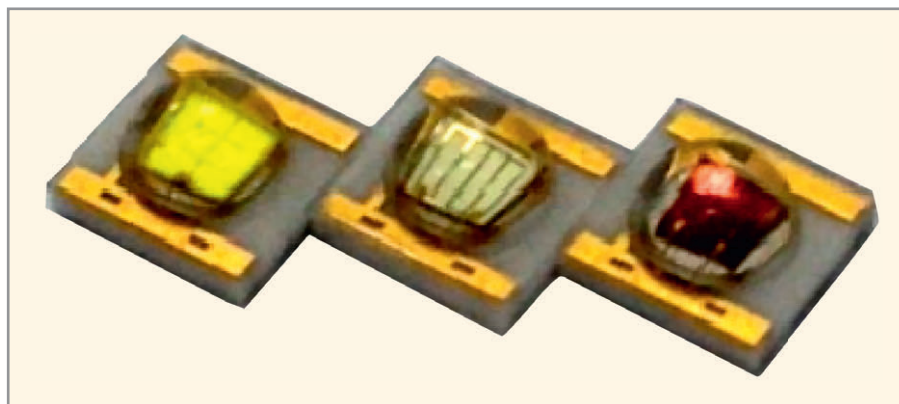


Рис. 1. Мощные светодиоды серии C3535x компании SemiLEDs

стях видимого спектра. Значение светового потока при токе 350 мА у красных и жёлтых светодиодов превосходит 56 лм, у зелёных – 87 лм, у изумрудных – 80 лм, у голубых – 30 лм. Значение мощности оптического излучения тёмно-красного светодиода семейства C3535M превосходит 280 мВт, а синего светодиода – 520 мВт. Максимальный рабочий ток тёмно-красных, красных и жёлтых светодиодов составляет 700 мА, для зелёных, изумрудных, голубых и синих светодиодов – 1000 мА. Угол кривой светораспределения у всех цветных светодиодов составляет 125°. Тепловое сопротивление тёмно-красных, красных и жёлтых светодиодов не превосходит 10°C/Вт, у зелёных, изумрудных, голубых и синих светодиодов значение теплового сопротивления не превосходит 8°C/Вт.

Основные характеристики светодиодов серии C3535x приведены в таблице 1.

При сравнении новой серии с предыдущей серией C35 компании SemiLEDs [1, 2] можно отметить, что значения светового потока или мощности оптического излучения большинства светоди-

Таблица 1. Основные характеристики светодиодов серии C35 компании SemiLEDs

Светодиод	Цвет	Номинальный ток, мА	Рабочий ток, мА (макс.)	Световой поток*, лм (мин.)	CRI
C3535L-C0L1-1J11H	Холодный белый	350	1000	139	70 (тип.)
C3535L-N1L1-A1J11H	Естественный белый	350	1000	122	75 (тип.)
C3535L-W7L1-A1J11H	Тёплый белый	350	1000	114	80 (мин.)
C3535M-SNL1-E1H11N	Тёмно-красный	350	700	280 мВт	–
C3535M-RNL1-E1H11N	Красный	350	700	56,8	–
C3535M-ANL1-E1H11N	Жёлтый	350	700	56,8	–
C3535M-GNL1-A1H11N	Зелёный	350	1000	87,4	–
C3535M-CNL1-A1H11N	Изумрудный	350	1000	80,6	–
C3535M-BNL1-A1H11N	Голубой	350	1000	30,6	–
C3535M-DNL1-A1H11N	Синий	350	1000	520 мВт	–

* Значения приведены для максимальной группы каждого цвета

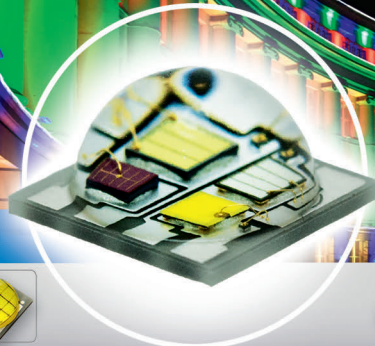
одов не снизились, а у тёплого белого и синего – увеличились. Кроме того, в линейке цветных светодиодов появился тёмно-красный цвет свечения, который расширил диапазон видимого спектра, перекрываемый данной серией, и тем самым расширил область применений светодиодов SemiLEDs.

Светодиоды серии C3535x изготавливаются в корпусе, аналогичном серии C35. Размер основания составляет 3,45 × 3,45 мм. Основания такого же размера и типа используются многими известными производителями,

например, Cree (серия XP или серия XT-E) и Philips Lumileds (Luxeon Q). Кривая светораспределения светодиодов серии C3535x также аналогична кривой светораспределения указанных светодиодов, что позволяет разработчикам использовать светодиоды данной серии в существующих изделиях без каких-либо изменений и доработок, используя существующие печатные платы и оптику. Это предоставляет производителям светотехнических изделий на основе светодиодов определённые преимущества, такие как сокра-



Мощные светодиоды



Мощные светодиоды



Сверхяркие SMD-светодиоды



Светодиодные модули

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ SEMILEDs



Активный компонент вашего бизнеса



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

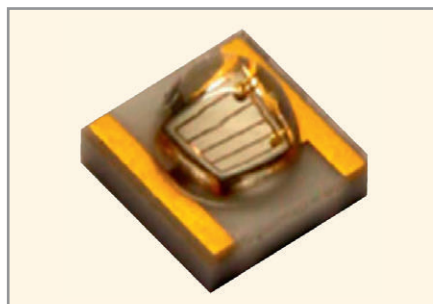


Рис. 2. Мощные УФ-светодиоды C35L-U-A компании SemiLEDs

щение цикла разработки светодиодных приборов и оптимизация времени вывода нового изделия на рынок.

Мощные светодиоды УФ-диапазона компании SemiLEDs

До настоящего времени компания SemiLEDs выпускала светодиоды ультрафиолетового диапазона в составе серии C35 – УФ-светодиоды C35L-U-A (см. рис. 2). Они выпускались в трёх диапазонах длин волн: 390–400 нм, 400–410 нм и 410–420 нм. Номинальный рабочий ток этих светодиодов составлял 350 мА, значения их мощности излучения при номинальном токе составляли от 320 до 440 мВт, 480 и 520 мВт, соответственно. Максимальный рабочий ток данных светодиодов составлял 800 мА. Тепловое сопротивление данных светодиодов, как и всех светодиодов серии C35, не превышало 8°C/Вт. Угол светораспределения составлял 125°.

Основные характеристики УФ-светодиодов серии C35 приведены в таблице 2.

В начале 2015 г. компания SemiLEDs доработала данные светодиоды, выпустив новую серию УФ-светодиодов

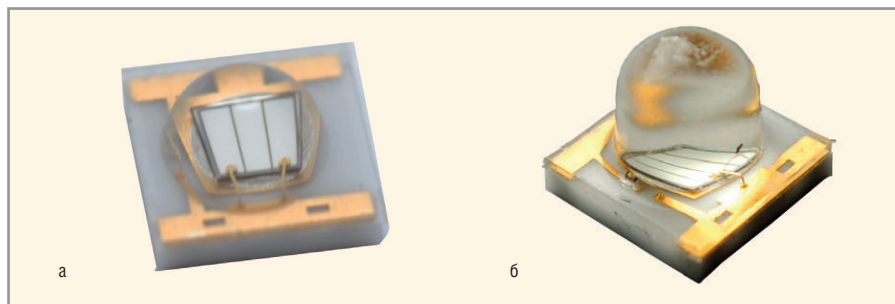


Рис. 3. Мощные УФ-светодиоды серии C3535U-UNx1 компании SemiLEDs: а – с углом светораспределения 125°; б – с углом светораспределения 55°

C3535U-UNx1. Светодиоды этой серии имеют идентичные размеры основания, однако в серию входят модели с двумя значениями углов светораспределения – 125° (см. рис. 3а) и 55° (см. рис. 3б). Они выпускаются в четырёх диапазонах длин волн: 380–390 нм, 390–400 нм, 400–410 нм и 410–420 нм. Номинальный рабочий ток этих светодиодов составляет 500 мА, значения их мощности излучения при номинальном токе составляют, соответственно, для первого из диапазонов от 560 до 750 мВт, для второго и третьего диапазонов – от 650 до 850 мВт, для четвертого диапазона – от 700 до 900 мВт. Максимальный рабочий ток светодиодов серии C3535U-UNx1 составляет также 800 мА. Тепловое сопротивление данных светодиодов, как и всех светодиодов серии C35, не превышает 8°C/Вт.

Основные характеристики УФ-светодиодов серии C3535U-UNx1 приведены в таблице 3.

Как уже отмечалось, светодиоды серии C35L-U и светодиоды новой серии C3535U-UNx1 изготавливаются на основании размером 3,45 × 3,45 мм. Основания такого размера и формы используются многими известными производи-

телями. Это означает, что разработчики светотехнических изделий при проектировании систем для УФ-области спектра могут использовать стандартные печатные платы и менять только светодиоды. Стоит также отметить, что два варианта углов светораспределения существенно облегчают труд разработчиков, позволяя использовать соответствующие типы светодиодов серии C3535U-UNx1 в случаях, когда требуется более широкая или более узкая кривая светораспределения конечного прибора даже без использования вторичной оптики. Это является неоспоримым преимуществом данной серии светодиодов, так как большинство линз для светодиодов изготавливаются из полимерного материала, который может деградировать при длительном воздействии УФ-излучения.

Также новой серией УФ-светодиодов компании SemiLEDs является серия BC3535U-VNL1 (см. рис. 4). Они также начали производиться компанией SemiLEDs с начала 2015 г. Они выпускаются в двух диапазонах длин волн: 365–370 нм и 370–375 нм. Номинальный рабочий ток этих светодиодов составляет 350 мА, а значения мощности излучения при номинальном токе составляют для обоих диапазонов от 60 до 120 мВт. Максимальный рабочий ток светодиодов данной серии составляет 500 мА. Тепловое сопротивление этих светодиодов составляет примерно 20–22°C/Вт, а угол светораспределения – 145°.

Основные характеристики УФ-светодиодов серии BC3535U-VNL1 приведены в таблице 4.

Из приведённых характеристик видно, что данная серия перекрывает достаточно коротковолновый для светодиодов диапазон, позволяя тем самым расширить область применения УФ-светодиодов.

Светодиоды серии BC3535U-VNL1 также изготавливаются на основании размером 3,45 × 3,45 мм. Таким образом, разработчики светотехнических

Таблица 2. Основные характеристики УФ-светодиодов серии C35 компании SemiLEDs

Светодиод	Диапазон	Длина волны, нм		Номинальный ток, мА	Макс. рабочий ток, мА	Мощность излучения, мВт	
		мин.	макс.			мин.	макс.
C35L-U-A	U50	390	400	350	800	320	440
	U60	400	410	350	800	320	480
	U70	410	420	350	800	320	520

Таблица 3. Основные характеристики УФ-светодиодов серии C3535U-UNx1 компании SemiLEDs

Светодиод	Диапазон	Длина волны, нм		Номинальный ток, мА	Макс. рабочий ток, мА	Угол, °	Мощность излучения, мВт	
		мин.	макс.				мин.	макс.
C3535U-UNL1-A1G11H	U40	380	390	500	800	125	560	750
	U50	390	400	500	800	125	650	850
	U60	400	410	500	800	125	650	850
	U70	410	420	500	800	125	700	900
C3535U-UNF1-A1G11H	U40	380	390	500	800	55	560	700
	U50	390	400	500	800	55	650	800
	U60	400	410	500	800	55	650	800
	U70	410	420	500	800	55	700	850

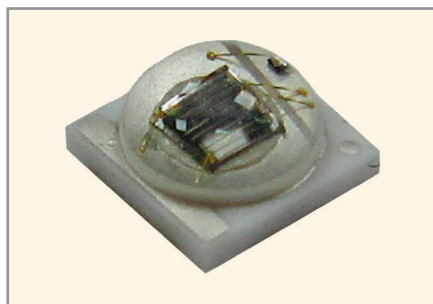


Рис. 4. Мощные УФ-светодиоды серии BC3535U-VNL1 компании SemiLEDs

изделий при создании приборов для УФ-области спектра могут использовать стандартные печатные платы и менять только светодиоды.

Развивая линейку УФ-светодиодов, компания SemiLEDs занимает новые рыночные ниши, укрепляя тем самым свои позиции на светодиодном рынке.

Мощные светодиоды ИК-диапазона компании SemiLEDs

В конце 2014 – начале 2015 гг. компания SemiLEDs начала производство светодиодов в ИК-диапазоне спектра. Это новый для компании диапазон, где применяются кристаллы на основе арсенидных структур [3, 4]. В связи с этим компания SemiLEDs освоила технологию арсенида галлия (GaAs) и структур на его основе, хотя ранее специализировалась на нитриде галлия (GaN), используя инновационную технологию Lift-Off [1–4] и структуры на основе фосфида алюминия-индия-галлия (AlInGaP) для производства кристаллов желтых и красных светодиодов. Результатом внедрения новой технологии стал выпуск описанных темно-красных светодиодов серии C3535M, для которых используются структуры на основе арсенида алюминия-галлия (AlGaAs), а также появление новой серии ИК-светодиодов N3535X-INx1.

Светодиоды данной серии выпускаются в диапазоне длин волн 840–870 нм, номинальный рабочий ток составляет 700 мА. В серию входят модели с тремя значениями углов светораспределения: 140°, 90° и 65° (см. рис. 5). Значения их мощности излучения при номинальном токе составляют, в зависимости от угла светораспределения, соответственно, 700–1000 мВт, 650–950 мВт и 600–900 мВт. Максимальный рабочий ток светодиодов серии C3535U-UNx1 – 1000 мА. Тепловое сопротивление данных светодиодов не превышает 4,4°C/Вт, что говорит о высоких

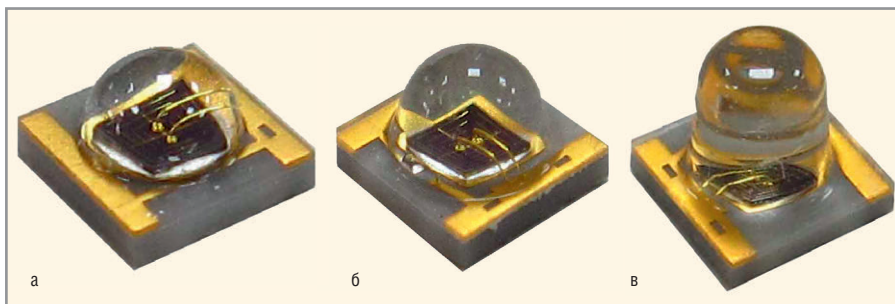


Рис. 5. Мощные ИК-светодиоды серии N3535X-INx1 компании SemiLEDs: а – с углом светораспределения 140°; б – с углом светораспределения 90°; в – с углом светораспределения 65°

тепловых свойствах корпуса и кристалла, а также подтверждает возможность работы при высоком токе.

Основные характеристики ИК-светодиодов серии N3535X-INx1 приведены в таблице 5.

Размеры основания светодиодов серии N3535X-INx1 составляют 3,45 × 3,45 мм и идентичны размерам основания для светодиодов всех описанных серий. Это позволяет разработчикам светотехнических изделий использовать стандартные печатные платы также и при создании систем для ИК-применений, которыми являются, например, источники излучения и камеры для систем безопасности и наблюдения, а также системы машинного зрения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанные в данной статье новые светодиоды компании SemiLEDs имеют высокую световую отдачу и эффективность, что позволяет создавать на их основе конкурентоспособные светотехнические изделия. Кроме того, применение данных светодиодов, имеющих при высокой световой отдаче невысокую цену люмена, позволит сократить срок окупаемости изделий. Применение белых светодиодов компании SemiLEDs может позволить существенно снизить себестоимость люмена готового изделия, а также повысить эффективность их использования в промышленности.

Расширение линейки светодиодов как в УФ-область, так и в ИК-область свидетельствует о существенном научно-техническом и инженерно-технологическом потенциале компании. Расширение линейки УФ-светодиодов в более коротковолновую область свидетельствует о высоком уровне освоения технологии GaN-структур, а появление темно-красных светодиодов, использующих кристаллы на основе AlGaAs-структур, а также принципиально новых ИК-светодиодов, в которых используются кристаллы на основе GaAs-структур, говорит об освоении компанией новых технологических процессов на уровне серийного производства.

Успехи компании SemiLEDs, достигнутые за последнее время, позволяют существенно укрепить её позиции среди лидеров рынка светодиодов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Туркин А. Характеристики и особенности светодиодов компании SemiLEDs. Современная электроника. 2014. №3. С. 26–31.
2. Матешев И., Туркин А. Светодиоды SemiLEDs – новые технологии, новые возможности. Полупроводниковая светотехника. 2014. № 3. С. 42–47.
3. Шуберт Ф.Е. Светодиоды. М. ФизМатЛит. 2008.
4. Туркин А.Н. Полупроводниковые светодиоды: история, факты, перспективы. Полупроводниковая светотехника. 2011. № 5. С. 28–33.



Таблица 4. Основные характеристики УФ-светодиодов серии BC3535U-VNL1 компании SemiLEDs

Светодиод	Диапазон	Длина волны, нм		Номинальный ток, мА	Макс. рабочий ток, мА	Мощность излучения, мВт	
		мин.	макс.			мин.	макс.
BC3535U-VNL1	U2B	365	370	350	500	60	120
	U3A	370	375	350	500	60	120

Таблица 5. Основные характеристики ИК-светодиодов серии N3535X-INx1 компании SemiLEDs

Светодиод	Длина волны, нм		Номинальный ток, мА	Макс. рабочий ток, мА	Угол, °	Мощность излучения, мВт	
	мин.	макс.				мин.	макс.
N3535X-INL1-EDH11N	840	870	700	1000	140	700	1000
N3535X-INA1-EDH11N	840	870	700	1000	90	650	950
N3535X-INF1-EDH11N	840	870	700	1000	65	600	900

Новости мира News of the World Новости мира

Решение для измерения параметров силовых полупроводниковых приборов

Компания Keysight Technologies представила существенные усовершенствования анализатора силовых полупроводниковых приборов / характериографа B1505A, которые сделали его единственным в отрасли решением, способным измерять все основные характеристики силовых корпусных и бескорпусных полупроводниковых приборов.



Надёжные силовые полупроводниковые приборы с высоким КПД играют важную роль в быстрорастущей отрасли силовой электроники. Эффективная разработка таких устройств требует тщательного измерения не только традиционных, но и новых типов характеристик, таких как заряд затвора (Q_z), входная, выходная и проходная ёмкости (C_{11i} , C_{22i} , C_{12i}) и сопротивление затвора (R_z). Причём эти измерения должны выполняться для корпусных и бескорпусных исполнений устройств. Важно также измерение параметров в реальных условиях эксплуатации, например, при минимальной или максимальной температурах. Тем не менее, до сих пор не существовало единого решения, способного выполнить все эти измерения.

Благодаря последним усовершенствованиям, характериограф B1505A теперь обладает полным набором функций, необходимых для измерения параметров корпусных и бескорпусных полупроводниковых приборов. Функция автоматических тепловых испытаний, синхронизированных с климатической камерой, охватывает диапазон температур $-50...+250^\circ\text{C}$. Новые измерительные функции позволяют автоматически измерять ёмкости и R_z высоковольтных транзисторов. Инженеры могут строить кривые Q_z новым мето-

дом при малых и больших напряжениях, что позволяет точно измерять параметры очень мощных устройств, таких как модули БТИЗ.

Кроме того, вновь усовершенствованный B1505A обладает гибкой и способной к обновлению аппаратной архитектурой, которая может адаптироваться практически к любым требованиям инженеров и технологов. Например, для тех, кому нужно выполнять интенсивные испытания надёжности, архитектура B1505A поддерживает конфигурации с пятью блоками источников – измерителей высокого напряжения.

Последние усовершенствования характериографа B1505A делают его привлекательным для инженеров и технологов, отделов контроля качества на производстве силовых устройств и учёных, занятых разработкой силовых полупроводниковых приборов (например, БТИЗ и мощных полевых МОП-транзисторов) или новых материалов с широкой запрещённой зоной для этих устройств, таких как карбид кремния или нитрид галлия. Кроме того, инженеры могут использовать B1505A для входного контроля устройств и анализа отказов.

Характериограф Keysight B1505A представляет собой одноприборное решение для измерения параметров силовых полупроводниковых приборов, работающее под управлением ОС Microsoft Windows 7. Его широкий измерительный диапазон от пикоампер до 10 кВ / 1500 А позволяет точно измерять сопротивление в открытом состоянии порядка микроом, а возможность измерения импульсов длительностью от 10 мкс позволяет измерять все параметры транзисторов. Благодаря масштабируемой архитектуре, простому в обращении программному обеспечению, аппаратной платформе следующего поколения и автоматическим испытательным и аналитическим функциям, характериограф B1505A обладает непревзойдённой производительностью и позволяет без труда измерять параметры силовых приборов.

www.keysight.com

«Утечка мозгов» из России за полтора года увеличилась

За последние полтора года российские учёные стали чаще уезжать из России в другие страны, зарплаты в которых намного выше. Одной из причин этого стало снижение курса рубля, из-за которого разница в зарплатах российских и иностранных учёных увеличилась, считает президент

Российской академии наук (РАН) Владимир Фортов. «Наши зарплаты несопоставимы с теми, которые есть там, они отличаются в разы, и отличались до повышения курса доллара к рублю, – заявил он в интервью телеканалу «Россия 24». – За последние полтора года, этот отрезок для нас самый болезненный, я посчитал, что отток увеличился».

В свою очередь Глава правительства Дмитрий Медведев пообещал увеличить доплаты за звания академиков и членов-корреспондентов РАН. «В настоящее время готовим ряд важных решений, включая вопросы материального стимулирования, увеличения ежемесячных доплат за звания академиков и членов-корреспондентов. Это решение будет выполнено, несмотря на то, что сейчас с деньгами не очень просто», – заявил Медведев, выступая на общем собрании РАН.

Одновременно премьер-министр пообещал, что, несмотря на непростую ситуацию в экономике, на финансирование научных исследований в 2015 г. будет выделено 350 млрд руб., из которых 115 млрд руб. будет направлено на фундаментальные исследования, а ещё 241 млрд руб. – на прикладные разработки.

В случае улучшения экономической ситуации власти РФ, по словам Медведева, могут «разморозить» проекты, финансирование которых было приостановлено или урезано.

В начале марта 2015 г. вице-президент Российской академии наук, нобелевский лауреат по физике Жорес Алфёров заявлял, что основная проблема отечественной науки заключается не в низком финансировании, а в невостребованности научных результатов экономикой и обществом. Проблема же «утечки мозгов», по словам Алфёрова, характерна и для других стран Европы и Азии. «Отовсюду учёные уезжают только в одну страну – в Соединённые Штаты Америки. Этот процесс был, есть и будет», – пояснил тогда Алфёров.

В интервью «России 24» Фортов отметил, что, несмотря на ускорение темпов «утечки мозгов», в России по-прежнему есть талантливые учёные.

«Есть направления, в которых мы сильны – это школа теоретической физики, математика, некоторые разделы энергетики, машиностроения, механики, процессов управления», – сказал Фортов, подчеркнув, что сотрудничество с западными организациями не мешает работе учёных в России.

www.rbc.ru

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



Вакуумные реле



Газонаполненные реле



Герконовые реле



Контакторы

Реклама

Методы формирования и анализа сверхширокополосных сигналов на базе оборудования Keysight Technologies

Часть 3

Александр Чумадин, Keysight Technologies

В статье представлен обзор испытательного оборудования компании Keysight Technologies для формирования и анализа сверхширокополосных сигналов. В третьей части статьи даются оценка и анализ сигналов РЛС.

Проверка правильности и анализ радиолокационных сигналов

Анализ радиолокационного импульса является сложной задачей, поскольку при этом используется метод компрессии для улучшения разрешающей способности и повышения дальности при снижении неопределённости. При таком подходе средства анализа должны обеспечивать более широкие полосы частот, давать возможность анализа модуляции и представление сигнала в нескольких областях. Кроме того, разработчики внедряют программно-определяемые архитектуры РЛС, где стабильность и гибкость цифровых реализаций заменяют традиционную аналоговую обработку на ПЧ и в полосе частот модуляции. Это также создаёт особые проблемы для испытаний, поскольку формат сигналов и доступ к ним кардинально меняется при переходе от полосы частот модуляции к ВЧ. С целью решения этих сложных задач компания Keysight создала целый ряд приборов для анализа, которые обладают характеристиками и гибкостью, позволяющими просматривать практически все радиолокационные сигналы с учётом широкого разнообразия форматов.

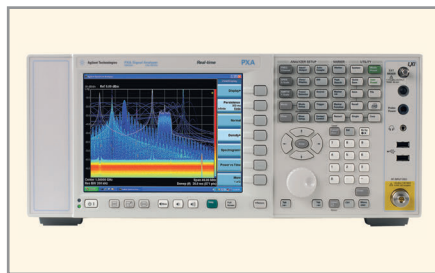


Рис. 9. Анализатор PXA с опцией анализа в реальном времени

Средства анализа компании Keysight

Для удовлетворения требований в широком диапазоне соотношений цена/производительность, компания Keysight предлагает семейство настольных анализаторов сигналов серии X и две линейки портативных анализаторов. Портативные модели – это ручные анализаторы спектра (HSA) и семейство анализаторов серии FieldFox. Модели ручных анализаторов спектра позволяют проводить базовые измерения анализа спектра в диапазоне частот до 20 ГГц в полевых условиях и хорошо подходят для решения задач инсталляции и обслуживания оборудования. Ручной анализатор FieldFox можно сконфигурировать как анализатор кабелей и антенн, анализатор спектра, векторный анализатор цепей или комбинированный анализатор с диапазоном частот до 26,5 ГГц. Серия X включает четыре модели, две из которых лучше всего подходят для радиолокационных приложений: анализатор сигналов высшего класса PXA, который обеспечивает полосу анализа 160 МГц, и универсальный анализатор сигналов MXA, обеспечивающий баланс между быстродействием, рабочими характеристиками и эффективностью затрат. В результате последней модернизации для анализаторов сигналов PXA стала доступна опция анализа спектра в реальном времени (RTSA). Эта опция обеспечивает полосу анализа в режиме реального времени до 160 МГц, и может быть использована для модернизации не только новых, но и уже существующих анализаторов сигналов PXA. Добавление опции RTSA создаёт экономичное техническое решение, которое обеспечивает анализ в реальном времени и тра-

диционные измерения спектра в одном приборе (см. рис. 9). PXA с опцией RTSA обеспечивает следующие возможности:

- обнаружение сигналов со 100-процентной вероятностью захвата длительностью от 3,57 мкс;
- средний уровень собственных шумов: –157 дБм на частоте 10 ГГц (без предусилителя);
- динамический диапазон, свободный от паразитных составляющих, равный 75 дБ;
- запуск по частотной маске (FMT) с различными возможностями задания условий.

Для всестороннего анализа сложных сигналов программное обеспечение 89600 может использоваться с анализаторами сигналов серии X или даже исполняться внутри этих приборов. В дополнение к возможностям анализа во временной и частотной областях 89600 VSA позволяет проводить измерения сжатых импульсов РЛС в модуляционной области. Кроме того, программное обеспечение VSA совместимо с возможностями RTSA, включая запуск по частотной маске, и поддерживает захват и воспроизведение паразитных сигналов. Для сверхширокополосных приложений компания Keysight также предлагает дигитайзеры и осциллографы с высокими характеристиками (см. рис. 10). Например, M9703A, представляющий собой 8-канальный дигитайзер с разрешением 12 бит в формате AXIe, способен захватывать сигналы с полосой частот от 0 до 2 ГГц. Он обеспечивает частоту дискретизации до 3,2 Гвыб/с при использовании четырёх каналов, и до 1,6 Гвыб/с при использовании восьми каналов. Дигитайзер M9703A поддерживает возможность длительного захвата данных, обладая внутренней памятью объёмом 4 Гбайт на канал.

Осциллографы серий 90000X и 90000Q семейства Infiniium представляют собой альтернативный вариант: они обеспечивают полосы пропускания до 63 ГГц, частоты дискретизации до 160 Гвыб/с и глубину памяти

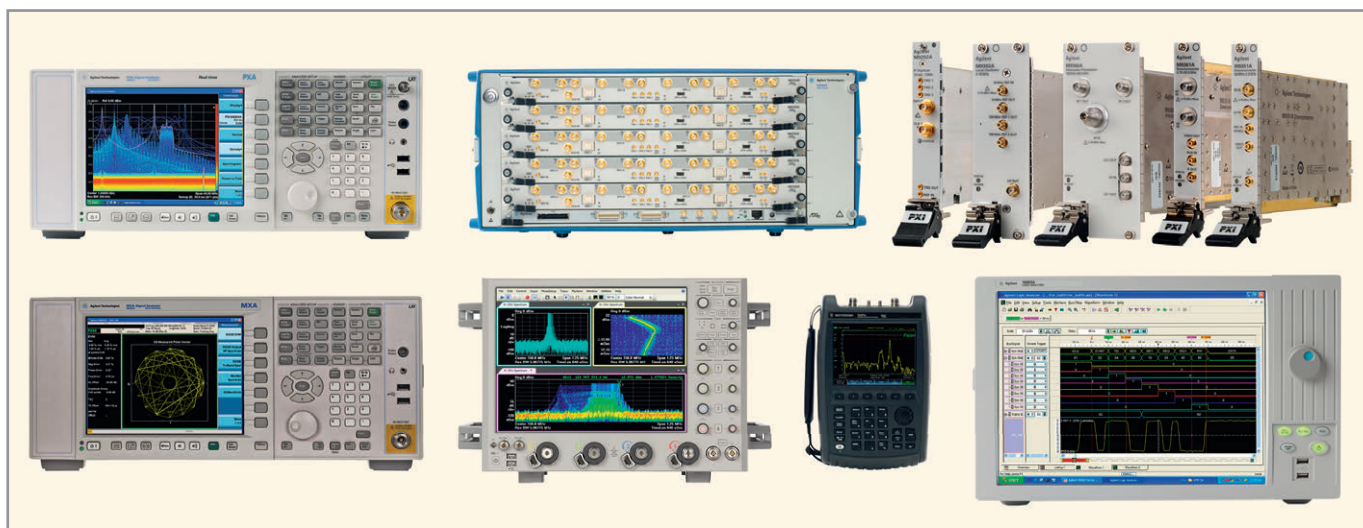


Рис. 10. Семейство анализаторов сигналов Keysight

до 2 Гвыб. Для обеспечения возможности углубленного анализа дигитайзер M9703A и осциллографы серий 90000X и 90000Q совместимы с программным обеспечением 89600 VSA. Для иллюстрации возможностей инструментов анализа компании Keysight будет полезно рассмотреть несколько примеров измерений. Этот обзор начинается с основных измерений, таких как измерение параметров импульсов, затем следуют сложные измерения качества сигналов. В заключительной части статьи рассматриваются возможности измерения сигналов РЛС с программно-определяемой архитектурой.

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИМПУЛЬСОВ

Тестирование систем РЛС, РЭБ и РТР требует проведения разнообразных измерений. Как уже было отмечено, измерения длительности импульса, частоты или периода повторения дают важную информацию о разрешающей способности и дальности действия РЛС, а также могут раскрыть потенциально важные сведения разведывательного характера. Автоматизация измерений этих параметров может значительно ускорить диагностику РЛС и позволит извлечь массу информации для систем РЭБ.

Для автоматизации этих измерений можно использовать два программных приложения. Анализаторы сигналов PXA и MXA могут быть сконфигурированы с приложением для измерения параметров импульсов N9051A, а осциллографы, такие как Infiniium 90000, могут быть снабжены программным приложением для осциллографического анализа сигналов (OSA) W2650A. Анализатор сигналов серии X с приложением

N9051A является лучшим выбором, когда требуются широкий динамический диапазон, полоса модуляции импульса менее 160 МГц, а также измерения параметров спектра и паразитных составляющих. Несколько видов представления результатов измерений позволяют проводить одновременный анализ зависимости уровня мощности от времени, частоты от времени, фазы от времени или уровня мощности от частоты. Базовые возможности включают измерение периода повторения импульсов (PRI), частоты повторения импульсов (PRF), а также параметров импульса, таких как длительность импульса, коэффициент заполнения, время нарастания и спада, спад вершины импульса, выброс на фронте импульса и пульсации. Опция расширенного анализа позволяет проводить статистический анализ параметров (используется до 200 000 импульсов) с помощью графиков анализа тренда или гистограмм (см. рис. 11 и 12).

Осциллограф с приложением W2650A может работать с полосами частот выше 160 МГц и является лучшим выбором, когда динамический диапазон менее важен, чем полоса частот. Осциллограф также имеет режим сегментированной памяти, который упрощает анализ длинных последовательностей импульсов. Основные возможности анализа импульсов:

- измерение периода повторения импульсов (PRI),
- частота повторения импульсов (PRF),
- частотные характеристики модуляции импульса (среднее значение, минимальное значение, максимальное значение, девиация, размах),
- вид модуляции импульса (ЛЧМ, код Баркера) и многое другое.

W2650A также поддерживает измерения непрерывных и модулированных сигналов, в том числе измерения структуры и продолжительности сигналов со скачкообразной перестройкой частоты.

Многоформатный анализ модуляции с помощью 89600 VSA

Программно-определяемая архитектура РЛС ставит перед испытателями уникальные проблемы, поскольку формат сигнала меняется от хорошо известных аналоговых коаксиальных микроволновых линий передачи к цифровым шинам, часто глубоко скрытым внутри ПЛИС (FPGA). Такие конструкции со смешанными аналоговыми и цифровыми сигналами требуют передовых методов анализа модулированных импульсов, обеспечивающих непротиворечивые результаты измерений при самых разнообразных форматах модуляции.

Программное обеспечение 89600 VSA взаимодействует с различными измерительными приборами компании Keysight: анализаторами сигналов, осциллографами, логическими анализаторами и многими другими. Эти приборы могут служить в качестве внешних аналоговых или цифровых подсистем первичного сбора данных. Кроме того, программное обеспечение 89600 VSA совместимо с САПР ADS компании Keysight. Это не только упрощает изучение процесса измерений с использованием приборов, но и гарантирует непротиворечивость результатов измерений, поскольку, независимо от формата измеряемого сигнала (цифрового или аналогово-

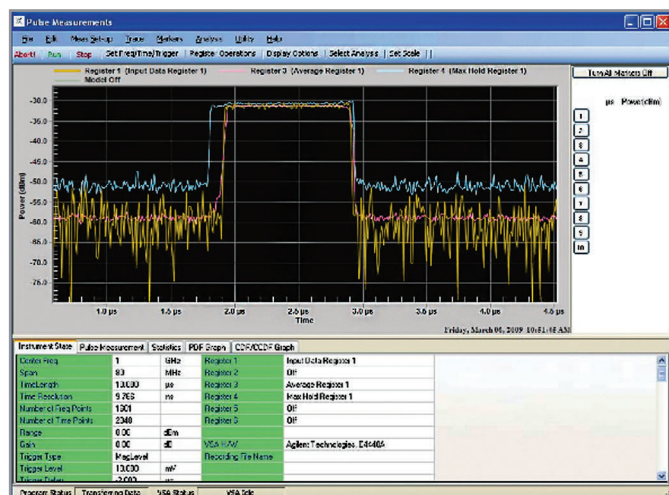


Рис. 11. Программное обеспечение для измерения параметров импульсов N9051A

го), используются одни и те же алгоритмы 89600 VSA.

Применение логического анализатора серии 16800 в качестве внешней подсистемы первичного сбора данных для 89600 VSA позволяет использовать ядро проектирования ПЛИС ATC2 компании Keysight. Ядро проектирования ATC2 обеспечивает прямой доступ к внутренним шинам данных, поддерживаемых ПЛИС компаний Xilinx и Altera, позволяя выполнять в реальном времени сложный векторный анализ сигналов непосредственно внутри схемы, реализованной в ПЛИС.

Выводы

Последние поколения систем РЛС и РЭБ работают в различных полосах частот, используя широкополосные или сверхширокополосные сигналы, которые поддерживают очень сложные схемы модуляции. Эти системы также используют передовые методы цифровой обработки сигналов, что позволяет замаскировать или скрыть их работу и, таким образом, избежать воздействия преднамеренных помех.

Эволюция таких систем будет развиваться, чтобы они соответствовали характеристикам и возможностям технических решений, необходимых для генерации испытательных сигналов, создания искусственных испытательных полигонов с несколькими источниками излучения, а также для оценки и анализа сигналов РЛС и систем. Взаимосвязь и взаимодействие измерительных приборов и программных средств создаёт гибкую основу для широкого круга полезных технических решений:

- прецизионный широкополосный генератор сигналов произвольной формы M8190A и мощная программа Signal Studio для создания импульсов позволяют получать высокореалистичные сценарии сигналов;
- анализатор сигналов PXA обеспечивает необходимую полосу анализа и динамический диапазон, а также предлагает опцию анализатора спектра в реальном времени;
- программное обеспечение 89600 VSA добавляет возможности анализа во временной, частотной и моду-

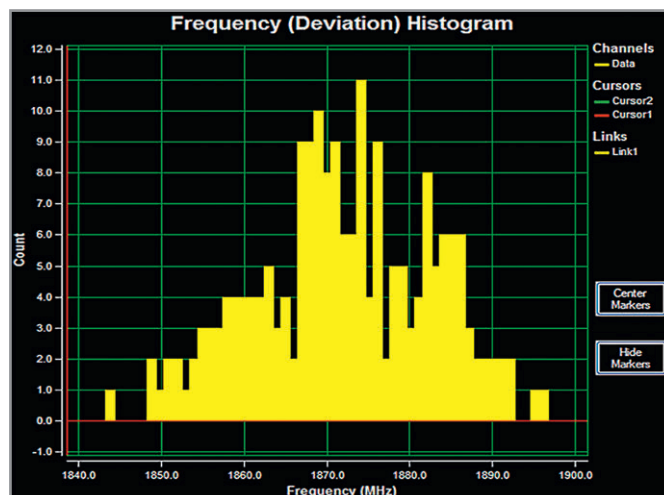


Рис. 12. Гистограмма для определения статистических характеристик импульсов с использованием ПО W2650A

ляционной областях в диапазонах микроволновых частот для анализаторов сигналов серии X;

- осциллографы Infiniium – для анализа сверхширокополосных сигналов;
- логические анализаторы серии 16800 – для анализа цифровых сигналов.

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

IoT в здравоохранении

Интернет вещей (IoT) оказывает всё более заметное влияние на повседневную жизнь потребителей в сфере здравоохранения, открывая огромные преимущества во всём спектре предоставления услуг: от лечения в условиях стационара до медобслуживания и социального обслуживания на местах и ухода за собой.

IDC полагает, что IoT станет значительной частью новой волны ИТ в здраво-

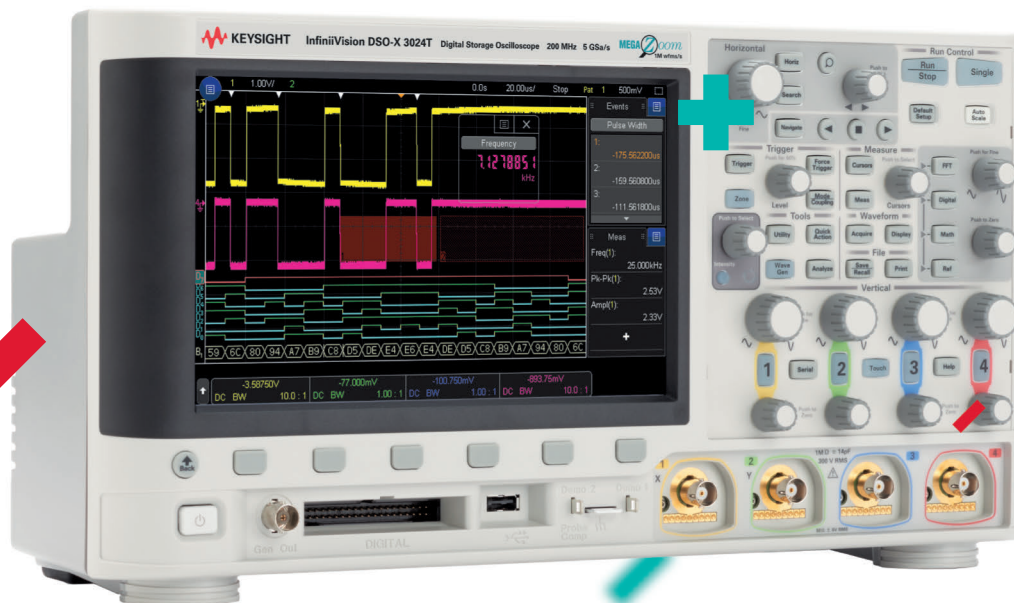
охранении, и технологии Третьей Платформы – облако, «большие данные», мобильные решения и социальные сети – будут играть центральную роль в этой трансформации. Сенсоры вкпе с аналитикой данных, облаком и мобильными устройствами и приложениями предоставляют возможность радикально изменить подход к диагностике болезней, лечению и предупреждению заболеваний, делая реальностью профилактический подход, в центре которого находится сам пациент.

Потенциал IoT безграничен на всех уровнях здравоохранения, но самые большие возможности видятся в профилактике заболеваний, и в этом направлении большое развитие получают технологии носимых устройств.

По прогнозам IDC оборот рынка персональных устройств для профилактики и поддержания здоровья к концу 2018 года вырастет более чем в два раза, демонстрируя среднегодовой темп роста (CAGR) 16,5%.

IDC

ДИПОЛЬ



Новые осциллографы Keysight Technologies InfiniiVision 3000T серии X

Производительность старших серий осциллографов теперь доступна в сегменте среднего класса!

Революционная технология сенсорного запуска InfiniiScan Zone Trigger, емкостный сенсорный экран, специально разработанный пользовательский интерфейс, функциональность нескольких приборов в одном – и все это в сочетании с бескомпромиссной скоростью обновления более 1 млн. осциллограмм в секунду.

- Функциональность «6 приборов в 1»: осциллограф, частотомер, вольтметр, генератор, логический анализатор и анализатор протоколов
- Полоса пропускания до 1 ГГц
- Скорость обновления осциллограмм на экране – 1 млн. осцилл./с
- Аппаратное декодирование протоколов и тестирование по маске
- Расширенный математический анализ в базовой конфигурации, 38 автоматических измерений



Инновационные решения для электронной промышленности

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

Новости мира News of the World Новости мира

Рынок контрактного производства электроники в РФ вырос на 22%

Как показало исследование информационно-аналитического Центра современной электроники, российский рынок контрактного производства показал в 2014 г. значительный рост – до \$249 млн в денежном эквиваленте. Несмотря на девальвацию рубля, рост рынка в 2014 г. составил 22%, что несколько меньше показателей предыдущих лет (рост на 35% в 2012 г. и на 30% в 2013 г.), однако это существенно лучше средних показателей роста промышленного производства. Прогнозируется сокращение объёмов контрактного производства электроники в России на уровне 30%.

Практически четверть (23%) российского рынка контрактного производства электроники приходится на промэлектронику, второе и третье место делят военная и космическая техника (19%) и оборудование связи (19%), на четвёртом – системы безопасности (12%), на пятом – медицинская техника (10%). Далее в порядке убывания располагаются светотехника и табло (6%), автоэлектроника (6%), потребительская электроника (3%), фискальное и торговое оборудование (2%). Это существенно отличается от структуры мирового рынка. «Для сравнения, на мировом рынке контрактного производства электроники практически половина (46%) приходится на потребительскую электронику. В России практически нет производства потребительской электроники, которая является главным драйвером развития электроники в мире», – говорит директор по развитию бизнеса в России компании Jabil Сергей Зорин. Он также отметил, что примерный объём выпуска готовой электронной продукции в России составляет \$6 млрд, 12% от общего числа электронных модулей отдаётся на сборку подрядным организациям, которые и называются контрактными производителями электроники.

Объём контрактного производства в России, осуществляемого по заказам зарубежных компаний, достигает \$50 млн, что составляет около 20% от всего рынка российских контрактных производителей. На заказы российских компаний приходятся остальные 80% – \$199 млн.

«Единичные случаи переноса контрактного производства в Россию в предыдущие годы не перешли в заметную тенденцию. Однако в условиях девальвации рубля и дефицита инвестиционных ресурсов с 2015 г. перенос контрактного произ-

водства из-за рубежа в Россию может стать массовым. Наибольший потенциал имеет локализация производства телекоммуникационного оборудования и промышленной автоматики», – говорит генеральный директор Центра современной электроники Иван Покровский. В этих сегментах велика доля закупок государственных структур и контролируемых государством компаний, при этом доля импортной продукции составляет 70–80% от общего объёма поставок.

Доля российского контрактного производства в заказах российских компаний достигает 66%. Таким образом, если говорить о рынке российских заказчиков, 66% (\$200 млн) от объёма заказов российских компаний размещаются в России, 34% (\$100 млн) – за рубежом. При этом в Россию приходят заказы от зарубежных компаний (\$50 млн, что составляет 20% от объёма контрактного производства в России).

Объём заказов российских компаний, размещаемых за рубежом, составляет более \$100 млн. Всего 150–200 российских компаний размещают заказы контрактного производства электроники за рубежом. Чаще всего эти компании занимаются производством противоугонных автомобильных систем, телекоммуникационного оборудования, электронных модулей для систем управления приводом, промышленных контроллеров и других видов промышленной электроники общего назначения.

Основными заказчиками контрактного производства являются частные компании радиоэлектронной отрасли. Доля компаний, контролируемых госкорпорациями, в общем объёме заказов контрактного производства в России не превышает 15%. Хотя вес государственных холдингов в отрасли весьма велик, они стремятся выполнять весь цикл разработок и производства самостоятельно, а частные компании, активно передавая на аутсорсинг стандартные производственные процессы, концентрируются на развитии компетенций в разработке и развитии уникальных технологий.

**Пресс-служба
Центра современной электроники**

Победители конкурса «Зелёный чип»

В Москве прошла церемония награждения победителей конкурса «Зелёный чип», учреждённого Фондом инфраструктурных и образовательных программ совместно с оргкомитетом выставки «Новая электроника 2015». Её победителями, представившими энергоэффективные решения в области

микроэлектроники, стали три российских компании – «Умная микроэлектроника», «Русалокс» и «Микран».

Компания «Умная микроэлектроника» представила жюри сверхкомпактный (размером с SD-карту) встраиваемый компьютер с мощным процессором, интерфейсами Wi-Fi и USB, а также поддержкой ОС OpenWRT.

Ещё одним победителем конкурса стала портфельная компания РОСНАНО «Русалокс» с энергоэффективной технологией для создания коммутационных плат с высокой теплопроводностью и высокомоощных светодиодных приборов.

Томская компания «Микран» представила технологию производства силового нитрида-галлиевого транзистора с медной металлизацией для создания энергоэффективной преобразовательной техники нового поколения.

Представленные заявки оценивались жюри по научной и технической новизне, технической реализуемости проекта, глубине его проработки, а также по востребованности в различных отраслях промышленности и возможности создания новых проектов на базе предложенной технологии.

«Для сети наноцентров тема сверхнизкого энергопотребления в микроэлектронике является одной из ключевых, – отметил управляющий директор ФИОП Руслан Титов. – Конкурс «Зелёный чип» является для нас важным практическим инструментом, позволяющим создавать новые стартапы на базе технологий победителей конкурса».

Приглашённый из Бельгии член жюри Пол Хереманс, технологический директор по гибкой электронике компании IMEC, так прокомментировал актуальность темы «зелёной микроэлектроники» в мире: «Устройства, которыми мы пользуемся каждый день: мобильные телефоны, планшеты, телевизоры, интернет-серверы и многие другие, потребляют огромное количество энергии. Эти приборы – часть наших потребностей, нашего комфорта, нашего мира. Мы совершенно не готовы с ними расстаться. Поэтому «зелёная электроника» имеет двойное значение – с одной стороны, это электроника, которая позволяет управлять расходом энергии и снижать его, с другой – это технологии в электронике, которые позволяют нашим электронным устройствам работать всего лишь на незначительной части той энергии, которую они потребляют сегодня».

www.rusnano.com

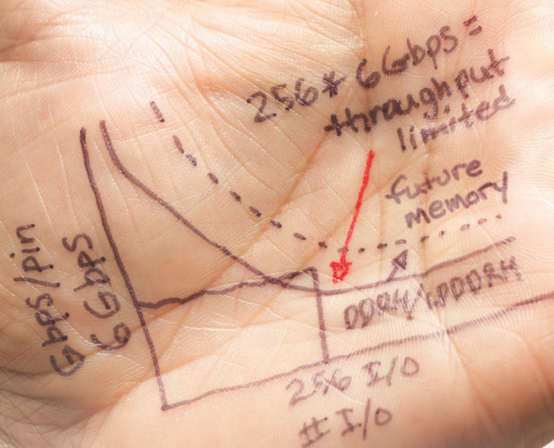
Эврика!

Мы приближаем момент озарения.

Развитие технологии DDR для микросхем памяти - это вопрос не только кремниевых технологий. Это знания, опыт, инновации. Если вы разрабатываете устройства с применением DDR, мы будем рады поделиться с вами опытом и знаниями наших лучших специалистов. Диапазон наших решений простирается от программного обеспечения для проектирования и моделирования до широкого спектра контрольно-измерительных приборов. Эти инструменты помогут вам понять, как преодолеть самые сложные проблемы разработки модулей памяти нового поколения.

HARDWARE + SOFTWARE + PEOPLE = DDR INSIGHTS

Реклама



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



8 800 500 9286 (звонок по России бесплатный)

KEYSIGHT
TECHNOLOGIES

Unlocking Measurement Insights

Импульсный ИП со стабилизированным выходом и низким уровнем пульсаций

Часть 1

Алексей Кузьминов (Москва)

В статье описан сетевой импульсный источник питания со стабилизированным выходным напряжением $\pm 20 \text{ В} / 10 \text{ А}$ и относительно низким уровнем пульсаций: сетевой выпрямитель, активный фильтр на мощном полевом транзисторе, импульсный преобразователь на базе контроллера LM5033, высокочастотный выпрямитель, выходной помехоподавляющий дроссель, линейные стабилизаторы положительного и отрицательного напряжения на базе операционных усилителей и мощных полевых транзисторов.

Введение

Импульсные источники питания (ИИП), давно используемые в компьютерных блоках питания (БП), находят всё более широкое применение и в других областях бытовой электроники – от сварочных аппаратов и телевизоров до зарядных устройств мобильных телефонов и блоков питания слабوتочных устройств. В последнее время ИИП повышенной мощности стали применяться как в лабораторных БП, так и в усилителях мощности звуковой частоты и в активных акустических системах.

Если требования к уровням звукового шума (например, охлаждающего вентилятора) и электромагнитных помех в компьютерных БП и зарядных устройствах невысокие, то в лабораторных устройствах и в системах высококачественного звуковоспроизведения они значительно выше. Это приводит к отказу от использования ИИП в данных устройствах и возвращению к традиционным БП на основе сетевых трансформаторов. Как правило, это происходит из-за того, что при конструировании ИИП до сих пор используются устаревшие магнитные материалы и элементная база. Сердечники трансформаторов из ферритов M2000HM

или M2500HMC1 обладают высокими потерями, а сердечники дросселей в помехоподавляющих LC-фильтрах из спечённого Мо-пермаллоя или альсифера имеют низкую индукцию насыщения $B_{\text{max}} < 0,5 \text{ Тл}$ и рабочую частоту не более 70 кГц . Кроме того, ИИП обычно строят либо по схеме прямоходового преобразователя, построенного по полумостовой схеме, либо по схеме обратногоходового преобразователя. И та, и другая топология не позволяет получить высокостабильное выходное напряжение с малым уровнем пульсаций (некоторые эксперты считают, что при реализации системы питания по двухступенчатой схеме с первичным ИИП и распределёнными вторичными линейными стабилизаторами напряжения такие проблемы отсутствуют – *прим. ред.*).

В описанном ИИП эти (и многие другие) проблемы решены, что позволило изготовить мощный, высокоэффективный ИИП со стабилизированными выходными напряжениями и низким уровнем пульсаций.

Структурная схема ИИП (см. рис. 1) в комментариях не нуждается, поэтому будет целесообразно перейти непосредственно к описанию отдельных блоков.

Сетевой выпрямитель и транзисторный фильтр

Назначение этого блока – подготовить высокое постоянное напряжение с небольшим уровнем пульсаций для импульсного преобразователя. Блок состоит из платы сетевого выпрямителя и платы транзисторного фильтра, а также нескольких компонентов, установленных непосредственно в корпусе ИИП (см. рис. 2). Для выпрямления сетевого напряжения используется диодный мост GBU25M (M1), рассчитанный на максимальное обратное напряжение 1000 В и ток 10 А . В одном из проводов сетевого напряжения установлен предохранитель (Пр.1), рассчитанный на номинальный ток $3,15 \text{ А}$ (ВП4-5). Он имеет небольшой размер ($D \times L = 3 \times 7 \text{ мм}$) и выводы для пайки. Для лучшей изоляции на выводы предохранителя надеты фторопластовые трубки, а на корпус – трубка из ПВХ. Разводка платы сетевого выпрямителя (как и остальных плат) сделана с помощью программы Sprint LayOut 6.0 (см. рис. 3). Все печатные платы изготовлены по технологии, описанной в других работах автора статьи [3, 4].

Последовательно со вторым сетевым проводом включён резистор марки C5-42B (R1). Его назначение – ограничить ток заряда сглаживающего конденсатора ($C_{\text{сгл}}$) при включении устройства. Особенности этого резистора – жёсткие выводы и хорошая изоляция корпуса. На выводы резистора надеты фторопластовые трубки. Параллельно к резистору R1 подключено реле марки V23092-A1024-A302 (P1), которое своими контактами (11 и 14) замыкает резистор R1 и подаёт полноценное питание на ИИП. Это происходит только после того, как начнёт работать трансформатор и появится напряжение на ВЧ-выпрямителе (приблизительно через секунду после включения тумблера T1). Управляющая обмотка реле (контакты A1-A2) рассчитана на постоянное напряжение 24 В , а максимальный ток через контакты 11–14 составляет 6 А . Применение именно такого типа реле позволило устано-

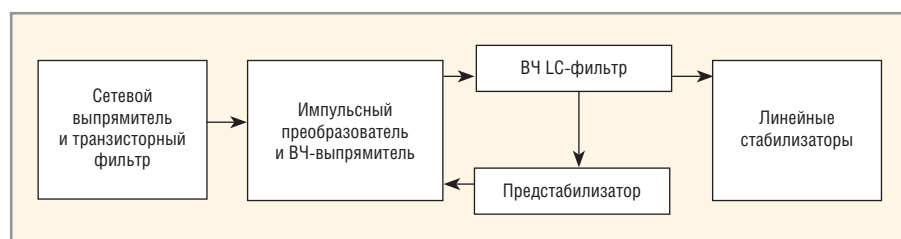


Рис. 1. Структурная схема ИИП

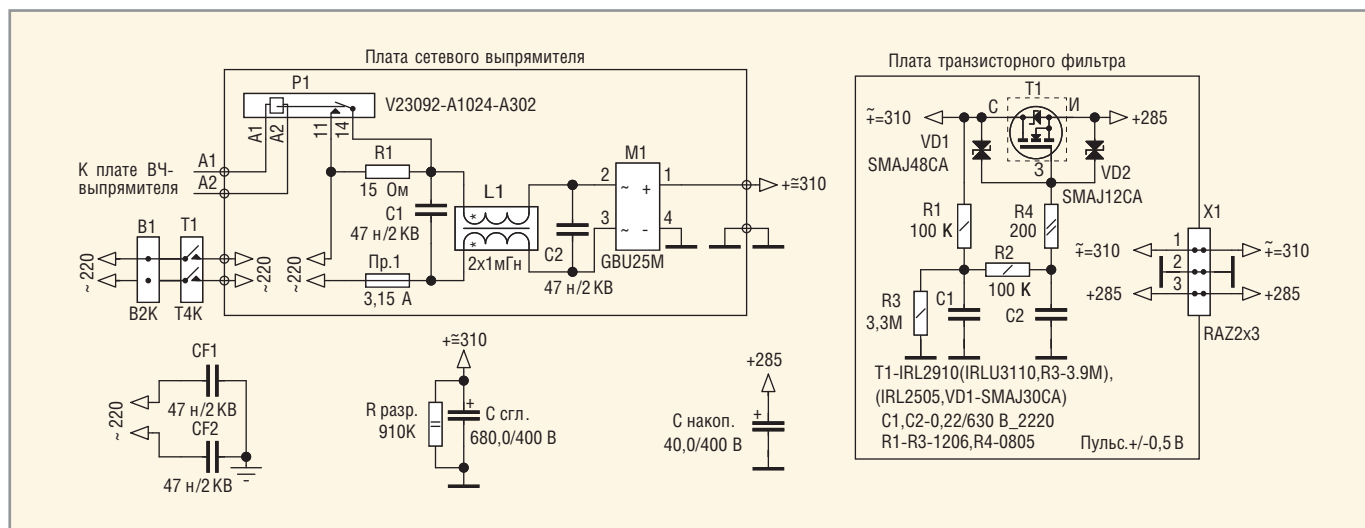


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема сетевого выпрямителя с активным фильтром на мощном полевом транзисторе

вить его на плате под выпрямителем M1 (см. рис. 4).

На плате также установлен фильтр (L1, C1, C2), препятствующий проникновению в сеть ВЧ-помех от ИИП. Двухобмоточный дроссель L1, намотанный на ферритовом кольце, и конденсаторы C1 и C2 позаимствованы из БП компьютера. Параллельно конденсатору $C_{\text{сгл}}$ подключён резистор $R_{\text{разр}}$, предназначенный для разряда $C_{\text{сгл}}$ при выключении ИИП. Назначение конденсаторов CF1 и CF2 – снижение уровня пульсаций выходного напряжения ИИП. В качестве выключателя (T1) использован 4-контактный тумблер ПТ69-2В, корпус которого изготовлен из карболита; этот тумблер подключает к ИИП оба провода сетевого напряжения.

Активный фильтр выпрямленного и сглаженного сетевого напряжения реализован на мощном полевым транзисторе (IRL2910, IRL2505 или IRLU3110) с низким пороговым напряжением. Назначение фильтра – подавление пульсаций выпрямленного и сглаженного конденсатором $C_{\text{сгл}}$ напряжения. Например, если максимальное значение входного напряжения фильтра составляет $U_{\text{вх.макс}} = +290$ В, минимальное значение $U_{\text{вх.мин}} = +270$ В, среднее значение $U_{\text{вх.ср}} = (U_{\text{вх.макс}} + U_{\text{вх.мин}}) / 2 = +280$ В, амплитуда пульсаций $U_{\text{вх.А}} = 10$ В, а размах пульсаций, соответственно, $U_{\text{вх.Р}} = 2U_{\text{вх.А}} = 20$ В (это реальные измерения в схеме, показанной на рисунке 2 при входном токе 1,5 А), то значение среднего выходного напряжения фильтра приблизительно составляет $U_{\text{вых.ср}} \approx +270$ В, амплитуда пульсаций выходного напряжения $U_{\text{вых.А}} = 0,25$ В, а размах пульсаций $U_{\text{вых.Р}} = 0,5$ В $\approx U_{\text{вх.Р}}/40$. Таким образом,

фильтр снижает входное напряжение до уровня чуть ниже его минимального значения $U_{\text{вх.мин}}$, а размах пульсаций – в 40 раз или на 32 дБ. В схеме, приведённой на рисунке 2, входное напряжение фильтра обозначено как 310 В, а выходное как 285 В, что соответствует работе фильтра при отсутствии нагрузки.

Принцип действия фильтра заключается в следующем. Прежде чем попасть на затвор транзистора, входное напряжение проходит через цепочки R1C1, R2C2 и резистор R4, ограничивающий динамический ток затвора транзистора (см. рис. 2). Для эффективной фильтрации постоянная времени τ , эквивалентная суммарной постоянной времени двух RC-цепочек, должна быть существенно больше периода пульсаций выпрямленного диодным мостом сетевого напряжения $T = 1/50$ Гц = 0,02 с. Постоянная времени каждой из RC-цепочек составляет $100 \text{ кОм} \times 0,22 \text{ мкФ} = 0,022$ с, а частота среза – 7,2 Гц. При этом расчётное подавление пульсаций с частотой 50 и 100 Гц составит примерно 17 и 23 дБ, соответственно. Если же цепочки установлены последовательно [1], то эквивалентная постоянная времени увеличивается, и подавление пульсаций возрастает вдвое.

Применение транзисторного фильтра на мощном n-p-n-транзисторе (KT812) для фильтрации выпрямленного и сглаженного сетевого напряжения для ИИП описано в работе «Блок питания УМЗЧ» [2]. В Интернете автору удалось найти только ещё одну схему ИИП с транзисторным фильтром на KT812. Так, в чём же особенности транзисторных фильтров и почему они редко используются в ИИП? Для ответа на этот вопрос необходимо рассмотреть

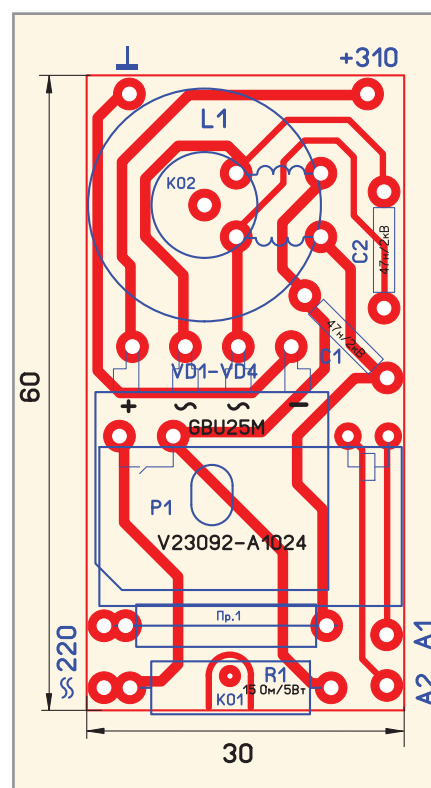


Рис. 3. Разводка платы сетевого выпрямителя

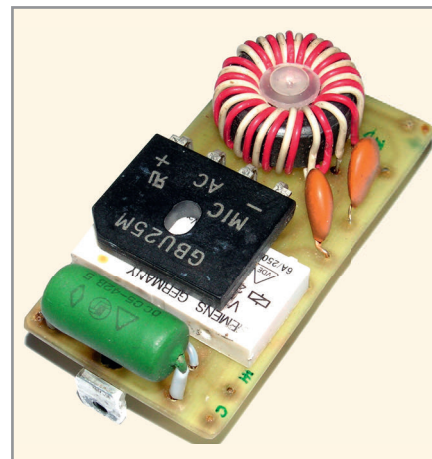


Рис. 4. Фотография платы сетевого выпрямителя

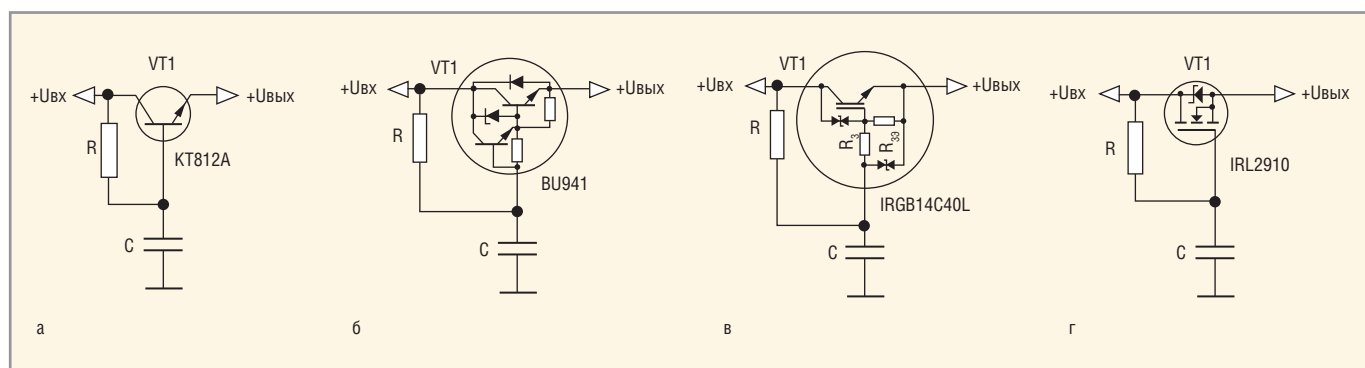


Рис. 5. Схемы простейших сглаживающих фильтров: а – на биполярном п-р-п-транзисторе; б – на составном п-р-п-транзисторе по схеме Дарлингтона; в – на IGBT-транзисторе п-проводимости; г – на полевом транзисторе п-проводимости

особенности использования транзисторных фильтров для выпрямленного и сглаженного высокого (+300 В) сетевого напряжения.

Рассмотрим простейший фильтр на биполярном транзисторе п-р-п, использованный в работе «Сглаживающие фильтры на транзисторах» [1] (см. рис. 5а). Поскольку коэффициент усиления β у такого транзистора не более 10...30, то базовый ток должен быть достаточным для того, чтобы транзистор пропускал большой ток, вследствие чего сопротивление R должно быть небольшим. С другой стороны, для обеспечения требуемой постоянной времени $\tau = RC$, ёмкость конденсатора C должна быть значительной. Например, в статье «Блок питания УМЗЧ» [2] $R = 2,7$ кОм, $C = 50$ мкФ / 350 В. Чтобы резистор не нагревался, его мощность принята равной 2 Вт. Естественно, габариты такой RC-цепочки достаточно большие, а стоимость – высокая. Если использовать дорогой составной п-р-п-транзистор BU941, как, например, в блоке электронного зажигания автомобилей (см. рис. 5б), то номинал резистора можно увеличить, а мощность – уменьшить.

На рисунке 5в приведена схема фильтра на современных IGBT-транзисторах, также применяемых в электронном зажигании (IRGB14C40L, STGB10NB37LZ, STGD18N40LZ). Здесь габариты и стоимость RC-цепочки меньше, однако, из-за соединения затвора IGBT с эмиттером внутренним сопротивлением $R_{зз}$, схема может быть применена в ограниченном количестве случаев.

Схема фильтра на мощном полевом транзисторе (см. рис. 5г) может иметь, теоретически, любое значение R , поскольку статический ток затвора отсутствует. Однако на практике сопротивление R не должно пре-

вышать 100...200 кОм, так как имеет место и динамический ток, и ток утечки в конденсаторе C . Кроме того, стоимость современных мощных полевых транзисторов небольшая (например IRL2910 стоит всего 36–50 руб.). Таким образом, схема фильтра, изображённая на рисунке 5г, обеспечивает наилучшие массогабаритные показатели при минимальных затратах.

Проблема заключается в том, что ни одна из схем, приведённых на рисунке 5 (кроме схемы на рисунке 5в), в чистом виде использоваться не может из-за высокой вероятности выхода транзистора из строя. Дело в том, что при включении высокого входного напряжения, при наличии нагрузки в цепи эмиттера или истока, напряжение на базе или затворе транзистора в первый момент времени может возрасти почти до входного напряжения, то есть до +300 В. В результате транзисторы в схемах на рисунках 5а, 5б и 5г моментально сгорят из-за небольшого допустимого напряжения база–эмиттер или затвор–исток (как правило, не более 20...30 В). Однако транзистор фильтра на рисунке 5в не сгорит, так как между затвором и эмиттером и между затвором и коллектором установлены внутренние стабилитроны, ограничивающие напряжение.

Что мешает использовать стабилитроны, например, в схеме, приведённой на рисунке 5г? Тем более что вместо них можно применить дешёвые TVS-диоды (Transient Voltage Suppressor), называемые в отечественной литературе супрессорами или ограничительными диодами. Основное отличие супрессоров от стабилитронов заключается в том, что за очень короткое время они могут рассеять огромную мощность (например, SMAJ12CA и SMAJ48CA могут рассеять 400 Вт). Кроме того, супрес-

соры имеют практически мгновенную реакцию на повышение напряжения сверх рабочего порога (для SMAJ12CA и SMAJ48CA время срабатывания составляет от долей до единиц микросекунд).

В схеме фильтра, показанного на рисунке 2, для транзисторов IRL2910 и IRL3110 необходимо использовать супрессоры SMAJ12CA и SMAJ48CA, а для транзистора IRL2505 – супрессоры SMAJ12CA и SMAJ30CA. Выбор напряжения срабатывания супрессоров зависит от максимального напряжения затвор–исток и сток–исток полевых транзисторов. Например, максимальное напряжение затвор–исток у транзисторов IRL2910, IRL3110 и IRL2505 составляет ± 16 В, поэтому между затвором и истоком установлен супрессор на напряжение 12 В (SMAJ12CA). Максимальное напряжение между стоком и истоком у транзисторов IRL2910 и IRL3110 составляет 100 В. Поэтому между стоком и затвором установлен супрессор на напряжение 48 В (SMAJ48CA). В свою очередь, для транзистора IRL2505 с максимальным напряжением сток–исток 55 В подойдёт супрессор на 30 В (SMAJ30CA).

Вернёмся к схеме фильтра, показанной на рисунке 2. Резистор R_3 необходим для сдвига уровня выходного напряжения фильтра до минимального значения входного напряжения с учётом пульсаций ($U_{вх.мин}$). При отсутствии резистора R_3 конденсатор C_1 будет заряжаться через резистор R_1 до среднего значения входного напряжения ($U_{вх.ср}$), которое выше минимального значения напряжения ($U_{вх.мин}$) приблизительно на 10 В. Конденсатор же C_2 будет заряжаться через резистор R_2 до среднего значения напряжения на конденсаторе C_1 . Обозначим это напряжение как $U_{ср.C2}$. Это напряжение будет незначи-

тельно отличаться от $U_{вх.ср} = +280 \text{ В}$, хотя размах пульсации напряжения на C2 будет намного меньше и составит приблизительно 0,5 В. При установке R3 напряжение на C1 снизится, поскольку оно будет определяться делителем R1 / R3. Если выбрать R3 таким образом, чтобы $U_{ср.C2}$ было чуть ниже минимального входного напряжения ($U_{вх.мин}$) с учётом пульсаций, то среднее выходное напряжение фильтра всегда будет ниже минимального уровня пульсаций входного напряжения, а его размах будет определяться размахом пульсаций на конденсаторе C2.

Чтобы выбрать сопротивление R3, к выходу фильтра необходимо подключить осциллограф, вход которого переключён в положение переменного тока. Вместо R3 следует установить переменный резистор, например 5 МОм и, вращая его движок, наблюдать форму выходного напряжения. При максимальном значении переменного резистора размах пульсаций будет очень большим, однако по мере уменьшения сопротивления пульсации будут снижаться и примут форму, показанную на рисунке 6, которая похожа на синусоиду с небольшим пиком, отмеченным зелёным кружком. Такая форма напряжения соответствует применению транзисторов IRL2910 и IRL2505 при сопротивлении R3, равном 3,3 МОм (для IRLU3110 – 3,9 МОм). При дальнейшем уменьшении сопротивления выходное напряжение фильтра снижается, пик постепенно исчезает, и форма напряжения сглаживается до синусоиды.

Чем ниже выходное напряжение фильтра, по сравнению с входным, тем больше энергии должен рассеять транзистор. Например, при токе в 1 А и размахе синусоидальной пульсации входного напряжения 15 В мощность составит $(15/2)\sqrt{2} \text{ В} \times 1 \text{ А} = 10,6 \text{ Вт}$. Поэтому следует стремиться к тому, чтобы выходное напряжение фильтра было максимальным. Это случится в том случае, если это напряжение как можно ближе «подойдёт» к минимальному входному напряжению $U_{вх.мин}$ и даже «коснётся» его, индикатором чего служит небольшой пик, выделенный на рисунке 6 кружком. Но амплитуда пика не должна превышать размах пульсаций. Чем меньшее напряжение затвора по отношению к истоку требуется для открытия транзистора, тем выше будет выходное напряжение

фильтра. Поэтому в фильтрах используются транзисторы с «логическим» пороговым напряжением не более 1 В (в стандартных полевых транзисторах оно составляет 4...6 В).

При токе нагрузки 1,5 А размах пульсаций выходного напряжения составляет 0,5 В (при номиналах C1 и C2, указанных на рисунке 2). Как показано в статье «Сглаживающие фильтры на транзисторах» [1], размах пульсаций в наибольшей степени определяется номиналом C2. Увеличив номинал C2,

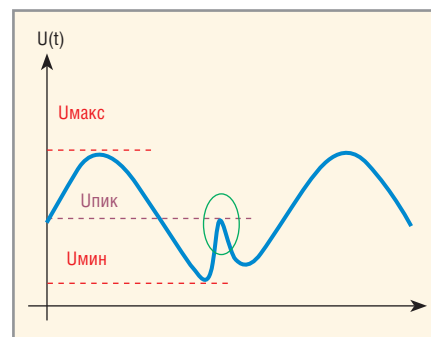


Рис. 6. График пульсационной составляющей выходного напряжения фильтра

Иновационный подход к проектированию электроники

САПР

Вер. 6.1
TOPOR
Топологический
трассировщик
печатных плат

Вер. 2.2
SIMONE
Пакет моделирования
электронных схем

Тел.: (495) 232-1864 • www.eremex.ru

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПОСТАВЩИК ПРОДУКЦИИ EREMEX

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

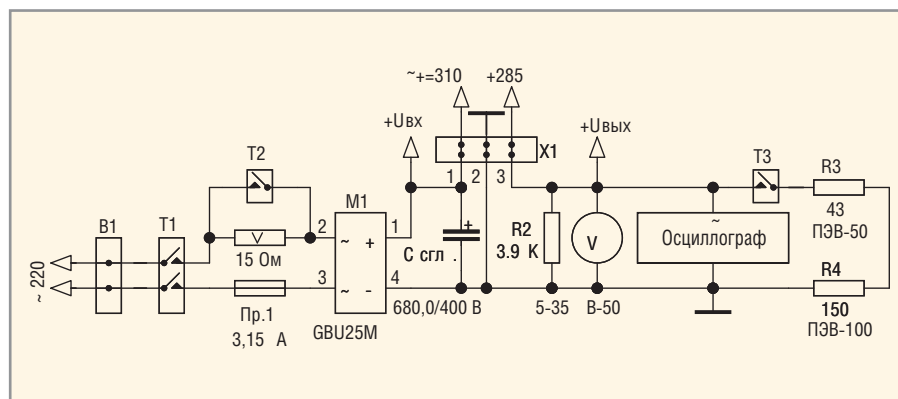


Рис. 7. Схема испытаний транзисторного фильтра

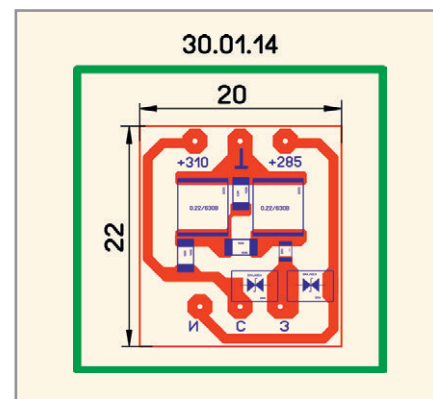


Рис. 8. Разводка платы активного фильтра

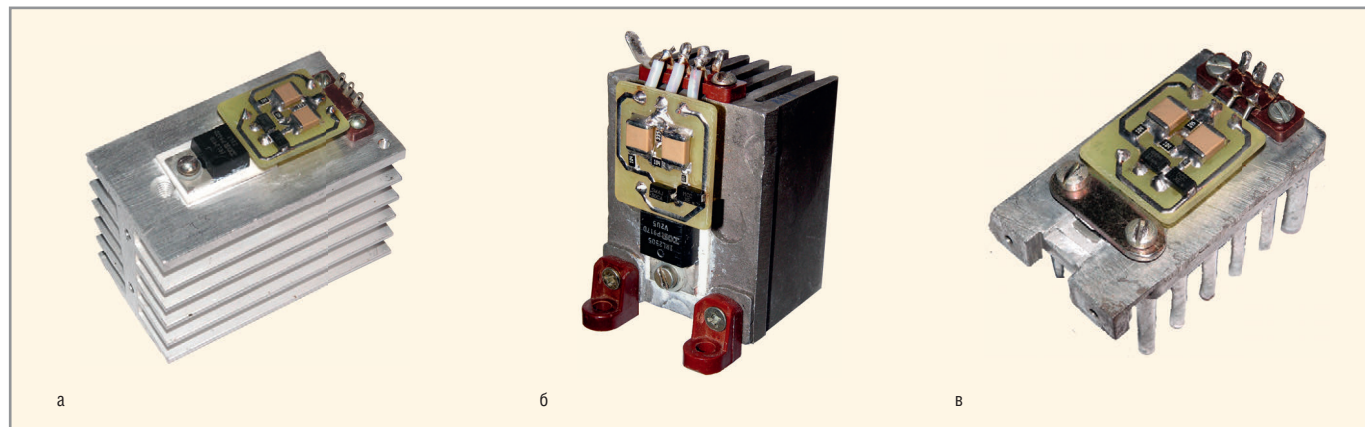


Рис. 9. Фотографии активных фильтров на транзисторах: а – IRL2910; б – IRL2505; в – IRLU3110 в корпусе I-Pak

например, в два раза, можно добиться уменьшения размаха пульсаций до 0,25 В. Однако это становится бессмысленным из-за естественных изменений сетевого напряжения. Увеличение номиналов C1 и C2 приведёт к увеличению постоянной времени τ , то есть к уменьшению скорости отслеживания входного напряжения. В результате может сложиться такая ситуация, что входное напряжение быстро снизилось, а конденсаторы не успели разрядиться до нужного уровня (и не закрыли транзистор). В этом случае амплитуда пульсаций резко возрастёт, так как при открытом транзисторе они легко пройдут на выход фильтра. Аналогичная ситуация может возникнуть, например, при скачкообразном увеличении тока нагрузки. В этом случае напряжение на истоке снизится по отношению к затвору, и пока конденсаторы будут медленно разряжаться, пульсации возрастут. Резистор R4 ограничивает динамический ток затвора транзистора, препятствуя скачкообразному изменению напряжения на затворе, из-за которого он может выйти из строя, несмотря на защитные TVS-диоды.

В работе «Сглаживающие фильтры на транзисторах» [1] показано, что раз-

мах пульсаций выходного напряжения фильтра не зависит от ёмкости конденсатора $C_{\text{накоп}}$, подключённого к выходу фильтра (в данном случае, 40 мкФ / 400 В), и определяется исключительно параметрами RC-цепочек. Зачем тогда нужен $C_{\text{накоп}}$? Дело в том, что в отличие от LC-фильтра, который запасает энергию E в ёмкости C ($E_C = CU^2/2$) и индуктивности L ($E_L = LI^2/2$), где U и I – напряжение на ёмкости и ток в индуктивности соответственно, транзисторный фильтр такую энергию не запасает. Импульсный преобразователь (см. далее) отбирает энергию в каждом такте своей работы, воздействуя на фильтр. Хотя в самом импульсном преобразователе предусмотрен конденсатор 0,68 мкФ, его ёмкости недостаточно. Эта проблема снимается введением накопительного конденсатора $C_{\text{накоп}}$.

Испытания фильтра проводились по схеме, приведённой на рисунке 7. На входной контакт разъёма X1(1) фильтра подавалось сетевое напряжение, выпрямленное M1 и сглаженное конденсатором $C_{\text{сгл}}$. Для защиты в одном проводе был установлен предохранитель Пр.1, рассчитанный на ток 3,15 А. Чтобы он не сработал от большого тока заряда конденсатора $C_{\text{сгл}}$ при включении пита-

ния, в другом проводе был установлен ограничительный резистор R1. Включение устройства производилось тумблером T1, подключающим (и отключающим) оба провода. Примерно через секунду после этого включался тумблер T2, закорачивающий резистор R1, в результате чего устройство получало полное сетевое питание.

К выходному контакту разъёма X1(3) был постоянно подключён резистор R2, который определял минимальный ток работы фильтра (около 73 мА); туда же подключались вольтметр и осциллограф, на котором наблюдались пульсации выходного напряжения. Нагрузкой фильтра служили резисторы R3 и R4, определяющие максимальный ток работы фильтра, соответствующий мощности в нагрузке около 400 Вт. Резисторы включались и выключались тумблером T3.

При выключенном тумблере T3 общей нагрузкой фильтра служило только сопротивление R2, то есть $R_{\text{общ}} = 3,9 \text{ кОм}$. При этом выходное напряжение было $U_{\text{вых}} = 285 \text{ В}$, выходной ток $I_{\text{вых}} = 285 \text{ В} / 3900 \text{ Ом} = 0,073 \text{ А}$, а мощность, выделявшаяся в нагрузке, $W_{\text{вых}} = U_{\text{вых}} \times I_{\text{вых}} = 285 \text{ В} \times 0,073 \text{ А} = 5,93 \text{ Вт}$. При включении тумблера $R_{\text{общ}} = R2 \parallel (R3 + R4) = 183,9 \text{ Ом}$, при этом выходное

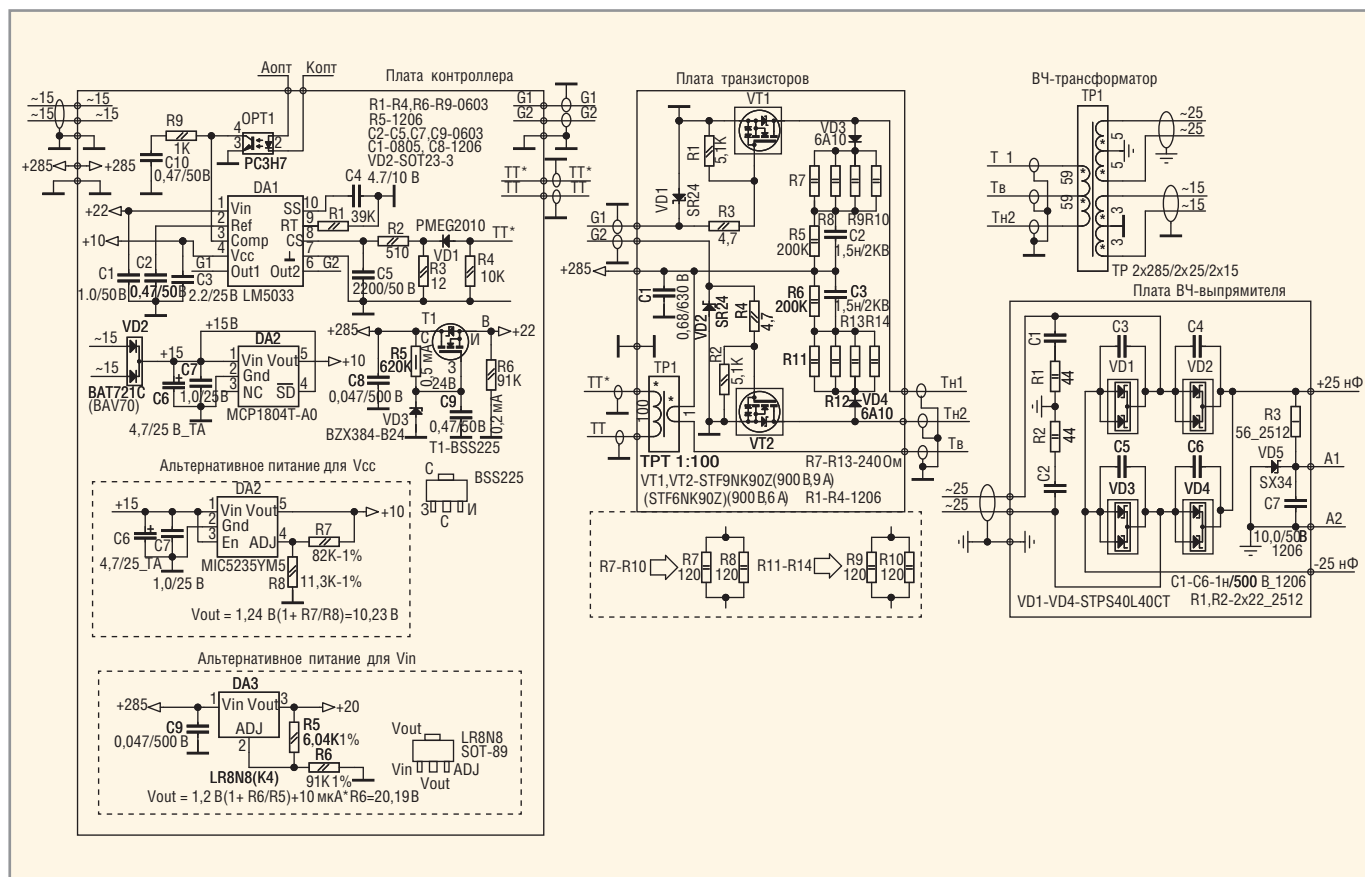


Рис. 10. Принципиальная электрическая схема импульсного преобразователя и ВЧ-выпрямителя

напряжение снижалось до $U_{\text{вых}} = 270 \text{ В}$, выходной ток увеличивался до $I_{\text{вых}} = 270 \text{ В} / 183,9 \text{ Ом} = 1,47 \text{ А}$, а выходная мощность составляла $270 \text{ В} \times 1,47 \text{ А} \approx 400 \text{ Вт}$.

Разводка платы фильтра не отличается сложностью (см. рис. 8), а использование компонентов для поверхностного монтажа позволило расположить все детали в габаритах $20 \times 22 \text{ мм}$. С одной стороны плата держится на трёх выводах транзистора, закреплённого на радиаторе через изолирующую керамическую (корпус TO220) либо гибкую (корпус I-Pak) прокладку; с другой – на жёстких медных проводниках, впаянных в разъём из карболита на корпусе теплоотвода (см. рис. 9). Работа платы проверялась с тремя теплоотводами, способными долговременно рассеивать, соответственно, 10 Вт (охладитель О111-60, см. рис. 9а), 6 Вт (см. рис. 9б) и 4 Вт (см. рис. 9в), нагреваясь не более чем до 50°C . В источнике был использован самый большой теплоотвод (см. рис. 9а).

Какие же преимущества даёт транзисторный фильтр, снижающий уровень пульсаций выпрямленного сетевого напряжения? Во-первых, он обеспечивает точность измерения тока в трансформаторе, устраняя дро-

жание фронта импульса на измерительном входе CS (Current Sense) контроллера. При максимальных нагрузках ИИП, когда амплитуда импульса приближается к пороговому значению, пульсации пикового напряжения может привести к ложному срабатыванию защиты.

Во-вторых, в отсутствие транзисторного фильтра выходное напряжение высокочастотного преобразователя подвержено амплитудной модуляции. Если промодулированное удвоенной сетевой частотой напряжение попадает на вход линейного стабилизатора, это приводит к росту мощности на регулирующем транзисторе и дополнительному выделению тепла.

Следует отметить, что эффективность описанного транзисторного фильтра эквивалентна применению пассивного LC-фильтра с индуктивностью в единицы генри и ёмкостью в несколько тысяч микрофард.

Импульсный преобразователь и ВЧ-выпрямитель

Импульсный преобразователь (см. рис. 10) предназначен для преобразования постоянного высокого напряжения $+285 \text{ В}$ в последовательность импульсов частотой

около 60 кГц и амплитудой, равной входному высокому напряжению (285 В). Эти импульсы подаются на первичную обмотку силового ВЧ-трансформатора, коэффициент трансформации которого составляет около 12. Снятые с вторичной обмотки трансформатора импульсы поступают на ВЧ-выпрямитель. Преобразователь выполнен по двухтактной схеме, преимущество которой состоит в относительно небольших входных токах и симметрии подачи входных напряжений на две первичные полуобмотки, результатом чего является полное перемагничивание сердечника трансформатора в каждом такте, что препятствует его насыщению.

Импульсный преобразователь включает в себя плату контроллера, плату транзисторов, плату ВЧ-выпрямителя и, собственно, ВЧ-трансформатор (см. рис. 10). На плате контроллера установлена микросхема LM5033. Традиционно используемые до сих пор 16-выводные контроллеры UC3825 (K1156EY2P) и TL494 (K1114EY4) морально устарели. В настоящее время выпускаются недорогие и простые 8–10-выводные контроллеры, требующие минимум внешних элементов.

В качестве примера можно привести контроллер UCC2808 компании Texas Instruments, его аналог от компании Micrel (MIC3808) и более новые контроллеры UCC28083 и MIC3838/3839. Но наибольшего внимания, на взгляд автора, заслуживают современные 10-выводные контроллеры компании Texas Instruments LM5030, и особенно LM5033, который и был выбран для ИИП.

Для питания в контроллере LM5033 предусмотрено два вывода: Vin(1) и Vcc(4). Вывод Vin предназначен для начального питания контроллера, когда включено сетевое питание, но ВЧ-трансформатор ещё не заработал. Диапазон напряжения питания составляет 15...90 В. Потребление тока по выводу Vin(1) не превышает 7 мА. Вывод Vcc предназначен для питания контроллера в штатном режиме, когда уже работает трансформатор с дополнительной обмоткой для питания контроллера. Диапазон напряжения питания по этому выводу составляет +10...15 В при токе потребления 7 мА.

При появлении питания на выводе Vcc, питание от вывода Vin автоматически отключается (ток через вывод снижается до 150 мкА и менее). Такое раздельное питание LM5033 – большое преимущество перед упомянутыми выше контроллерами, которые имеют только один вывод для питания, что усложняет схему. На вывод питания Vin подаётся напряжение +22 В, которое формирует простейший стабилизатор на высоковольтном полевом транзисторе BSS225 (T1). На вход этого стабилизатора подаётся входное напряжение +285 В. Для стабилизации напряжения затвора T1 используется стабилитрон BZX384-B24 (VD3) с рабочим напряжением 24 В и токозадающий резистор R5. Конденсаторы C8 и C9 снижают уровень пульсации выходного напряжения стабилизатора, а резистор R6 определяет его минимальный начальный ток.

Второй вариант получения напряжения питания для вывода Vin – использование специализированной микросхемы высоковольтного стабилизатора с регулируемым выходным напряжением LR8N8 (DA3). Схема включения LR8N8 (показанная на рисунке 10 в прямоугольнике, очерченном пунктиром) состоит из делителя напряжения R5-R6, подключён-

ного к соответствующим выводам стабилизатора. Выходное напряжение этого стабилизатора V_{out} определяется соотношением резисторов делителя и опорным напряжением (1,2 В). При номиналах R5 и R6, указанных на рисунке 10, $V_{out} = 1,2 (1 + R6 / R5) + R6 \times 10 \text{ мкА} \approx 20 \text{ В}$.

По сравнению с упомянутым стабилизатором на полевом транзисторе BSS225, схема на интегральном стабилизаторе LR8N8 имеет интегрированную защиту по максимальному току, не превышающему 10...30 мА. Стоимость транзистора BSS225 составляет 25–30 руб., LR8N8 приблизительно в 2,5 раза дороже. В любом случае, стабилизированное напряжение +22 В (или +20 В) подключается к выводу Vin контроллера. К этому же выводу подключен конденсатор C1, снижающий уровень пульсации входного напряжения.

Для питания контроллера в штатном режиме на ВЧ-трансформаторе предусмотрены две полуобмотки со средней точкой. Переменное напряжение относительно средней точки составляет 12...16 В в зависимости от тока нагрузки силовой части трансформатора. Эти два напряжения, условно обозначенные как «~15», вместе со средней точкой подключаются к плате контроллера. Средняя точка соединяется с «землёй» контроллера, а напряжения подаются на выпрямитель из двух диодов Шоттки (VD2), с объединённых катодов которых снимается выпрямленное напряжение. Сглаженное конденсаторами C6 и C7 оно подаётся на вход стабилизатора DA2.

В качестве стабилизатора можно использовать либо микросхему MCP1804T-A0 с фиксированным выходным напряжением +10 В, либо MIC5235YM5 – с регулируемым выходным напряжением (этот вариант питания показан в прямоугольнике на рисунке 10). Выходное напряжение (V_{out}) этого стабилизатора зависит от соотношения сопротивлений делителя R7/R8 и внутреннего опорного напряжения (1,24 В). При номиналах R7 и R8, указанных на рисунке 10, оно рассчитывается по формуле $V_{out} = 1,24 \text{ В} (1 + R7 / R8) = 10,23 \text{ В}$.

В контроллере LM5033 имеется вывод Ref(2), с которого может быть снято опорное напряжение (+2,5 В). Этот вывод используется самим контроллером для внутренних нужд, поэтому к нему подключен конденсатор C2 для

снижения уровня пульсаций от наводок. Такой вывод опорного напряжения имеется у некоторых из вышеперечисленных контроллеров (например, MIC3838/3839).

Длительностью импульсов ШИМ управляет вывод контроллера Comp(3), соединённый внутри контроллера с входом компаратора. Внутри контроллера к этому выводу подключён подтягивающий резистор номиналом 5 кОм, соединённый с внутренним напряжением +5 В, что позволяет подключать напрямую к этому выводу коллектор фототранзистора оптрона. В плате контроллера в качестве оптрона используется PC3H7 (OPT1), с которым связан предварительный стабилизатор (см. далее). Цепь R9C10 снижает уровень пульсаций напряжения на коллекторе фототранзистора оптрона, возникающих от ВЧ-наводок. Следует отметить, что аналогичный вывод Comp имеется во всех вышеперечисленных контроллерах, однако без подтягивающего к питанию резистора. Поэтому при подключении оптрона к этому выводу требуются дополнительные элементы, что усложняет схему.

Для управления затворами двух силовых транзисторов предназначены выводы OUT1(5) и OUT2(6). Максимальный (пиковый) выходной ток этих выводов может достигать 1,5 А (как втекающий, так и вытекающий), что даёт возможность подключать их напрямую к затворам силовых транзисторов без каких-либо драйверов. В схеме на рисунке 10 сигналы G1 и G2 с выводов OUT1 и OUT2 соответственно подключаются к затворам силовых транзисторов через ограничительные резисторы с рекомендованным номиналом 4,7 Ом.

Все упомянутые ранее контроллеры имеют аналогичные выводы (OUT1 и OUT2), однако у них втекающий ток не превышает 1 А, а вытекающий – 0,5 А, чего в некоторых случаях недостаточно. Поэтому для повышения надёжности включения и выключения силовых транзисторов приходится использовать дополнительные микросхемы драйверов.

Для защиты от превышения тока и короткого замыкания в контроллере предусмотрен специальный токоизмерительный вход CS(8). Если напряжение на этом входе превысит 0,5 В, работа контроллера останавливается, оба вывода OUT1 и OUT2 переводятся

в Z-состояние, и контроллер переводится в режим «мягкого» запуска (Soft Start). Следует отметить, что никаких других функций, кроме защиты от превышения тока, вход CS не выполняет и не влияет на длительность импульсов ШИМ. В остальных упомянутых в статье контроллерах наличие на входе CS двух компараторов и разряжающего транзистора, связанных с контуром ШИМ, не позволяет сделать полноценное устройство защиты от превышения тока и короткого замыкания. Это явилось причиной, по которой автор статьи отказался от их использования.

Токоизмерительный трансформатор с коэффициентом трансформации 1:100 установлен на плате транзисторов. Сигналы с выходной обмотки этого трансформатора (ТТ и ТТ*) подключены к плате контроллера. Номиналы резисторов R2–R4, конденсатора C5 и диод VD1 подобраны таким образом, что при превышении выходного тока ИИП, равного 15 А, срабатывает защита, и контроллер переходит в режим «мягкого» запуска.

Контроллер LM5033 имеет вход SS(10) (Soft Start). Этот вывод LM5033 полезен тем, что позволяет регулировать время «мягкого» запуска, то есть время от включения питания ИИП при подаче высокого входного напряжения до входа в штатный режим работы. Вывод SS контроллера имеет внутреннее подключение к источнику тока 10 мкА и схему логики, которая переводит контроллер в режим «мягкого» запуска, если напряжение на выводе SS превысит 0,5 В. На плате контроллера к этому входу подключён конденсатор C4 (4,7 мкФ), который заряжается током 10 мкА в течение 0,3...0,5 с. При срабатывании защиты по току контроллер периодически (каждые 0,3...0,5 с) входит в режим «мягкого» запуска. Поскольку к выходным шинам ИИП подключены светодиоды (красный – для индикации положительного напряжения, зелёный – для отрицательного), при срабатывании защиты по току они будут мигать с частотой 2–3 Гц. Вывод SS в остальных контроллерах отсутствует, а время перехода в режим «мягкого» запуска (и обратно) составляет сотые доли секунды.

Вывод RT(9) является входом генератора, задающего частоту работы контроллера. Он оснащён встроенным конденсатором. Если к этому выводу подключить резистор, образует-

ся RC-цепочка, постоянная времени которой определяет период генерации. В справочном листке контроллера LM5033 приведена номограмма, по которой можно определить номинал резистора R в зависимости от требуемой частоты. Например, при $R = 39 \text{ кОм}$ (R9, см. рис. 2) частота генерации будет около 60 кГц. Аналогичный вывод RT со встроенным конденсатором есть только у контроллера UCC38083. У остальных микросхем встроенного конденсатора нет, и этот

вывод обозначен как RC; к нему необходимо подключать и конденсатор, и резистор.

Микросхема LM5033 выпускается в двух разных корпусах с десятью выводами: VSSOP-10 (LM5033MM) и WSON-10 (LM5033SD). В последнем корпусе выводы, как таковые, отсутствуют. Вместо них установлены контактные площадки. Корпус WSON-10, на взгляд автора, предпочтительнее, так как он немного больше, а выводы разнесены шире (0,8 мм), чем у корпуса VSSOP-10 (0,5 мм). В связи



Магнитодиэлектрики MICROMETALS

Применение сердечников Micrometals гарантирует:

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



ProCHIP
POWERED BY PROSOFT

Активный компонент вашего бизнеса

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



Реклама

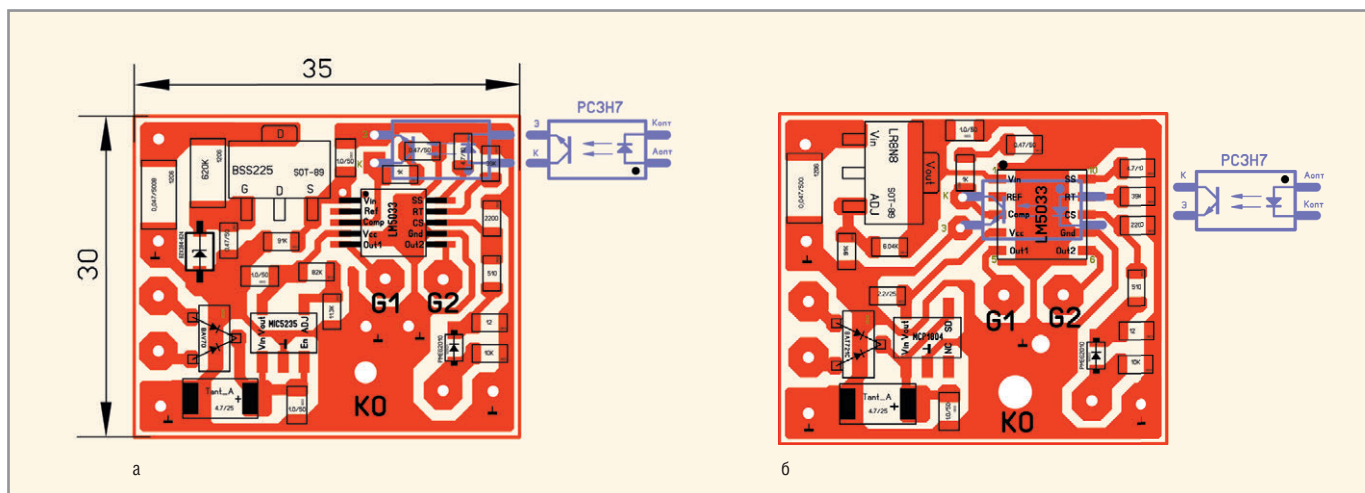


Рис. 11. Разводка платы контроллера на базе: а – LM5033MM, BSS225 и MIC5235; б – LM5033SD, LR8N8 и MCP1804-A0

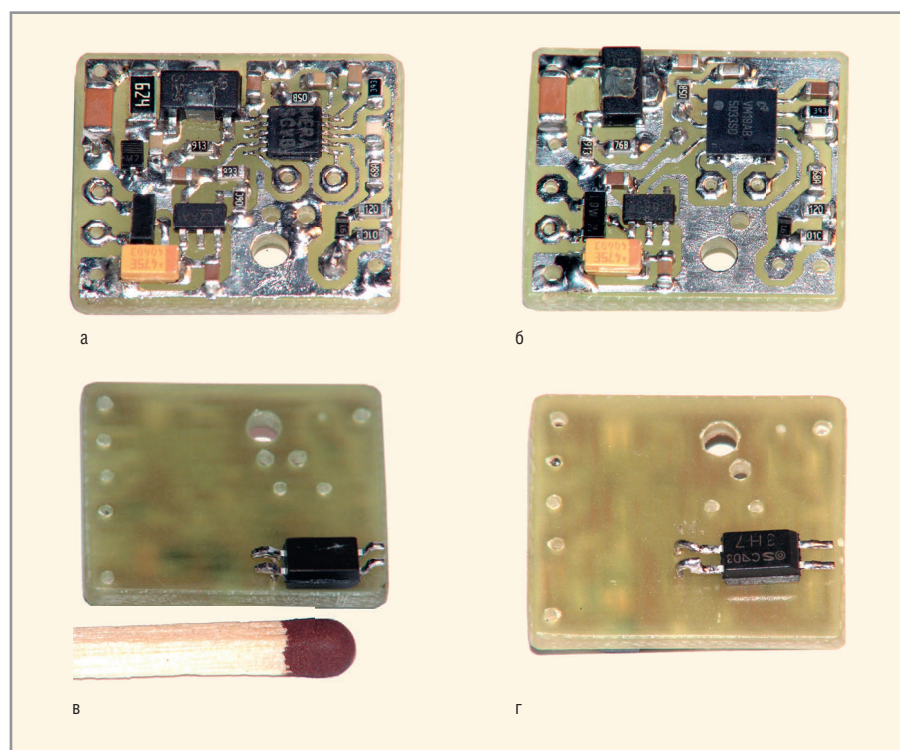


Рис. 12. Фотографии плат контроллера на базе: а – LM5033MM, BSS225 и MIC5235, б – вид с обратной стороны; в – LM5033SD, LR8N8 и MCP1804-A0; г – вид с обратной стороны

с этим сделаны два варианта разводки плат контроллера: для корпуса VSSOP-10 (см. рис. 11а) и для корпуса WSON-10 (см. рис. 11б).

Применение компонентов для поверхностного монтажа позволило разместить элементы контроллера на плате размером 30 × 35 мм. Это сделано не столько для экономии места, сколько для того, чтобы минимизировать длину проводников, подключённых к контроллеру, и тем самым снизить ВЧ-наводки, препятствующие правильной работе. На плате с контроллером LM5033MM для питания Vin используется транзистор BSS225, а для питания Vcc – стабилизатор

MIC5235. На плате с контроллером LM5033SD для питания Vin используется высоковольтный стабилизатор LR8N8, а для питания Vcc – стабилизатор MCP1804-A0. Оба варианта платы показали идеальную работу в составе ИИП.

Оптрона установлены на стороне, противоположной стороне расположения дорожек, и припаяны к двум штырькам, впаянным в плату с обратной стороны. Такой штырёк представляет собой медный провод диаметром 0,5 мм с некоторым утолщением. Он запрессовывается в отверстие платы такого же диаметра, а затем припаяется к плате,

в результате чего получается жёсткое крепление для оптронов (см. рис. 12в и 12г). На разводке (см. рис. 11) голубым цветом показано, как следует подключать оптрона к каждой плате, так как они подключаются противоположно.

У транзистора BSS225 и микросхемы LR8N8 центральные выводы удаляются (они дублируются выводами с противоположной стороны корпуса), а заусенцы зачищаются надфилем. После этого на место выводов приклеиваются кусочки фторопластовой ленты, после чего транзистор и микросхема припаиваются к плате. Такая технология предотвращает пробой центрального вывода (+300 В) на соседние. Плата контроллера прикручивается к карболитовому уголку пластмассовым винтом M2 через единственное крепёжное отверстие K0 (см. рис. 11) диаметром 2 мм (см. рис. 12). Этот уголок крепится ко дну корпуса винтом M3.

Провода высоковольтного питания (+285 В, см. рис. 10) представляют собой два скрученных провода МГТФ 0,05 и MC16-13 0,05 (чёрного цвета, чтобы не перепутать полярность). Все остальные кабели должны быть экранированными, а на экран должна быть надета трубка из ПВХ. Экраны кабелей следует соединить с «землёй» платы.

Плата транзисторов является основным элементом ИИП. Её критически важными элементами являются коммутирующие транзисторы и снабберы (от англ. snubber – демпфер, амортизатор), которые представляют собой цепочки,

состоящие из резисторов, конденсаторов и диодов.

ВЫБОР ТРАНЗИСТОРОВ

В двухтактной схеме на центральную точку соединения входных полуобмоток трансформатора подаётся высокое входное напряжение около 300 В, а крайние точки полуобмоток попеременно коммутируются транзисторами на «землю». Когда один из транзисторов открыт, второй закрыт и испытывает двойное обратное напряжение, равное 600 В. При выключении одного из транзисторов за счёт большой индуктивности трансформатора возникает выброс напряжения, амплитуда которого может достигнуть не только значения напряжения питания (то есть 300 В), но и значительно его превысить. Отсюда следует, что транзистор должен быть рассчитан на тройное напряжение питания, то есть 900 В. Другим важным параметром транзистора является максимальный ток. Если максимальный коммутируемый ток составляет, например, 1,5 А (при этом мощность составляет $1,5 \times 300 \text{ В} = 450 \text{ Вт}$), то транзистор должен иметь 3–6-кратный запас по току, то есть быть способным пропускать ток 6...9 А.

При обеспечении параметров напряжения и тока транзистор должен быстро включаться и выключаться. Время включения и время выключения транзистора должно быть меньше так называемого мёртвого времени (Dead Time), которое установлено в контроллере LM5033 в пределах 85...185 нс (среднее значение 135 нс). Поэтому время включения и время выключения транзистора не должны превышать 85 нс при некотором запасе в 20...30 нс. В противном случае возможно появление сквозного тока через транзисторы, что мгновенно выводит из строя и транзисторы, и контроллер.

Транзисторы должны иметь как можно меньшее значение входной ёмкости и, по возможности, небольшое сопротивление в открытом состоянии. В них между истоком и стоком должен быть установлен защитный диод, а также защитные стабилитроны – между истоком и затвором. Желательно, чтобы транзисторы имели полностью изолированный корпус, чтобы не применять различные изолирующие прокладки.

Подобные транзисторы существуют, а некоторые из них имеют гораз-

до лучшие характеристики. В таблице 1 приведены основные параметры высоковольтных быстродействующих полевых транзисторов, с которыми экспериментировал автор. Все транзисторы имеют защитные стабилитроны между истоком и затвором, диод между истоком и стоком и выпускаются в полностью изолированном корпусе TO-220FP.

Наиболее жёсткий режим работы транзисторов по максимальному обратному напряжению имеет место при минимальном токе нагрузки и максимальной длительности импульсов ШИМ. Такой режим работы, в общем, является искусственным, поскольку максимальная длительность импульсов соответствует максимальному току нагрузки, а при минимальном токе нагрузки длительность импульсов минимальна. Амплитуда выброса $A_{\text{имп}}$ напряжения при выключении транзистора здесь максимальна и пропорциональна входному напряжению $A_{\text{имп}} \sim U_{\text{вх.макс}}$.

В менее жёстком режиме транзисторы работают при максимальном токе нагрузки, так как они коммутируют максимальный ток. Поскольку амплитуда выброса $A_{\text{имп}}$ также максимальна (она пропорциональна скорости максимального изменения тока $A_{\text{имп}} \sim \Delta i / \Delta t$), транзисторы, помимо высокого обратного напряжения, испытывают ещё и дополнительную нагрузку по току. Амплитуда выброса обратно пропорциональна времени выключения Δt транзисторов, которое зависит от марки транзистора. Из таблицы 1 видно, что время выключения транзистора, например STF7N95K3 составляет 36 нс.

При работе в указанных режимах транзисторы испытывают не только максимальное обратное напряжение, но и максимальный нагрев, и если они выдерживают такие режимы работы, то при работе в штатном режиме надёжность может быть гарантирована. Эксперименты с транзисторами показали, что наименьший нагрев испытывает транзистор STF9NK90Z.

Транзистор STP6NK90ZFP стоит на втором месте (его нагрев чуть больше, но всё-таки приемлемый), а транзистор STF7N95K3 нагревается сильно. Причина такого поведения была выяснена по осциллограммам напряжений на стоке транзисторов: у транзистора STF7N95K3 амплитуда выброса $A_{\text{имп}}$ при прочих равных условиях приблизительно в 1,5 раза выше. Столь большой выброс объясняется, вероятно, наименьшим временем выключения этого транзистора (36 нс), поэтому использовать его не рекомендуется. Из двух других наилучшим вариантом является STF9NK90Z. Однако, по опыту автора, более дешёвые транзисторы STP6NK90ZFP в ИИП работают не намного хуже.

Продолжение следует.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мачинский В., Штильман В. Сглаживающие фильтры на транзисторах. Радио. № 4. 1965.
2. Жучков В., Зубков О., Радутный И. Блок питания УМЗЧ. Радио. № 1. 1987.
3. Кузьминов А. Метод фоторепродуцирования для изготовления фотоплашки печатных плат в домашних условиях. Технологии в электронной промышленности. № 5–7. 2010.
4. Кузьминов А. Изготовление устройств на печатных платах с высоким разрешением в домашних условиях. Технологии в электронной промышленности. № 8–10. 2010.
5. Кузьминов А. Мощный стабилизатор двухполярного напряжения для УМЗЧ. Радио. № 5. 2012.
6. Кузьминов А. Использование мощных полевых транзисторов и операционных усилителей в прецизионных регуляторах и стабилизаторах напряжения. Современная электроника. № 7. 2012.
7. Larry Meares. Designing R2CD Snubbers Using Standard Recovery Diodes. Intusoft, 2013 (www.intusoft.com)
8. Уильямс Д. Минимизация прохождения помех от импульсного стабилизатора напряжения через линейный стабилизатор. Компоненты и технологии. № 2. 2007.



Основные параметры некоторых высоковольтных транзисторов

Тип транзистора	$U_{\text{обр. макс.}}$, В	$I_{\text{с. макс.}}$, А	$T_{\text{вкл.}}$, нс	$T_{\text{выкл.}}$, нс	$C_{\text{вх.}}$, пФ	$R_{\text{ск.}}$, Ом	Средняя розничная цена, руб.
STP6NK90ZFP	900	5,8	17	45	1350	1,56	40
STF9NK90Z	900	8	22	55	2115	1,1	60
STF7N95K3	950	7,2	14	36	1031	1,1	60

3D-моделирование микрополоскового фильтра высоких частот в пакете HFSS

Сергей Грищенко, Дмитрий Дерачиц, Наталья Кисель (г. Таганрог)

В статье рассмотрены вопросы конструирования фильтра высоких частот, предназначенного для снижения уровня помех промышленного или иного происхождения в сигнальном тракте РЭА.

ВВЕДЕНИЕ

Современный уровень промышленного развития, широкое внедрение радиотехнических и телекоммуникационных систем неизбежно приводят к ухудшению электромагнитной обстановки. Повышенный уровень внеполосного излучения радиопередающих устройств различного назначения, промышленных помех, сигналов радиоэлектронного противодействия, а также помех, вызванных различными природными явлениями, вызывает сбои действующей радиоэлектронной аппаратуры (РЭА).

Для защиты РЭА от помех и для решения задачи электромагнитной совместимости необходимо использовать фильтры с большим (не менее 60 дБ) затуханием в полосе заграждения. Устройства такого типа должны не только эффективно подавлять помеху в требуемом диапазоне частот, но и обладать хорошей экранировкой от проникновения в РЭА наводимых помех.

В настоящей статье рассмотрены вопросы конструирования фильтра высоких частот (ФВЧ) в сигнальном тракте РЭА с целью снижения уровня помех промышленного или иного происхождения. При этом за счёт подавления шумов на частотах ниже границы спектра частот полезного сигнала значительно улучшается соотношение сигнал/шум всего устройства. Для расчёта конструкции фильтра, помещённого

в защитный корпус, использовалась САПР HFSS.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРА ВЫСОКИХ ЧАСТОТ

Было выполнено моделирование ФВЧ с частотой среза 90 МГц, у которого затухание в рабочей полосе составляло не более 0,8 дБ, а подавление вне полосы пропускания – не менее 90 дБ. Столь глубокое затухание в полосе режекции фильтра гарантирует эффективное подавление сильных помех, например, от мощных радиопередатчиков, находящихся в непосредственной близости от приёмного устройства.

На этапе схемотехнического моделирования [1, 2] фильтр реализован как ФВЧ двадцатого порядка, и представляет собой параллельно соединённые последовательные колебательные контуры (см. рис. 1). Порядок фильтра определяется граничными частотами среза и задержания, а также минимальным затуханием в полосе пропускания $a_{\min}$ и максимальным затуханием в полосе режекции $a_{\max}$ [1, 2]:

$$n \geq \frac{\operatorname{arch} \sqrt{\frac{10^{0,1 a_{\max}} - 1}{10^{0,1 a_{\min}} - 1}}}{\operatorname{arch} \frac{\omega_{сФВЧ}}{\omega_{зФВЧ}}}.$$

Каждый из контуров проектируемого многозвенного фильтра имеет ёмкостную связь с соседним кон-

туром и работает как заграждающий фильтр, настроенный на одну из частот подавления. Перекрытие полос каждым из фильтров реализует всю полосу заграждения ФВЧ, заданную в диапазоне 0...90 МГц.

В результате схемотехнического моделирования рассчитаны ёмкости и индуктивности схемы фильтра, АЧХ которого показана на рисунке 2. Видно, что минимальное подавление в заграждаемой полосе частот от 0 до 70 МГц получилось на уровне 90 дБ, а затухание в рабочей полосе частот оказалось не более 0,2 дБ.

После расчёта номиналов элементов разрабатываемого фильтра на этапе схемотехнического моделирования переходим ко второму этапу разработки конструкции ФВЧ в пакете программ СВЧ HFSS. Отметим, что схемотехническое моделирование основывается на уравнениях теории электрических цепей, а полное 3D-электромагнитное моделирование в пакете HFSS производится с помощью уравнений теории электромагнитного поля. По сути, на первом этапе устанавливаются предельно достижимые характеристики фильтра, к которым посредством моделирования на этапе расчёта конструкции возможно только приблизиться. При выполнении полного 3D-электромагнитного моделирования появляется возможность нахождения параметров фильтра с учётом металлического корпуса и возможного влияния между каскадами за счёт поверхностных волн, возникающих на диэлектрической подложке фильтра.

При моделировании с использованием пакета HFSS в качестве исход-

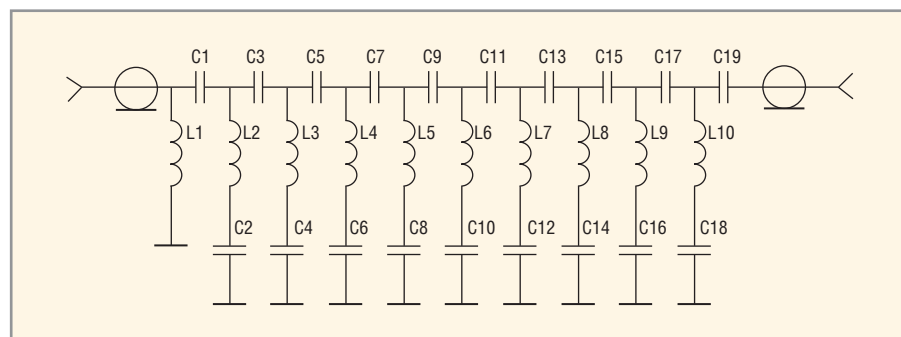


Рис. 1. Электрическая схема ФВЧ двадцатого порядка

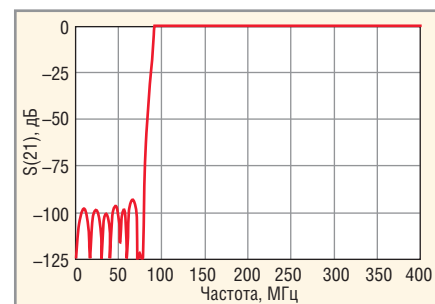


Рис. 2. АЧХ разработанного ФВЧ двадцатого порядка

ных данных использовались параметры сосредоточенных пассивных элементов фильтра, полученные на первом этапе схемотехнического моделирования. Фильтр спроектирован по планарной технологии на основе микрополосковой линии передачи (МПЛ) с применением диэлектрической подложки из стеклотекстолита FR4 толщиной 1 мм, диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 4,6$ и тангенсом угла диэлектрических потерь $\delta = 0,015$. На рисунке 3 изображена модель проектируемого ФВЧ в пакете HFSS, а на рисунке 4 – зависимости АЧХ для S-параметров, расчёт которых был выполнен без экранирования друг от друга всех каскадов фильтра.

Согласно рисунку 4, в области режекции ФВЧ от 0 до 70 МГц наблюдался неравномерный характер АЧХ. При этом уровень подавления изменялся в значительных пределах: от -60 дБ до -105 дБ. Минимальный уровень подавления оказался на 20 дБ меньше аналогичного параметра, достигнутого на первом этапе моделирования (см. рис. 2). В результате взаимное влияние каскадов ФВЧ друг на

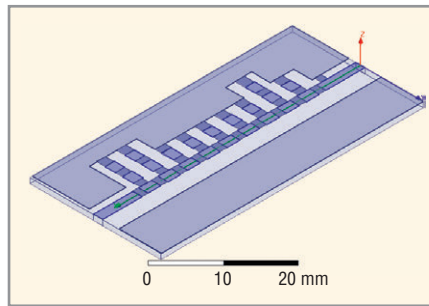


Рис. 3. 3D-модель ФВЧ в пакете HFSS

друга из-за возникновения поверхностных волн в диэлектрической подложке, которые на первом этапе схемотехнического моделирования никак не учитываются, в действительности на 20 дБ (или в 10 раз) ухудшило ослабляющие свойства фильтра в полосе частот заграждения.

Для уменьшения электромагнитной связи между каскадами, которая из-за возникновения поверхностных волн влияет на характеристики ФВЧ (особенно в полосе заграждения), были использованы стальные экраны в виде пластин, отделяющих друг от друга все каскады фильтра. Модели описанного фильтра без корпуса и в корпусе,

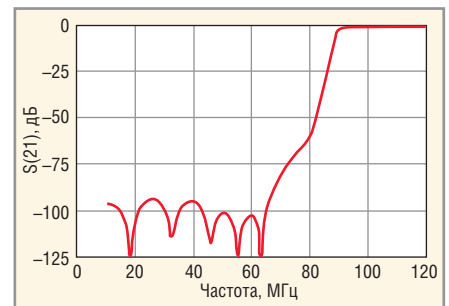


Рис. 4. АЧХ фильтра без экранирования

а также АЧХ для S-параметров фильтра показаны на рисунках 5 и 6, соответственно.

Сравнение АЧХ, представленных на рисунке 6, показало, что применение экранирующих пластин существенно улучшило подавление сигналов в полосе режекции проектируемого фильтра. При этом наименьший уровень ослабления сигнала составил не менее -90 дБ. Наличие корпуса практически не оказывает влияния на характеристики фильтра и в полосе пропускания, и в области заграждения. АЧХ фильтра с экранированием (см. рис. 6) практически совпала с предельно достижимой частотной харак-



Работайте с ANSYS® DesignerRF

Решайте комплексные задачи из ОДНОГО приложения

анализ целостности сигналов
электромеханическое 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

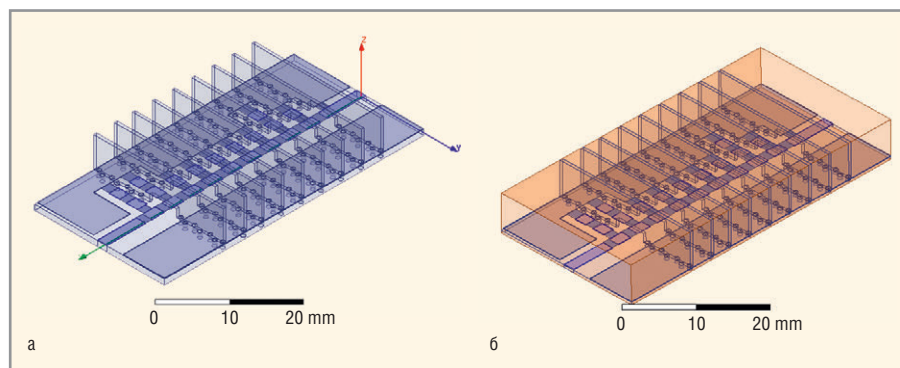


Рис. 5. Модель ФВЧ с экранированием между каскадами без корпуса (а) и в корпусе (б)

теристикой, полученной на первом этапе схематехнического моделирования (см. рис. 2).

Таким образом, использование экранов существенно влияет на поверхностную и пространственную волны и значительно уменьшает их уровень внутри объема фильтра.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование САПР HFSS при решении задачи проектирования фильтра

позволяет разрабатывать конструкцию фильтра с учётом влияния на характеристики фильтра корпуса и связей между звеньями фильтра. При проектировании фильтров с большим уровнем подавления необходимо применять схемы высокого порядка и выполнять трёхмерный электромагнитный анализ всего устройства с помощью специализированных сред электронного моделирования. Пакет HFSS обеспечивает анализ параметров электромагнитного

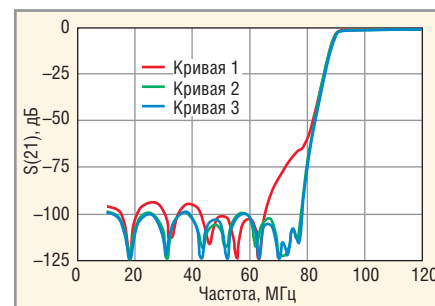


Рис. 6. АЧХ фильтра без экранирования каскадов (кривая 1), с экранированием каскадов без корпуса (кривая 2) и в корпусе (кривая 3)

поля в объёме проектируемого фильтра и осуществляет строгий расчёт его технических характеристик.

ЛИТЕРАТУРА

1. Херреро Д., Уиллонер Г. Синтез фильтров. Советское радио. 1971.
2. Ханзел Г.Е. Справочник по расчету фильтров. Советское радио. 1974.
3. Банков С.Е., Курушин А.А. Расчёт антенн и СВЧ-структур с помощью HFSS Ansoft. ЗАО «НПП «РОДНИК». 2009.



Новости мира News of the World Новости мира

«Микран» открыл в Томске завод радиоэлектроники

Губернатор Томской области Сергей Жвачкин вместе с генеральным директором НПФ «Микран» Владимиром Доценко открыли в Томске предприятие по производству радиоэлектронной аппаратуры имени Виктора Гюнтера.



Производство на новом заводе было запущено нажатием «зелёной» кнопки, которая символизирует начало нового этапа в развитии деятельности компании. «Даже в эту экономическую непогоду томское предприятие открывает новейшее высокотехнологичное производство. Мы не на словах, а на деле решаем две важнейшие государственные задачи – проблему импортозамещения и создания новых высокопроизводительных и высокооплачиваемых рабочих мест. Такие компании как «Микран» ценны своими идеями и высокотехнологичными разработками. За счёт них здесь про-

изводится продукция, которую покупают вместо западных образцов, потому что она намного выше по качеству и ниже по стоимости. Томский «Микран» – это компания федерального значения, которая успешно конкурирует с ведущими мировыми брендами», – отметил губернатор Томской области Сергей Жвачкин.

Генеральный директор показал главе региона производственные площадки нового завода, где будет собираться радиоэлектронное оборудование. Они позволят увеличить в пять раз выпуск СВЧ-приборов, в восемь раз – выпуск систем радиорелейной связи, расширить географию поставок до 75 стран. Также был презентован новый Энергоцентр, который работает в режиме тригенерации (на входе газ, на выходе – электроэнергия, тепло и холод) и который в перспективе сможет обеспечить теплом и электроэнергией расположенные рядом с НПФ «Микран» предприятия.

«Новый завод – это порядка 950 рабочих мест. У нас четыре основных направления: СВЧ-модули, телекоммуникации, радиоизмерительное и радиолокационное оборудование. И по всем этим направлениям мы планируем увеличить выручку минимум на 40%», – сказал журналистам генеральный директор предприятия Владимир Доценко. «Я имел возможность посе-



тить Энергоцентр. Могу с уверенностью сказать, что такому томскому комплексу, который одновременно может производить электроэнергию, тепло и холод, будут завидовать. Очень здорово, что сегодня есть такие предприятия и что традиции, заложенные основателем, продолжают и укрепляются», – сказал мэр Томска Иван Кляйн.

В церемонии открытия завода также приняли участие заместители губернатора Леонид Резников и Михаил Сонькин, ректор Национального исследовательского Томского политехнического университета Петр Чубик, ректор ТУСУРа, председатель Томского профессорского собрания Александр Шелупанов, президент Национального исследовательского Томского государственного университета Георгий Майер, руководитель Томского отделения Сбербанка России Михаил Гребенников.

www.micran.ru

Светотехническая продукция для промышленности, города, деловой инфраструктуры

ПРОМЫШЛЕННАЯ СВЕТОТЕХНИКА

специализированная выставка

2015

Реклама

7-8 октября 2015 г.:

Всероссийская конференция

“Светотехническая продукция для
промышленности, города, деловой
инфраструктуры”

В рамках МЕЖДУНАРОДНОГО ГОДА СВЕТА

- Производство современной светотехники: комплектующие, технологии, решения;
- Светотехническая продукция для производственных и складских помещений;
- Уличное освещение, архитектурная подсветка;
- Вопросы гигиены света. Особенности выбора светотехники для детских и лечебных учреждений, общественных мест.

Организаторы: редакция журнала LUMEN, НП ПСС,
При содействии университета ИТМО.

Регистрация участников: <http://www.promlight-expo.ru/ticket>

7-9 октября 2015 года

Санкт-Петербург, ЦВК «Экспофорум»
5-я специализированная выставка

В рамках XIX международного форума
«Российский промышленник 2015»



Оргкомитет выставки:

Тел. +7(495) 287-4412

E-mail: info@promlight-expo.ru

[Http://www.promlight-expo.ru](http://www.promlight-expo.ru)



7 мая – День радио

Владимир Бартенев (Москва)

В статье, приуроченной ко Дню радио, рассказывается о наших соотечественниках, известных учёных в области радиоэлектроники, которые в этом году также юбиляры. Несомненно, что публичная демонстрация 7 мая 1895 г. А.С. Поповым созданной им первой в мире радиосистемы передачи информации без проводов во многом повлияла на судьбы этих людей.

*В 120 летний юбилей радио, об учёных-юбилярах в области радио
В День радио, когда звучит «Маяк» или радио «Свобода»,
И весь эфир заполнен станциями на сотни мегагерц,
Мне слышатся сквозь шум помех в любую непогоду
Всего два слова, посланных Поповым по радио впервые,
«Генрих Герц»!*

ВВЕДЕНИЕ

7 мая этого года исполняется 120 лет с тех пор как русский учёный Александр Степанович Попов впервые в мире в своём научном докладе «Об отношении металлических порошков к электрическим колебаниям» на заседании Русского физико-химического общества сообщил об изобретённом им методе использования электромагнитных волн для беспроводной передачи электрических сигналов, содержащих полезную информацию. При этом там же он продемонстрировал такую передачу в действии, получая в приёмнике передаваемую информацию. В марте 1896 г. ему удалось передать и принять на расстоянии 250 м первую в мире радиограмму из



Александр Львович Минц

двух слов «Генрих Герц». Эти два исторических факта убедительно доказывают приоритет России в изобретении радио. Поэтому в День радио я не собираюсь доказывать, что радио изобрёл Александр Степанович Попов. Об исторической роли этого выдающегося учёного можно прочитать во множестве статей и книг, например, в исторических очерках [1]. Я же приведу лишь два высказывания об изобретении А.С. Попова его современниками, которые стояли у истоков изобретения радио. Первое из письма Оливера Лоджа (Англия): «Я всегда высоко оценивал работы профессора Попова по беспроводной телеграфии. Попов первый заставил сам сигнал приводить в действие когерер, и я считаю, что этим нововведением мы обязаны Попову...». Второе из письма Э. Бранди (Франция): «...Телеграфия без проводов в действительности является результатом опытов Попова». Эти цитаты взяты из сборника документов [2].

Главный радиостроитель в СССР А.Л. Минц

По хронологии начать рассказ следует с юбилея выдающегося советского учёного, академика Александра Львовича Минца, 120-летие которого отмечалось 8 января этого года. Александр Львович Минц (1895–1974 гг.) – выдающийся советский физик и радиотехник, академик АН СССР (с 1958 г.; чл.-корр. – с 1946 г.), Герой Социалистического Труда (1956 г.). В 1918 г. он окончил Донской университет, а в 1932 г. – Московский институт инженеров связи. С 1934 г. – профессор.



Александр Степанович Попов

Закончив университет, Минц принимает участие в Гражданской войне, командуя радиодивизионом, а в 1921 г. возглавляет радиолaborаторию Высшей военной школы связи в Москве. Уже в 1923 г. он назначается начальником Научно-исследовательского института связи НИИС РККА. Однако, даже занимая такую высокую должность, Александр Львович уделяет внимание развитию радиолюбительского движения в молодой советской республике. В первом номере журнала «Радиолюбитель» за 1924 г. появляется его статья под псевдонимом А. Модулятор. Однако главная задача, поставленная партией и правительством перед А.Л. Минцем, состояла в развёртывании в стране мощного радиостроения. Работы Минца в НИИС РККА положили начало инженерному подходу к проектированию и сооружению радиовещательных станций. В начале 1928 г. небольшая группа возглавляемых им специалистов получила самостоятельный статус и была переведена в Ленинград, где в государственном Тресте заводов слабого тока стала называться как Бюро мощного радиостроения. Затем Бюро превращается в Комбинат мощного радиостроения имени Коминтерна, в состав которого входили несколько научных лабораторий, заводов, проектных и монтажных организаций.

Каков же результат деятельности А.Л. Минца в этот период времени?

В конце 1920-х гг. строительство мощной радиовещательной станции ВЦСПС было завершено. Эта 100-киловаттная станция, спроектированная и созданная под руководством Минца, вывела нашу страну на передовые позиции в области мощного радиостроения.

В начале 1930-х гг. А.Л. Минцу поручают руководство по строительству радиовещательной станции мощностью 500 кВт. Казалось бы, по тем временам это была неразрешимая проблема.

Но задача была решена, и самая мощная на то время в мире радиостанция им. Коминтерна (третья по счету с таким названием) была сдана в эксплуатацию в 1933 г.

Ещё более сложная задача была поставлена перед Минцем в начале Великой Отечественной войны. По личному распоряжению Сталина было принято решение о сооружении сверхмощной радиовещательной станции в городе Куйбышеве (ныне Самара), работающей на средних волнах. Это был последний и самый крупный проект Минца в области радиостроения.

Строительство этой радиостанции, которую называли в честь А.С. Попова, проходило в невероятно тяжёлых условиях. Радиостанция мощностью 1200 кВт была введена в строй в рекордные сроки. Шла война, и эта радиостанция, обеспечивающая радиопокрытие огромной территории, в том числе и оккупированной врагом, регулярно передавала сводки Совинформбюро, которые были так нужны людям в борьбе с фашистскими захватчиками.

Судьба мощных радиостанций, построенных под руководством А.Л. Минца, печальна.

Радиостанция им. Коминтерна вошла в состав Радиоцентра № 9 (г. Электросталь). В 2003 г. радиоцентр отметил 70-летие, а через год его работа была прекращена. В 2007 г. радиоцентр был разрушен.

Примерно такая же сложилась судьба и другой сверхмощной радиостанции им. А.С. Попова, известной как объект №15. В эфир эта радиостанция вышла последний раз 9 мая 2005 г. В июле 2010 г. произошло событие, которое поставило точку в её истории. В условиях отсутствия материальных средств на дальнейшее содержание радиостанции, башни, ставшие за много лет исторической достопримечательностью, были уничтожены с помощью направленных взрывов.

Послевоенный период жизни Александра Львовича Минца был связан со строительством крупных ускорителей и радиоэлектронных систем для них.

В процессе создания различных установок для фундаментальных исследований в физике атомного ядра и физике высоких энергий Минцем было предложено много оригинальных решений, внесён существенный вклад в науку и технику ускорителей. В заключение рассказа о Минце хочу ответить на один вопрос, который могут задать некоторые читатели: был ли академик А.Л. Минц репрессирован? Отвечаю. Жизнь выдающегося учёного, Героя Социалистического Труда академика Александра Львовича Минца вобрала в себя немало событий: были всемирно признанные открытия, строительство крупнейших радиостанций и ускорителей, но были и аресты, хотя всякий раз с полной реабилитацией.

Первый раз, в 1931 г., Александр Львович был арестован по совершенно ложному подозрению в контрреволюционной деятельности, но ОГПУ было вынуждено его освободить.

Второй арест в 1938 г. И опять надуманное обвинение в подрыве боеспособности Красной Армии. Только 10 июля 1941 г., когда началась Великая Отечественная война, Александр Львович был освобождён. Тем не менее, заслуги учёного были отмечены многими высокими наградами, в том числе четырьмя орденами Ленина. Ему было присвоено звание Героя Социалистического Труда, Ленинская и Государственные премии. В 1950 г. «За совокупность выдающихся работ в области радиостроения и других областях радиотехники» А.Л. Минцу была присуждена золотая медаль имени А.С. Попова. Минц стал третьим её обладателем после В.П. Вологодина и Б.А. Введенского [3].

УНИКАЛЬНЫЕ РАДИОПРИЁМНИКИ А.И. ДЕРКАЧА

Александр Ильич Деркач родился также 120 лет назад, 19 марта 1895 г. Окончил электротехнический факультет Ленинградского политехнического института в 1925 г.

С 1925 по 1927 г. Деркач работал научным сотрудником в радиолaborатории Особого технического бюро НКО (Остехбюро – основатель ВНИИРТ) [4]. С 1935 по 1941 г. он был начальником лаборатории в Московском отделении Остехбюро. С 1941 по



Александр Ильич Деркач

1943 г. – старший инженер завода 695 (ныне МНИИРС). С 1943 по 1947 г. – начальник отдела ПКБ-170. С 1947 до 1969 г. (год его смерти) – начальник лаборатории в НИИ-244 (ещё одно название ВНИИРТ). За время своей многолетней практической деятельности А.И. Деркач выполнил большое количество научных разработок. Для военно-морского флота им был разработан радиоприёмник «Дозор». Эта работа велась с 1927 по 1930 г. В это же время он занимался разработкой помехозащищённой радиолинии для радиоуправления торпедами. С 1927 по 1941 г. он руководил разработками радиоприёмной аппаратуры для телефугасов Ф-9, Ф-10, Ф-40 и ФГ-9. Также он являлся научным руководителем работ по созданию помехозащищённой радиолинии для телеуправления танками (1932–1938 гг.), главным конструктором буквопечатающей радиолинии для связи штабов фронта с Генштабом, шифр «Алмаз» (1937–1941 гг.), разработал радиостанцию для авиадесантных частей, шифр «Прима» (1942–1943 гг.), создал самолётный ответчик радиолокационной системы опознавания «Ключ» (1944–1947 гг.), спроектировал радиоприёмное устройство для помехозащищённой буквопечатающей радиолинии Генштаба, шифр «Берилл» (1947–1958 гг.), радиоприёмное устройство для военно-морского флота, шифр «Берилл-М» (1949–1958 гг.) и сверхбыстродействующее радиоприёмное устройство, шифр «Берилл-МСБ» (1954–1955 гг.). Кроме того, Деркач с 1953 по 1957 г. был заместителем научного руководителя разработки



Мурад Рашидович Капланов

приёмо-передающей аппаратуры РЛС, шифр «Днепр» и «Днепр-1».

Вот как отзывался о работах Деркача академик Ю.Б. Кобзарев: «Александр Ильич Деркач является одним из крупнейших специалистов в области техники радиоприёма. Им разработано большое количество специальных приёмных установок и ряд из них сыграл первостепенную роль в развитии нашей техники. К этим работам можно отнести разработку радиолинии для связи штабов фронта с Генштабом «Алмаз», а также серию магистральных приёмников «Берилл». Все эти устройства отнюдь не являются примитивными радиоприёмниками, а содержат многочисленные звенья с очень сложными схемами с высокой степенью автоматизации.

Работы А.И. Деркача всегда характеризовались исключительно глубоким пониманием происходящих в сложных радиоприёмных устройствах процессов и исключительной интуицией, позволявшей ему безошибочно находить правильный путь даже тогда, когда развитой научной теории ещё не имелось. Во всех разработках Деркачем была проявлена большая инициатива и очень глубокое понимание дела.

Я близко соприкасался с Деркачем, когда он занимался разработкой ответчика для системы опознавания. Могу констатировать, что и в этом случае он проявил себя исключительно эрудированным учёным, высококвалифицированным инженером и экспериментатором».

Деркач является старейшим сотрудником ВНИИРТ. Он принимал участие во многих работах института. Следует добавить, что все работы, выполненные под его руководством, были приняты на вооружение Советской Армии. Отметим наиболее важные из них. В 1929 г. он впервые выдержал свой экзамен с радиоприёмником «Дозор», который был принят в серийное производство и получил оценку как лучший морской приёмник не только у нас в стране, но и за рубежом [5]. Этот приёмник использовался армией до конца Великой Отечественной войны. В нём был впервые использован кварцевый фильтр. Ещё в 1920-е гг. А.И. Деркачем была создана передовая технология производства кварцев. В его лаборатории были разработаны методы определения кристаллографических осей кварцевых пластин, электромеханическая разделка и металлизация пластин. Ещё один важный проект учёного – двухканальная помехозащищённая буквопечатающая радиолиния «Алмаз», за которую он был отмечен Сталинской премией 1-й степени. Радиолиния «Алмаз» была принята на вооружение Красной Армии в 1941 году и выпущена НИИ-20 (ВНИИРТ) крупной серией. Впервые радиолиния «Алмаз» была использована в битве под Москвой для связи боевых частей с Генеральным штабом. И, конечно же, нельзя не вспомнить целую серию радиоприёмников для радиофугасов. Но вершиной радиотехнической деятельности Деркача можно считать радиоприёмник «Берилл». Являясь главным конструктором целого семейства этих радиоприёмников, А.И. Деркач впервые предложил применить приём на дискретных частотах. При сдаче эскизного проекта радиоприёмника «Берилл» заказчик его принял как технический проект, настолько тщательно он был разработан. Это был специальный коротковолновый магистральный связной радиоприёмник. «Берилл» являлся важнейшим элементом связи в высших звеньях управления Вооружённых сил Советского Союза. Приёмник находил применение во всех видах Вооружённых сил, в том числе в ракетных войсках. Информация о том, что «первый космический полёт успешно завершён», был передан руководителю страны с помощью радиоприёмного устройства «Берилл». Весь мир услышал голос первого в мире космонавта Ю.А. Гагарина из космоса также с использованием приёмника «Берилл» [6]. В ответ на

традиционный вопрос, были ли А.И. Деркач репрессирован, отвечаю, что не был. Однако, когда в 1953 г. радиоприёмное устройство «Берилл-М» (Р-674) было представлено на соискание Сталинской премии, последняя была отменена, и Деркач остался без второй своей Сталинской премии. Также неудачной оказалась попытка представить А.И. Деркача в 1960 г. на соискание учёного звания доктора технических наук по совокупности его научных работ в ВАК СССР учёным Советом ВНИИРТ во главе с директором ВНИИРТ А.П. Земнореом [7].

М.Р. Капланов – ОТ ДЕТЕКТОРНОГО ПРИЁМНИКА ДО КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ

15 апреля этого года исполняется 100 лет Мураду Рашидовичу Капланову – доктору технических наук, профессору, дважды лауреату Государственных премий СССР, дважды награждённому орденом Трудового Красного Знамени и другими наградами [8].

Мурад Рашидович – кумыкский князь, родился во Владикавказе. В 1921 г. семья Капланова переезжает в Москву. После окончания школы в 1931 г. Мурад Рашидович поступил в Московский институт инженеров связи (ныне МТУСИ), однако в 1932 г. перевёлся на первый курс МЭИ им. Молотова на электрофизический факультет. В 1937 г. окончил институт с отличием по специальности «производство аппаратуры для установок радиосвязи».

Ещё до окончания МЭИ в 1936 г. Мурад Рашидович поступил на работу инженером в Научно-исследовательский кинофотоинститут. После окончания МЭИ в ноябре 1937 г. его с матерью арестовали на пять лет, как членов семьи врага народа. Его отец Рашид-Хан Забитович Капланов был арестован 8 октября 1937 г. и приговорён к расстрелу 10 декабря. Приговор был приведён в исполнение в тот же день.

Капланова отправляют заключённым в Ухтастройлаг НКВД. Однако вскоре его переводят в разряд вольнонаёмных, и он работает на кинобазе г. Ухта техникумом до 1943 г. С 1943 по 1944 гг. он служит в Красной Армии в звании рядового. В апреле 1944 г. после демобилизации командирован на п/я 241 (завод 695, г. Москва) и приступает к работе в должности инженера.

В своей автобиографии Мурад Рашидович пишет: «В 1944 году по поста-

новлению Госкомитета обороны [я] был демобилизован и направлен для работы в промышленность. Тридцать лет проработал на одном предприятии, которое сначала было заводом, а потом НИИ». Речь идёт о Московском НИИ радиосвязи. Следует отметить, что приступив к работе на п/я 241 в должности инженера в апреле 1944 г., Мурад Рашидович уже с ноября того же года возглавлял лабораторию. Его первым успешным конструкторским творением был детекторный приёмник «Комсомолец». Остановимся на этом периоде жизни Мурада Рашидовича более подробно, обратившись к истории создания этого последнего промышленного детекторного радиоприёмника в СССР [9]. После Великой Отечественной войны в нашей стране чувствовалась нехватка дешёвых массовых радиоприёмников. С целью создания образцов детекторных приёмников, пригодных для массового производства отечественной промышленностью, в 1947 году Осоавиахим СССР объявил конкурс. В конкурсе приняло участие свыше 30 конструкторов из 14 предприятий и НИИ разных министерств. Первая премия была присуждена Капанову за детекторный приёмник, названный им «Комсомолец», который и был рекомендован к внедрению в производство. Он стал выпускаться на многих радиозаводах и даже в радиопартиях в Москве, Минске, Ленинграде, Киеве, Калининграде и в Молотове (ныне Пермь) вплоть до середины 1950-х гг. В чём причина такого, серьёзного отношения к конкурсу проведённому в 1947 г.? Ведь в него были вовлечены даже сотрудники НИИ, а премия за первое место составила 5000 руб.

Думаю, причина всего этого была следующей. К лету 1945 г. в США была завершена работа по созданию атомного оружия – США стали монопольным обладателем атомной бомбы. Руководство США попыталось использовать это в неприглядных политических целях – оказать давление на СССР. В частности, государственный секретарь Д.Ф. Бирнс при президенте США Г. Трумене заявил: «Бомбу нужно применить, чтобы сделать Россию более сговорчивой в Европе». Срок, установленный на Крымской конференции для вступления СССР в войну с Японией, подходил к концу, и американское правительство поторопилось с использованием атомного оружия. Именно поэтому в августе 1945 г. пришёл приказ американско-

го правительства о немедленном применении атомного оружия, хотя у США было только две готовых атомных бомбы. Эти атомные бомбы были сброшены 6 августа на Хиросиму и 9 августа на Нагасаки. Никогда в истории человечества не было оружия подобной жестокости. 5 марта 1946 г. Уинстон Черчилль произносит свою знаменитую Фултонскую речь, которую историки считают стартовой точкой холодной войны западных союзников против СССР. Три года спустя США создают военный блок НАТО, а Пентагон принимает план «Дропшот» (Dropshot) – сбросить 300 атомных бомб на 100 советских городов, а затем оккупировать нашу страну силами 164 дивизий НАТО, в том числе 69 американских. В ответ на столь явные угрозы со стороны США и их союзников, уже через 14 дней после атомной бомбардировки Хиросимы, в СССР постановлением Государственного комитета обороны № 9887сс/оп от 20 августа 1945 г. за подписью И.В. Сталина был создан Специальный комитет для руководства всеми работами по использованию атомной энергии во главе с Л.П. Берия. Спецкомитет был наделён чрезвычайными полномочиями по привлечению любых ресурсов, имевшихся в распоряжении правительства СССР, к работам по атомному проекту. 29 августа 1949 г. на построенном в Семипалатинской области Казахстана полигоне было проведено успешное испытание первой советской атомной бомбы. Вы скажете, причём же здесь детекторный приёмник «Комсомолец»? В условиях противостояния с США с возможным применением атомного оружия требовалось простое и надёжное средство оповещения об угрозе войны, которое не требовало дефицитных источников питания и по цене было бы доступно всем слоям населения. К этому следует добавить, что СССР в послевоенный период имел практически полное покрытие своей обширной территории радиосигналами множества мощных радиовещательных станций на средних и длинных волнах. Принимать эти радиостанции и был предназначен детекторный радиоприёмник «Комсомолец», созданный М.Р. Капановым.

Конец 1940-х гг. ознаменовался в биографии Капанова не только разработкой детекторного приёмника «Комсомолец». В первую очередь, если судить по его научным отчётам, инженер вёл разработку нескольких

радиостанций различного назначения: «Клён», «Тополь», «Кипарис», «Акация», «Дуб», «Сирень» и «Пальма». По результатам этих работ в 1949 г. он был награждён знаком Почётный радист СССР. В 1953 г. в соавторстве с В.А. Левиным он издаёт монографию «Автоматическая подстройка частоты», которая выдержала три издания и была переведена на иностранные языки. В 1954 г. Капанов вместе с Левиным получают первое авторское свидетельство. Всего М.Р. Капановым было получено пять авторских свидетельств. Его кандидатская диссертация посвящена «Особенностям применения систем частотной автоподстройки самолётных связных радиостанций».

С запуском первого в мире искусственного спутника земли в СССР в 1957 г. встал вопрос об использовании спутников в качестве ретрансляторов для передачи информации на большие расстояния. В 1961 году С.П. Королёв поручил Капанову разработать систему связи для всей территории Союза и, прежде всего, ретранслятора [10]. В начале 1962 г. с участием Капанова был подготовлен первый проспект экспериментального спутника связи «Молния-1». В проспекте было сказано, что аппаратура ретрансляции спутника позволяет вести передачу телевизионной программы (один канал) или осуществлять многоканальную телеграфную и телефонную связь (40–60 каналов). Для «Молнии-1» было принято решение создать бортовой комплекс одновременно с наземным испытательным оборудованием (НИО). Для передачи сигналов с «борта» на все наземные пункты, находящиеся одновременно в зоне радиовидимости, требовалось разработать бортовую антенну направленного излучения на приём и передачу одновременно. Впервые были созданы следующие системы космической связи: бортовой ретранслятор, система управления, остроуправляемые следящие за Землёй антенны, наземные станции. Эскизный проект «Молнии-1» был закончен в 1962 г. Первая попытка запуска КА «Молния-1» была произведена с космодрома Байконур 4 июня 1964 г. Всего было запущено семь КА «Молния-1», пять из которых – успешно. В 1966 г. под его руководством через спутник «Молния-1» проведён первый в мире космический телемост Москва – Владивосток. Для сопряжения спутниковых каналов с магистральными междугородными линиями телефонной

связи Капланов разработал многоканальную систему уплотнения и кодирования «Ручей». Несколько позднее Капланов создаёт спутниковую систему «Корунд» для управления войсками. Это была первая космическая линия с цифровой передачей информации.

В 1965 г. началась работа с участием Капанова над новым перспективным проектом спутниковой системы связи. Эту систему назвали «Молния-2». Основное её отличие от «Молнии-1» состояло в использовании сантиметрового диапазона волн. Это давало возможность увеличить пропускную способность, совместить передачу телевизионного сигнала с многоканальным телефоном и применить антенны узкой направленности, освещающие не всю видимую со спутника территорию, а выборочно по временным поясам.

Успехи в космосе были закреплены созданием новых наземных станций, разработанных специально для ретрансляции телевизионных программ и телефонной связи. Станции получили название «Орбита». До 1967 г. было построено 20 таких земных станций. К 1984 г. их было уже более 100 [11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несколько слов о Дне радио. Весьма символично, что накануне Дня Победы в Великой Отечественной войне, 70 лет назад 4 мая 1945 г., вышло Постановление СНК СССР: «В ознаменование 50-летия со дня изобретения радио русским учёным А.С. Поповым, исполняющегося 7 мая 1945 г., СНК Союза ССР постановил: учитывая важнейшую роль радио в культурной и политической жизни населения и для обороны страны, в целях популяризации достижений отечественной науки и техники

в области радио и поощрения радиолюбительства среди широких слоёв населения, установить 7 мая ежегодный День радио». Эти два рядом стоящих праздника демонстрировали всему миру величие и могущество России, её оборонного потенциала и научных достижений.

В Указе Президиума ВС СССР от 01.10.80 № 3018-X (в ред. от 31.05.2006) «О праздничных и памятных датах» День радио не вошёл в число всенародных праздников. Он был отнесён к памятным дням в знак признания заслуг трудящихся соответствующих отраслей народного хозяйства. После развала СССР День радио превратился в узкокорпоративный праздник работников связи. На Украине День радио отмечается теперь 16 ноября. Именно в этот день в 1924 году в Харькове в эфир вышла первая на Украине радиопередача.

Остаётся только восхищаться тем, как в Советском Союзе, ещё во время войны, в декабре 1944 года Совет Народных комиссаров СССР создаёт комиссию по проведению пятидесятилетия со дня изобретения А.С. Поповым радио в составе известнейших советских учёных: Б.А. Введенского (председатель), А.И. Берга, С.И. Вавилова, А.Ф. Иоффе, И.Г. Кабанова, П.Л. Капицы, И.Г. Кляцкина, В.И. Коваленкова, А.Л. Минца, В.Ф. Миткевича, Н.Д. Папалекси, И.Т. Пересыпкина, М.А. Шателена и других. На комитет была возложена разработка мероприятий по увековечиванию памяти А.С. Попова, организация лекций и докладов, а также проведение научной конференции в Москве, посвящённой пятидесятилетию изобретения А.С. Поповым радио. И вот накануне Дня Победы 70 лет назад 7 мая 1945 года нашлось время воздать

почести изобретателю радио А.С. Попову и отметить со всем размахом государственный праздник День радио в Колонном Зале Дома Союзов. Сохраним и мы память об этом знаменательном историческом событии и о наших учёных, инженерах, техниках и рабочих, которые внесли свой вклад в развитие отечественного радио.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бартенев В.Г.* Россия – родина радио. Исторические очерки. М. Горячая линия телеком. 2014. С. 165.
2. *Попов А.С.* Сборник документов. К 50-летию изобретения радио. Ленинград, Газетно-журнальное и книжное издательство. 1945. С. 234.
3. Радиотехнический институт им. А.Л. Минца. www.rti-mints.ru.
4. Личное дело А.И. Деркача. Москва. ОАО ВНИИРТ.
5. *Эфруссис Я.Э.* Кто на «Э». Возвращение. 1996. www.sakharov-center.ru/asfcd/auth/?t=book&num=195.
6. *Кучеров Ю.С.* Радиоприёмное устройство «Берилл». Армейский сборник. Октябрь 2014.
7. ВНИИРТ: страницы истории. М. Издательский дом «Оружие и технологии». 2006. С. 255.
8. Личное дело М.Р. Капанова. Москва. МГТУ МИРЭА.
9. *Бартенев В.Г.* Последний промышленный детекторный приёмник из СССР. Сборник докладов международной конференции RES-2013, посвящённой Дню радио. М. РНТОРЭС им. А.С. Попова. 2013.
10. *Чертков Б.Е.* Ракеты и люди. Горячие дни холодной войны. 2-е изд. М. Машиностроение. 1999. С. 448.
11. *Быховский М.А.* Развитие спутниковых телекоммуникационных систем. М. Горячая линия-Телеком. 2014.



Новости мира News of the World Новости мира

«ЭкспоЭлектроника» и «ЭлектронТехЭкспо» – прогнозируемый успех

26 марта 2015 г. в Москве завершили свою работу 18-я Международная выставка электронных компонентов, модулей и комплектующих «ЭкспоЭлектроника» и 13-я Международная выставка технологий, оборудования и материалов для производства изделий электронной и электротехнической промышленности «ЭлектронТехЭкспо», которые проходили в МВЦ «Крокус Экспо».

Участниками выставок «ЭкспоЭлектроника» и «ЭлектронТехЭкспо» стали 426 компаний из 21 страны. За три дня выставки посетило более 10 000 специалистов.

В рамках деловой программы выставок прошло 42 мероприятия: конференции, круглые столы, технические семинары и презентации, которые посетили около 1200 специалистов. С успехом прошёл 2-й Конкурс ручной пайки IPC, в котором приняли участие 34 монтажника РЭА, работала Ярмарка вакансий.

Компания «ПРИМЭКСПО», входящая в Группу компаний ITE, благодарит участ-

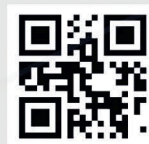
E·X·P·O
ELECTRONICA



ников, посетителей и партнёров за высокопрофессиональную работу, которая принесла выставкам заслуженный успех.

В следующий раз выставки «ЭкспоЭлектроника» и «ЭлектронТехЭкспо» пройдут 15–17 марта 2016 г. в Москве.

www.expoelectronica.primexpo.ru



IX МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАВИГАЦИОННЫЙ ФОРУМ

22-23 АПРЕЛЯ 2015
ЦВК ЭКСПОЦЕНТР
МОСКВА

Организатор
форума



Генеральный
интернет-партнер

gazeta.ru

Оператор
форума



Стратегический
информационный
партнер



Организатор
выставки



Стратегический
интернет-партнер



Стратегический
партнер



Официальный
информационный
партнер



Технологический
партнер



Реклама



НАВИТЕХ
22 – 24
апреля
2015

www.navitech-expo.ru



7-я международная выставка
«Навигационные системы,
технологии и услуги»

ЭКСПОЦЕНТР

20 мая 2015 г.

III ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ НА ТЕМУ:

ЗАЩИТА РЭА ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ ИСПЫТАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА ЭМС

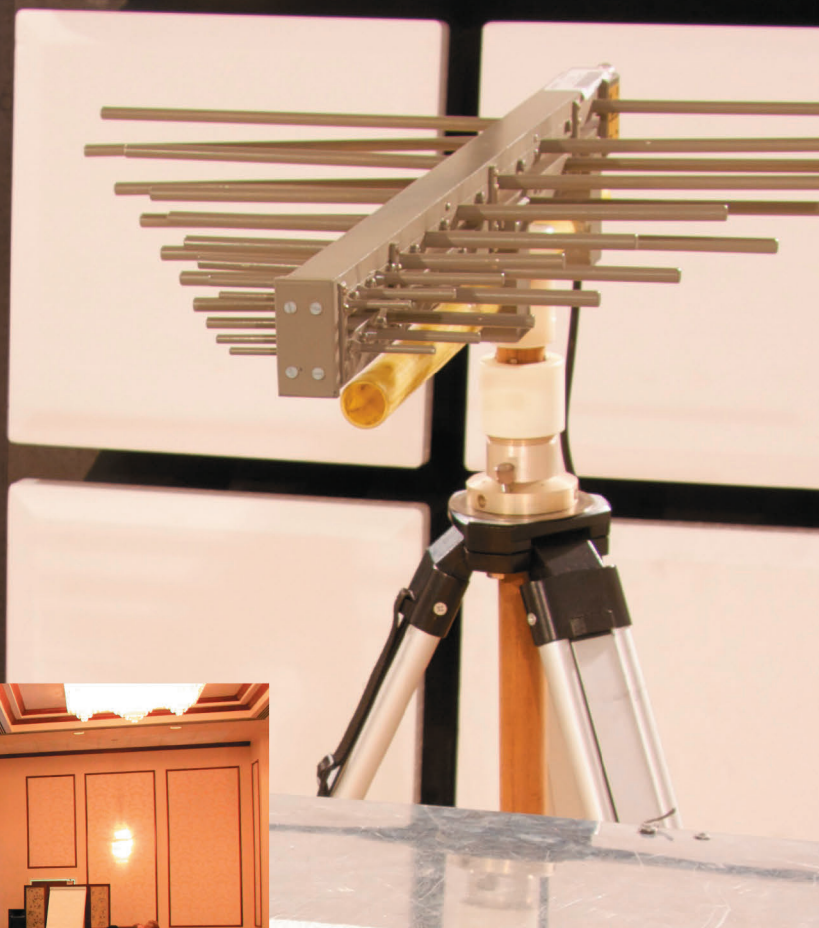
В программе конференции предлагается заслушать и обсудить доклады специалистов МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РФ, РОСКОСМОСА, РОСАТОМА, фирм разработчиков РЭА, испытательных центров, изготовителей и разработчиков испытательного и измерительного оборудования.

К ОБСУЖДЕНИЮ ПРЕДЛАГАЮТСЯ ВОПРОСЫ:

- Защита радиоэлектронной аппаратуры от электромагнитных излучений (ЭМИ).
- Вопросы конструирования радиоэлектронной аппаратуры с учетом требований электромагнитной совместимости (ЭМС).
- Испытания бортового оборудования на ЭМС.
- Современные требования нормативно-правовых актов, касаемых испытаний на ЭМС технических средств.
- Тестовые системы и оборудование для проведения испытаний на ЭМС.
- Метрологическое обеспечение испытаний в области ЭМС.



Реклама



Место проведения:
Москва, конференц-зал «Конгрессный»,
дом отдыха «Планерное»

Участие в конференции:
Заявки принимаются до 15.05.2015
по телефону +7 (495) 657-87-37
и электронной почте tp@test-expert.ru

Организаторы конференции:



«NDT 2015»: неразрушающий контроль и диагностика в промышленности



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

Участники выставки продемонстрировали оборудование и технологии для неразрушающего контроля и технической диагностики, имеющие практическое применение в различных отраслях промышленности.

В выставке приняли участие такие крупные представители отрасли, как «Пергам-Инжиниринг», «Кропус» ПО, «Галас НДТ», «Тестрон», «ПромГруп Прибор», «Совтест АТЕ», «Константа», «Акустические Контрольные Системы», «Интерюнис», Acoustic Eye, TÜV Nord Baltic, Hamamatsu Photonics Norden AB.

Выставку посетили 2 832 специалиста из различных отраслей промышленности. Это на 28% больше, чем в 2014 году. Подавляющее большинство посетителей работают в нефтегазовой и аэрокосмической промышленности, авиа- и приборостроении.

В церемонии официального открытия выставки приняли участие: **Махутов Николай Андреевич**, член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом прочности, живучести и безопасности машин и конструкций Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, советник РАН; **Чуйко Виктор Михайлович**, председатель правления Ассоциации «Союз авиационного двигателестроения»; **Акопян Артур Георгие-**

вич, заместитель начальника Департамента технической политики акционерного общества «Российские Железные Дороги»; **Любимов Константин Михайлович**, вице-президент Всероссийской академии наук комплексной безопасности; **Козлова Анастасия Валерьевна**, начальник управления мониторинга Центра «Антистихия» – Всероссийского центра мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера МЧС России; **Любина Ирина Анатольевна**, генеральный директор компании «ПРИМЭКСПО».

По словам руководителя Департамента науки, промышленной политики и предпринимательства О.Е. Бочарова, выставка NDT Russia «приобрела заслуженное признание специалистов как одна из крупнейших выставок, которая предоставляет возможность специалистам и гостям ознакомиться с передовыми разработками, поделиться профессиональным опытом с представителями различных отраслей промышленности».

Неотъемлемая часть NDT Russia – насыщенная деловая программа:

- Круглый стол «Неразрушающий контроль и техническая диагностика в промышленности. Развитие кооперации для продвижения бизнеса».

Организатор: Фонд развития «Сколково».

- Круглый стол «Вопросы обеспечения безопасной эксплуатации и надёжности сложных технических устройств с использованием методов и средств неразрушающего контроля».

Организатор: НПС «Риском».

- Рабочее совещание «Новое поколение микрофокусных рентгеновских источников для неразрушающего контроля и многофункциональные системы рентгеновской диагностики».

Организатор: ФИАН им. П.Н. Лебедева.

- Демонстрация «Российские разработки в сфере ультразвукового сканирования трубопроводов: проблематика, технологии и практика использования в 2014 году».

Организатор: ООО «ЕЦНК».

Также на демонстрационной площадке и стендах участников прошли презентации и тест-драйвы оборудования компаний-экспонентов с участием ведущих российских и зарубежных специалистов.

Впервые на выставке специалисты в области технической диагностики могли пройти бесплатное тестирование на определение уровня знаний в области оценки технического состояния методами неразрушающего контроля и побороться за призы от «СертиНК» ФГАУ «НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана». Итоги тестирования будут опубликованы на официальном сайте выставки. Участник, набравший наибольшее количество баллов по итогам тестирования, получит возможность в 2015 году бесплатно посетить два семинара (по выбору), проводимых подразделением «СертиНК» ФГАУ «НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана». Мероприятие привлекло большой интерес специалистов.

В феврале 2015 года NDT Russia впервые прошла в МВЦ «Крокус Экспо». Участники и посетители отметили, что переезд на новую площадку с высоким уровнем сервиса и развитой инфраструктурой открыл новые перспективы для качественного развития экспозиции.

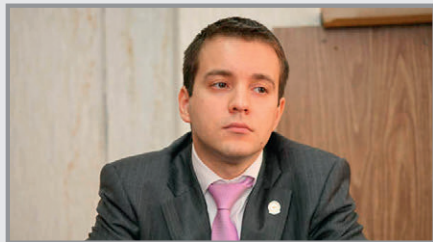
Внимание! Следующая 15-я Международная выставка NDT Russia будет проходить 27–29 октября 2015 года в МВЦ «Крокус Экспо» одновременно с выставками ExpoCoating Moscow, «Силовая электроника», Aerospace Testing & Industrial Control, PCVExpo и Masbex.

www.ndt-russia.ru



ИТ-отрасль поддержала план Минкомсвязи по импортозамещению

Министр связи и массовых коммуникаций РФ Николай Никифоров принял участие в обсуждении мер поддержки российского программного обеспечения (ПО) в рамках встречи с ИТ-компаниями, организованной Ассоциацией разработчиков программных продуктов «Отечественный софт» совместно с некоммерческим партнёрством «РУССОФТ».



Глава Минкомсвязи напомнил о ключевых результатах развития ИТ-отрасли в 2014 г., а также рассказал о планах на 2015 г. В частности, он отметил, что к 1 апреля текущего года министерства сдают в Правительство отраслевые планы импортозамещения.

«Это точка фиксации ключевого набора мероприятий по каждой из отраслей», — сказал Николай Никифоров. — Упрощённо отраслевой план импортозамещения в области программного обеспечения можно разделить на три крупных блока. Первый — протекционизм при закупках за счёт налогоплательщиков. По умолчанию при наличии отечественных аналогов за бюджетные деньги не должно закупаться импортное ПО. Эти инициативы уже реализуются. На общественном обсуждении находится проект постановления Правительства, в соответствии с которым будет сформирован реестр отечественной ИТ-продукции и на основании которого государственные заказчики, желающие закупить иностранную продукцию, должны будут объяснить, почему выбрали продукт не российского производства. Сейчас эти предложения касаются только госзакупок, но в будущем процедура планируется распространить и на компании с госучастием».

Проект постановления Правительства о преференциях отечественному ПО вынесен в феврале этого года на общественное обсуждение, которое заканчивается 27 марта 2015 г. Глава Минкомсвязи призвал участников ИТ-индустрии вносить свои предложения по его улучшению.

«Отдельно хорошее предложение в рамках обсуждения уже прозвучало в связи с территориальной дискриминацией заказчиков программных продуктов в Крыму, и мы

считаем правильным рассмотреть возможность включения пункта об обязательной работе ПО на всей территории РФ, — сказал Николай Никифоров. — Таким образом, любая подача документов на конкурс будет означать прямое согласие с этой нормой, и работать с госзаказчиками смогут только те, кто этой дискриминацией не пользуется».

Следующий блок касается развития критических видов ПО, таких как клиентские операционные системы, системы управления базами данных, офисное ПО для совместной работы и ряда других.

«По данному направлению считаем, что надо пойти по пути коллективной разработки ПО совместно с другими странами, в первую очередь странами БРИКС. Таких примеров в мире достаточно много, — отметил Николай Никифоров. — Можно создать отдельные некоммерческие организации (НКО) по каждому виду критического ПО, и мы готовы рассмотреть варианты государственного софинансирования деятельности таких НКО, если эти субсидии будут идти на зарплаты разработчиков. В других отраслях, например, в автопроме, ОПК, сельском хозяйстве, индустрии очень быстро формируют конкретные планы действий и объёмы финансирования по импортозамещению. ИТ-индустрия всегда развивалась независимо, без государственной подпитки, но сегодня без поддержки государства невозможно совершить прорыв в тех видах ПО, которые не смогут быть созданы на качественном уровне только путём поддержки через госзаказ».

Третий блок отраслевого плана импортозамещения — это «умные» инвестиции в разработку специализированного промышленно-специфического ПО, разработка которого будет проводиться за счёт средств фонда «Росинфокоминвест» и других институтов развития в рамках соответствующих промышленных консорциумов, включающих в себя ИТ-компании, заказчиков ИТ-продукции, университеты и научные институты.

Участники дискуссии поддержали предложения Минкомсвязи России и высказали ряд собственных предложений, которые они смогут внести для включения в подготовку отраслевого плана импортозамещения в области ИТ.

www.minsvyaz.ru

Радиоэлектронные компоненты НПП ЦРТС для космоса

19 марта 2015 г. в Москве прошёл семинар секции «Электронная компонентная база космических систем» Международной ассоциации участников космической дея-

тельности (МАКД). Специалисты НПП ЦРТС представили доклад на тему «Компактные вычислительные модули и решения на их основе», а также продемонстрировали две линейки компактных вычислительных модулей собственной разработки — Thea и Fury класса «SoM» (System on Module).

Специалисты ведущих предприятий космической отрасли РФ и СНГ (ФГУП ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга, ОАО «ОКБ МЭИ», ОАО «ЦКБА», ОАО «РКС», ОАО «НИИ ТП», ОАО «Минский НИИ радиоматериалов», ОАО «РАТЕП», ОАО «Концерн «Автоматика» и прочие) имели возможность познакомиться с модулями НПП ЦРТС, поддержать их в руках и задать интересующие вопросы специалистам компании.

В результате предварительных договорённостей, достигнутых на мероприятии, с рядом предприятий отрасли было намечено проведение технических консультаций по вопросу интеграции модульных решений НПП ЦРТС в приёмопередающую аппаратуру наземного применения и космических аппаратов.

Следует отметить, что Международная ассоциация участников космической деятельности является объединением более 70 предприятий ракетно-космической промышленности РФ и СНГ. Семинар ассоциации проходил в соответствии с планом работы секции «Электронная компонентная база космических систем» на 2015 г. и затрагивал тематику применения электронных компонентов, предназначенных для радиотехнического оборудования L-Ка-диапазонов.

www.npp-crts.ru

Обновление HyperLynx от компании Mentor Graphics

Компания Mentor Graphics сообщает о выходе новой версии средства моделирования целостности сигналов и питания для высокоскоростных печатных плат HyperLynx(R).

Данное средство позволяет решать проблемы, возникающие в современных сложных высокоскоростных изделиях, во всей цепочке проектирования, начиная с самых ранних этапов. Средство содержит инструменты для моделирования целостности сигналов до и после проектирования топологии, оценки временных параметров, перекрёстных помех, а также анализа целостности питания.

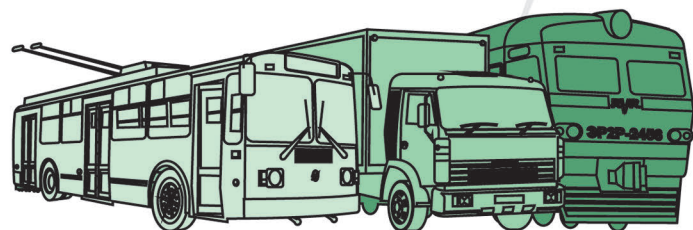
Среди новых возможностей последней версии продукта — поддержка моделей ИМС IBIS v5.0, учитывающих неидеальность питания, и мастер DDRx для проверки памяти DDR3 и DDR4, а также памяти с пониженным питанием LPDDR4.

www.circuitnet.com

Электроника

13-15 мая 2015 г.

Транспорт



Москва
КВЦ Сокольники

9-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

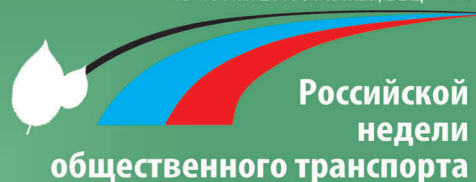
Информационные технологии для транспорта и транспортной инфраструктуры

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



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:



По мировым стандартам

В марте нынешнего года в Томской торгово-промышленной палате были вручены четыре очередных сертификата профессионального инженера стран Азиатско-Тихоокеанского экономического сотрудничества (АТЭС).



ТОМСКАЯ
ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ
ПАЛАТА

«Сертификат профессионального инженера свидетельствует о том, что его владелец как минимум семь лет успешно реализовывал себя в инженерной деятельности, руководил инженерными проектами, – отмечает президент Томской ТПП Аркадий Эскин. – К руководителям российских предприятий постепенно приходит понимание, что этим нужно заниматься. В условиях, когда наша страна вступила в ВТО, нужно играть по мировым правилам. То есть, инженеры должны проходить процедуру сертификации, подтверждать свою квалификацию перед профессиональным сообществом. Весь мир уже пошёл по этой дорожке, поэтому надо адаптировать международные критерии под наши реалии, традиции. Вместе с тем необходимо обеспечить совместимость с международными стандартами – чтобы наши аккредитованные образовательные программы признавались за рубежом, российские инженеры с международным сертификатом могли бы поехать в любую страну мира и конкурировать на равных с иностранными специалистами».

Сегодня существует множество проблем, которые стоят перед человечеством и требуют, в том числе, инженерных решений. Как бы громко это ни звучало, но современный этап развития инженерной деятельности характеризуется системным подходом к решению сложных научно-технических задач. Влияние инженерной деятельности становится глобальным, её решения перестают быть узкопрофессиональным делом, становятся предметом всеобщего обсуждения. Именно поэтому во многих развитых странах мира успешно функционирует система гарантий качества подготовки специалистов в области техники и технологий, основанная на сертификации и регистрации профессиональных инженеров. Такая система используется для подтверждения компетентности практикующих специалистов. Организации, объединяющие представителей



промышленности и бизнеса, устанавливают требования к уровню образования, опыту практической деятельности, непрерывному повышению квалификации и ряду других критериев для отбора специалистов с высокой квалификацией.

«В результате сложных процессов, которые сегодня происходят в экономике, очень остро стоит вопрос о том, чтобы принятием решений управлял наиболее компетентный квалифицированный человек, – говорит директор центра развития предпринимательства Томской ТПП Александр Гумилевский. – Такого специалиста в современном мире принято называть профессиональный инженер. Грубо говоря, есть инженеры-пусконаладчики, которые должны прочесть инструкцию и собрать прибор, а есть инженеры-разработчики, которые находятся на «острие атаки». И профессиональный инженер – на самом верху иерархической лестницы».

Задача создаваемых обществом механизмов – выделить кадры, которые называются профессиональными инженерами. Учитывая, что это элита, штучные специалисты, как правило, им обеспечивают привилегии и возможности для эффективной работы и обме-

на опытом в сообществе. В Малайзии, в Индии, в Китае, Японии или Америке статус профессионального инженера означает одно и то же – это качество, квалификация и компетенции. И в России с недавних пор можно влиться в ряды избранных. Кандидаты на статус профессионального инженера АТЭС проходят тщательную экспертную оценку со стороны ведущих инженеров, руководителей промышленных предприятий страны.

В системе аккредитации есть минимальные требования, связанные с наличием профильного образования, необходимым минимумом опыта работы по профессии и опыта по управлению проектами. Профессиональный инженер – это в первую очередь тот, кто способен решать сложные комплексные задачи. Поэтому и оценка – процесс довольно трудоёмкий.

«Для того чтобы оценить специалиста и признать его профессиональный уровень, нужны другие профессиональные инженеры, – говорит Александр Гумилевский. – Если в других странах этот вопрос давно решён – создан регистр, то в России процесс шёл довольно сложно. В 2009 году Ассоциация инженерного образования России (АИОР) направи-

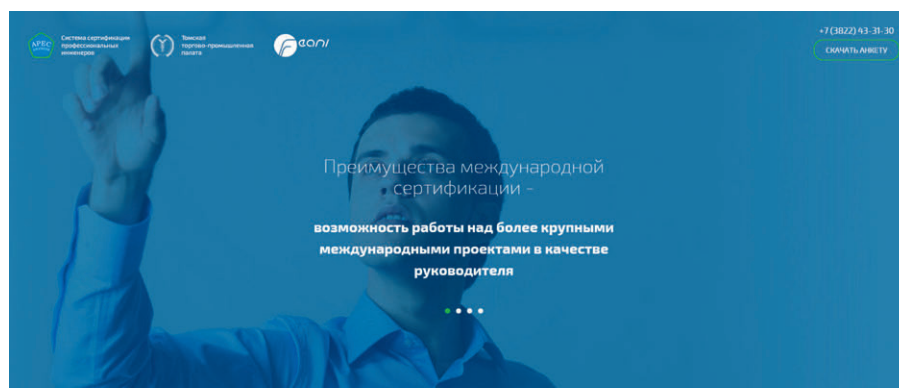
ла в секретариат Международного инженерного альянса заявку на присоединение к соглашению «Инженер АТЭС» (APCEEngineer), регулирующему признание критериев и процедур сертификации профессиональных инженеров в Азиатско-Тихоокеанском регионе. В 2010 году АИОР получила одобрение со стороны АТЭС и организовала первую сертификационную сессию. В качестве пилотного проекта апробация процедур нормативно-правовой и методической базы была организована на базе Томского политехнического университета (ТПУ). Но с определённого момента стало целесообразно эту функцию вывести на специализированную организацию. ТПП взяла эту работу на себя, нас поддержала администрация Томской области. И, собственно, проект развития системы международной сертификации и регистрации профессиональных инженеров в России был впервые представлен на конгрессе Международного инженерного альянса в июне 2013 года».

Ключевым звеном проекта стало развитие Центра международной сертификации профессиональных инженеров на базе Томской торгово-промышленной палаты. Основной задачей Центра является сертификация профессиональных инженеров Российской Федерации для признания их компетенций на уровне международных стандартов.

«В Японии на всю страну – около пятисот профессиональных инженеров. И в России мы сталкиваемся с такой же ситуацией, – констатирует Александр Гумилевский. – Получается, что профессиональным инженером становится один из десяти соискателей. И он попадает в это сообщество. Там лёгкие, подвижные люди, которые с интересом работают и развиваются. Профессионально взволнованные люди».

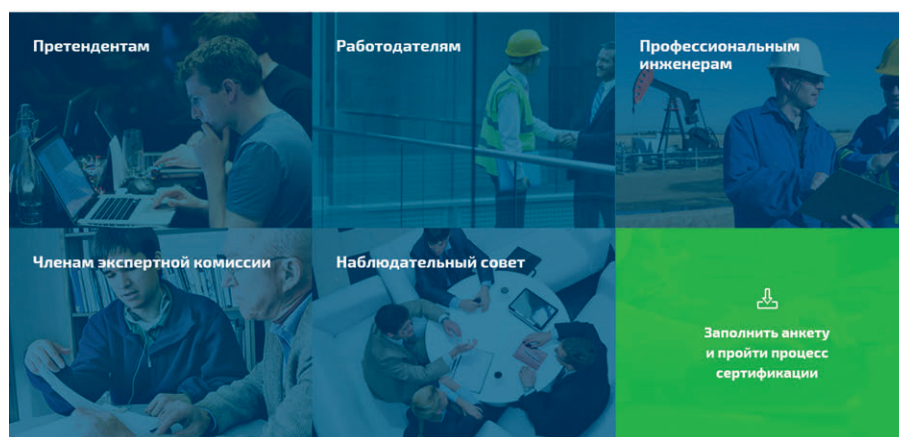
Для координации деятельности Центра международной сертификации при Томской ТПП был создан Наблюдательный совет, который ведёт работу по международной сертификации профессиональных инженеров, рассматривает и согласовывает кандидатуры в состав экспертов, привлекаемых к оценке универсальных и профессиональных компетенций претендентов на звание «Профессиональный инженер».

О статусе Наблюдательного совета говорит хотя бы тот факт, что возглав-



О центре

Центр международной сертификации профессиональных инженеров создан Томской торгово-промышленной палатой совместно с Администрацией Томской области, Ассоциацией инженерного образования России и Российским Союзом научных и инженерных общественных объединений. Центр осуществляет практическую деятельность по экспертизе и сертификации инженеров, обеспечивает информирование претендентов и сертифицированных инженеров, а так же их регистрацию в международных профессиональных информационных системах (регистрах).



ляет его президент ТПП России Сергей Катырин. В работе совета участвуют такие признанные эксперты, как генеральный директор и генеральный конструктор ОАО «Концерн «Вега» Владимир Верба, генеральный директор НП «Горнопромышленники России» Александр Вержанский, президент Союза нефтегазопромышленников России Геннадий Шмаль.

Какие дополнительные возможности получает инженер от международной сертификации? Во-первых, она позволяет специалисту показать свои знания, проверить себя – насколько он профессионален как инженер. Во-вторых, это основательное подспорье для карьерного роста. Международная сертификация убеждает работодателя, что данный специалист прошёл серьёзную экспертизу – он действительно профессионал.

Ничуть не меньшие выгоды от этой системы получают и сами работодатели – промышленные предприятия, научно-производственные объединения и т.д. Например, на Западе большое значение имеет наличие в компании, претендующей на получение какого-либо контракта, профессио-

нальных инженеров, получивших сертификацию профессионального сообщества. В России эта система только начинает приживаться. Поэтому отечественные предприятия часто делают ошибки, сообщая в заявке на международный тендер о наличии определённого количества «профессиональных инженеров». В результате проигрывают конкурсы. Чтобы получить сертификат профессионального инженера и попасть в международный регистр, недостаточно иметь диплом выпускника технического вуза. Специалисты должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к профессиональным инженерам в странах АТЭС.

Чтобы пройти процедуру международной сертификации, инженерам и руководителям предприятий и организаций нужно обратиться в Центр международной сертификации профессиональных инженеров на базе Томской торгово-промышленной палаты по телефонам (3822) 43-01-03, 43-29-58 или направить запрос e-mail: irpe@tomsktpp.ru.

Подробная информация и анкета-заявка размещены на сайте Центра <http://icc.tomsktpp.ru/>.



WIND RIVER

- Операционная система реального времени VxWorks 653 для интегрированной модульной авионики, сертифицируемая по DO-178B/C
- Средства разработки и конфигурирования, соответствующие DO-178B/C и поддерживающие процессы DO-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 DO-178B/C
- Полуавтоматическая генерация сертификационных документов
- Система поддержки сертификационного процесса DO-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

Реклама

© СТА-ПРЕСС

12+
реклама



С В Я З Ь Э К С П О К О М М 2 0 1 5

12–15 мая

 **ЭКСПОЦЕНТР**

Организаторы:

- ЗАО «Экспоцентр»
- Фирма «И.Джей.Краузе энд Ассоуэиэйтс, 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



Широкая полоса.

Анализатор сигналов серии UXA

Полоса анализа в режиме реального времени: 510 МГц

Динамический диапазон, свободный от побочных составляющих: более 75 дБн

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

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



Детальный анализ.

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

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



Unlocking Measurement Insights