

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

5

WWW.SOEL.RU

2017



В НОМЕРЕ:

- Военный подход к надёжности приборов волоконно-оптической гироскопии
- Повышение эффективности и надёжности DC/DC-преобразователей
- Оптимальное построение AC/DC-систем средней мощности
- Сегментированная память осциллографа для исследования импульсов ЛЧМ
- Осциллографические пробники для шин питания
- Два режима ШИМ в микроконтроллере ATTINY2313
- Об истории отечественной радиотелемеханики

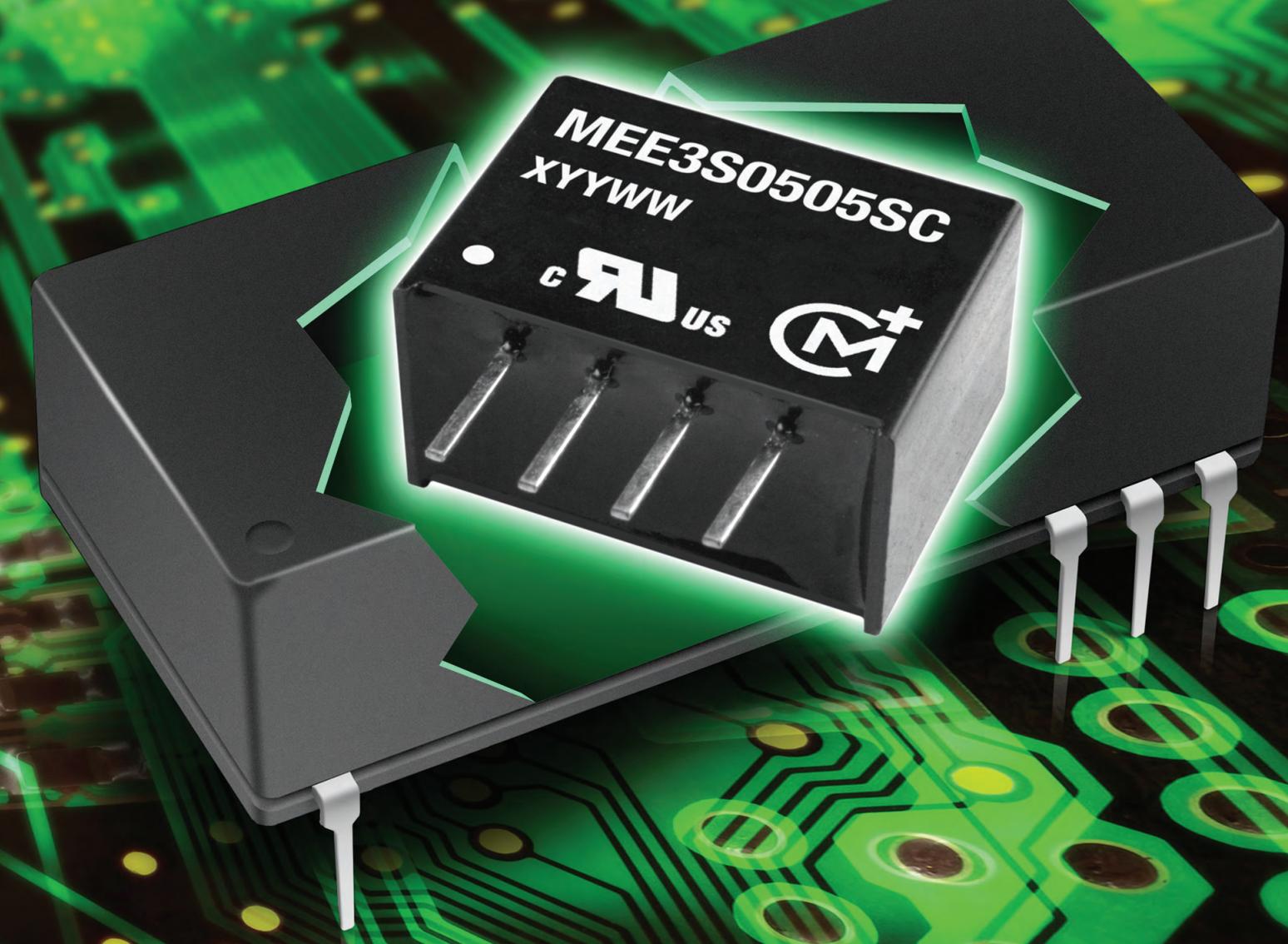
и многое другое...



App Store



Google Play



muRata **Ps**
Murata Power Solutions

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

MurataPS – один из мировых лидеров в разработке и производстве DC-DC преобразователей и AC-DC источников питания. Компания является членом ведущих организаций (PSMA, DOSA, EPSMA), занимающихся стандартизацией DC-DC преобразователей. Продукция MurataPS превосходит все существующие требования по эффективности преобразования энергии, миниатюризации корпусов и плотности мощности.

- DC-DC преобразователи стабилизированные и нестабилизированные
- Неизолированные POL DC-DC преобразователи
- Неизолированные DC-DC преобразователи для ИС памяти и микропроцессоров
- AC-DC преобразователи с высокой плотностью мощности

 www.platan.ru
ПЛАТАН

Москва
м. Молодежная
(495) 97 000 99
info@platan.ru

Москва
м. Электrozаводская
(495) 744 70 70
platan@platan.ru

Санкт-Петербург
м. Горьковская
(812) 232 88 36
baltika@platan.spb.ru

Power of ten

Выходи на новый уровень Осциллограф R&S RTB2000

Технологии Hi-End в бюджетном классе.

Серия осциллографов RTB2000 - 2 и 4 канала, полосы частот: 70, 100, 200, 300 МГц.
Бескомпромиссное превосходство в своем классе, благодаря мощной аппаратной части
и интуитивно понятному управлению.

Подробнее на сайте:

https://www.rohde-schwarz.ru/products/test_and_measurement/Oscilloscopes/RTB2000/



от
118400 ₺

Реклама

Главный редактор

А.А. Смирнов

Заместитель главного редактора

А.А. Хлынов

Редакционная коллегия

А.Е. Балакирев, В.К. Жданкин,
С.А. Сорокин, А.Н. Туркин,
Р.Х. Хахимов

Литературный редактор

О.И. Семёнова

Вёрстка

А.М. Бабийчук

Обложка

Д.В. Юсим

Распространение

И.С. Лобанова
(info@soel.ru)

Реклама

И.Е. Савина
(advert@soel.ru)

Учредитель и издатель ООО «СТА-ПРЕСС»

Генеральный директор К.В. Седов
Адрес учредителя, издателя
и редакции: ул. Чертановская,
д. 50, корп. 1, г. Москва, 117534
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

Подписные индексы по каталогу
агентства «Роспечать»:
на полугодие – 46459, на год – 36280.

Свободная цена

Отпечатано: ООО «МЕДИАКОЛОП»
Адрес: 105187, г. Москва, ул. Вольная, д. 28, стр. 10
Тел./факс: (495) 786-7714

Перепечатка материалов допускается только
с письменного разрешения редакции.
Ответственность за содержание рекламы
несут рекламодатели.
Ответственность за содержание статей
несут авторы.
Материалы, переданные редакции,
не рецензируются и не возвращаются.
Мнение редакции не обязательно совпадает
с мнением авторов.
Все упомянутые в публикациях журнала наименования
продукции и товарные знаки являются собственностью
соответствующих владельцев.

© СТА-ПРЕСС, 2017

5/2017 Contents

MARKET

Russian Market News	4
---------------------------	---

MODERN TECHNOLOGIES

Silicon and Arsenide Gallium Aluminum Technology: Creating M EF VLSI VCSEL and M FE VLSI Si. Part 3	10
--	----

Valeriy Svede-Shvets, Vladislav Svede-Shvets, Maksim Zinoviev

A Military Approach to Confirm the Reliability of the Fiber Optic Gyroscopy Instruments	16
---	----

Dmitriy Gamanuk, Nikolay Gamanuk

ELEMENTS AND COMPONENTS

Modern 32-bit ARM Microcontrollers Series STM32: Debugging Board F103C8T6 in the Arduino Development Environment	24
---	----

Oleg Valpa

Improving Efficiency and Reliability of High-Voltage DC/DC Converters	28
---	----

Viktor Zhdankin

DEVICES AND SYSTEMS

The Optimal Approach of Medium Power AC/DC Systems Construction	34
---	----

Sergey Vorobyev

Oscilloscope Segmented Memory and Pulse Analysis Software Provide FM Chirp Pulsed RF Evaluation	42
--	----

Brad Frieden

What is Special About Oscilloscope Probes for Power Rails?	46
--	----

Joel Woodward

ENGINEERING SOLUTIONS

The Instrumental Amplifier Use for Bridge Incorporating of Two Powerful Operational Amplifiers. Part 2	50
---	----

Aleksey Kuzminov

Autonomous Use of 4D Systems Intelligent Display Modules. Part 2	54
--	----

Pavel Redkin

Two Modes of 8-Bit PWM in the ATtiny2313 Microcontroller	60
--	----

Sergey Shishkin

CYFRAL Intercom Modification	64
------------------------------------	----

Sergey Abramov

DESIGN AND SIMULATION

PIC Controllers Programming Tools. Part 2	66
---	----

Vladimir Davydov

Multinomial Resistive Microchips Discrete Setting	70
---	----

Boris Bavykin, Ivan Vorobyev, Vladimir Bugrov

How a Team-Based Approach to PCB Power Integrity Analysis Yields Better Results	76
---	----

Brad Brim

The Rules Control System in Delta Design EDA. Part 2	80
--	----

Georgiy Shamanov



PAGES OF HISTORY

History of the Domestic Radiocontrol	84
--	----

Vladimir Bartenev

Содержание 5/2017

РЫНОК

- 4 Новости российского рынка

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 10 Кремниевая и арсенид-галлий-алюминиевая технология: создание М ЭФ СБИС VCSEL и М ФЭ СБИС Si. Часть 3

Валерий Сведе-Швец, Владислав Сведе-Швец, Максим Зиновьев

- 16 Военный подход к подтверждению надёжности приборов волоконно-оптической гироскопии

Дмитрий Гаманюк, Николай Гаманюк

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- 24 Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: отладочная плата F103C8T6 в среде разработки программ Arduino

Олег Вальпа

- 28 Повышение эффективности и надёжности высоковольтных DC/DC-преобразователей

Виктор Жданкин

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- 34 Оптимальный подход к построению AC/DC-систем средней мощности

Сергей Воробьёв

- 42 Применение осциллографа для исследования импульсов ЛЧМ

Брэд Фрайден

- 46 Что особенного в осциллографических пробниках для шин питания?

Джоэл Вудвард

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

- 50 Применение инструментального усилителя для мостового включения двух мощных ОУ. Часть 2

Алексей Кузьминов

- 54 Автономное применение интеллектуальных дисплейных модулей от 4D Systems. Часть 2

Павел Редькин

- 60 Два режима 8-разрядного ШИМ в микроконтроллере ATtiny2313

Сергей Шишкин

- 64 Доработка домофона CYFRAL

Сергей Абрамов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 66 Средства программирования PIC-контроллеров. Часть 2

Владимир Давыдов

- 70 Дискретная настройка многоминальных резистивных микрочипов

Борис Бавыкин, Иван Воробьёв, Владимир Бугров

- 76 Применение командного подхода к анализу системы питания на ПП

Брэд Брим

- 80 Система управления правилами в САПР Delta Design. Часть 2

Георгий Шаманов



СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

- 84 Об истории отечественной радиотелемеханики

Владимир Бартнев

ПОДПИСКА

2017

Концепция распространения журнала – бесплатная подписка для специалистов.



Предусмотрена подписка на печатную версию журнала или его электронный вариант.

Условие сохранения такой подписки – своевременное её продление на каждый последующий год.

Редакция напоминает о необходимости продления подписки на 2017 год.

Электронная версия для мобильных устройств

Скачивайте бесплатное приложение «Современная электроника» в **Google Play** для пользователей устройств на платформе Android (в разделе «Приложения/Бизнес») и **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.

ПЛАТНАЯ ПОДПИСКА

Преимущества:

- журнал будет гарантированно доставлен, тогда как при бесплатной подписке редакция гарантирует только отправку, но не доставку журнала;
- подписаться может любой желающий;
- эту подписку могут оформить иностранные граждане.

«Роспечать»

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

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

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

«Урал-Пресс»

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

Читатели из дальнего зарубежья

могут оформить подписку через агентство

«МК-Периодика»

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

Новости российского рынка

СОБЫТИЯ

Keysight запустила серию семинаров HOTSPOTS по основам измерений

Чтобы оставаться на переднем крае быстро развивающихся технологий, необходимо постоянно совершенствовать свои знания и практические навыки. Семинары Keysight HOTSPOTS – это технические семинары, которые предлагают наиболее детальную и актуальную информацию в области передовых измерительных технологий, а также возможность самостоятельно провести измерения на демо-оборудовании.

Программа HOTSPOTS охватывает следующие темы:

- Основы измерений параметров ВЧ- и СВЧ-сигналов;
- Основы тестирования высокоскоростных цифровых устройств;

- Разработка и тестирование преобразователей электрической энергии;
 - Основы измерений параметров материалов и устройств;
 - Разработка и тестирование устройств Интернета вещей (IoT);
 - Управление парком измерительного оборудования.
- Ближайшие мероприятия:
- Основы тестирования высокоскоростных цифровых устройств (Пенза – 8 июня, Санкт-Петербург – 13 июля);
 - Основы измерений параметров ВЧ- и СВЧ-сигналов (Саратов – 6 июня, Пенза – 8 июня, Санкт-Петербург – 12 июля, Архангельск – 23 августа);

- Разработка и тестирование преобразователей электрической энергии (Москва – 30 мая);
- Основы измерений параметров материалов и устройств (Нижний Новгород – 20 июня).

www.keysight.ru/find/russia_events



Семинар Crane Aerospace & Electronics для специалистов космической отрасли

11 апреля 2017 г. компания Crane Aerospace & Electronics (поставляет продукцию под торговой маркой Interpoint) провела семинар для технических специалистов, разрабатывающих аппаратуру ракетно-космической техники.

Продукция компании хорошо известна российским разработчикам авиационно-космической техники, поэтому на семинаре основное внимание было уделено новым и перспективным моделям радиационно-стойких DC/DC-преобразователей для работы от бортовых сетей повышенного напряжения 42 и 100 В.

Среди новинок 15-ваттные преобразователи серии SMHF42, предназначенные для работы в системах электропитания с диапазоном напряжения от 35 до 50 В. Причём модули для создания прототипов (ОО) уже доступны для заказа. Модули преобразователей, квалифицированные по Class H и Class K, для применения в аппаратуре космических аппаратов будут доступны для заказа в марте 2017 г. Планируется предлагать модели с уровнем дозовой стойкости 50 и 100 крад (Si) и уровнем чувствительности к одиночным ядерным частицам с линейными потерями энергии (ЛПЭ) до 86 МэВ·см²/мг.

В настоящее время отмечается тенденция к дальнейшему увеличению мощности, генерируемой на борту современных и перспективных космических аппаратов. При этом необходимо уменьшать массу и объём всего бортового энергетического комплекса. Данное противоречие можно разрешить только реализацией двух процессов: повышением эффективности всех потребителей энергии и повышением эффективности преобразователей энергии. Повышение эффективности потребителей электроэнергии, т.е. функционально необходимой аппаратуры, достигается, в основном, методами комплексной миниатюризации, обеспечивающими существенное уменьшение массы, объёма и потребления энергии. Существенное уменьшение массы и объёма систем электрооборудования достигается применением новых принципов действия источников электропитания, электроприводов и интегрально-гибридных конструкций силовых устройств. Применение систем постоянного повышенного напряжения становится весьма желательным условием реализации новых систем. Модульные

принципы построения радиоэлектронных средств специального назначения широко внедрены в практику и являются основой создания современной номенклатуры источников вторичного электропитания. Применение в системах электропитания современных КА промежуточного напряжения постоянного тока 100/120 В требует применения в распределённой части системы вторичного электропитания модулей, способных работать в диапазоне напряжений 80...160 В. Для таких систем компания Crane Aerospace & Electronics предлагает радиационно-стойкие 40-ваттные DC/DC-преобразователи серии SMP120 со встроенным на входе помехоподавляющим фильтром и ограничителем пускового тока. Предлагаются высокоэффективные одноканальные модули с КПД более 80% с выходными напряжениями 5 и 28 В. В дальнейшем (в течение 2017 г.) планируется расширить серию трёхканальными моделями с выходными напряжениями +3,3/±12 В, +3,3/±15 В, +5/±12 В и +5/±15 В.

Одноканальные модели серии SMP120 для создания макетов (ОО) уже доступны для заказа, модели, квалифицированные по Class H и Class K, будут доступны для заказа в середине 2017 г. Модули серии SMP120 характеризуются уровнем дозовой стойкости до 100 крад (Si) и уровнем чувствительности к эффектам от отдельных ядерных частиц с линейными потерями энергии до 86 МэВ·см²/мг.

Заказать модули серий SMHF42, SMP120 и другую продукцию Crane Aerospace & Electronics можно в компании ПРОСОФТ.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636



Новости российского рынка

ИНСТРУМЕНТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Барокамера для поверки метрологических приборов

Научно-производственная фирма «НПФ Технология», производитель климатического испытательного оборудования, разработала и произвела нестандартную барокамеру с возможностью увеличения давления до 1100 гПа. Данная камера может использоваться для калибровки и поверки барометрического оборудования.

Типовые барокамеры данного производителя включают модификацию серии «ТБК» с диапазоном давления от атмосферного до 1,3 гПа и модификацию серии «ВК» с давлением до 10^{-7} гПа с возможностью охлаждения и нагрева рабочего пространства. Камера, о которой идёт речь, была произведена по заказу гидрометеорологического центра в соответствии с техническим заданием. Поскольку данная модификация значительно отличается от барокамер, серийно производимых «НПФ Технология», её производство включало полный цикл – от разработки конструкторской документации до финальных доработок согласно пожеланиям заказчика.

Конструктивно барокамера состоит из сварного герметичного алюминиевого корпуса, установленного на стальную раму. Для свободного перемещения камеры рама оснащена опорными роликами с фиксаторами стопора, предотвращающими случайный откат оборудования. Особенностью корпуса рабочего объёма является то, что его можно вращать на 90° , обеспечивая таким образом как вертикальную, так и горизонтальную загрузку образцов и различное их положение. Вращение корпуса происходит за счёт крепления на базе

подшипниковых узлов. С каждой стороны, в районе подшипниковых узлов, на корпусе установлены фиксаторы положения корпуса. В рабочем объёме камеры расположены выводы технологических патрубков и алюминиевая полка.

Доступ в рабочий объём осуществляется посредством алюминиевой двери, плотно прилегающей к корпусу за счёт использования регулируемых прижимных замков по периметру камеры и силиконового уплотнителя. Дверь оборудована ручками для открывания, газлифтом и механическим устройством для фиксации положения открытой двери. Наблюдение за образцами осуществляется через большое смотровое окно, расположенное на двери.

Барокамера данного типа производства «НПФ Технология» позволяет воспроизводить давление в диапазоне 10...1100 гПа. Время, необходимое для достижения нижнего значения диапазона измерений (10 Па), – не более 120 минут. Для создания избыточного давления в нижней части камеры установлен компрессор с ресивером. Управление давлением осуществляется с дисплея. При установке необходимого значения вакуума включается вакуумный насос. Достижение установленных значений вакуума и давления осуществляется при помощи электромагнитных клапанов. Уравновесить давление до нужного значения можно с помощью вентиля точного натекателя в ручном режиме.

Для управления камерой используется современный микропроцессорный программируемый контроллер Omron, расположен-



ный на отдельной панели. Панель оборудована дисплеем 5,6 дюйма для управления работой камеры и разъёмом Ethernet. При подключении LAN-кабеля возможно подключение к ПК для сохранения данных. Программное обеспечение для контроллеров, устанавливаемых на климатические установки «НПФ Технология», является уникальным, поскольку разработано специалистами производственной компании совместно с программистами Omron с целью автоматизации управления камерой, задания множества различных установок, сохранения и обработки данных.

Камера оснащена патрубками для подключения технологических линий, вакуумных натекателей, датчика давления и других вспомогательных устройств. Сбоку камеры установлена система механического встряхивания образцов. В корпус камеры по желанию заказчика монтируются электрогерморазъёмы. Данный образец термобарокамеры работает от сети 220 В $\pm 5\%$ / 50 Гц, однако возможно производство установки, рассчитанной на электропитание 380 В.

Приобрести аналогичную камеру можно непосредственно у производителя: «НПФ Технология» находится в Санкт-Петербурге, но поставляет производимое оборудование по всей России и в дружественные страны. Предприятие занимается производством, обслуживанием и ремонтом различного климатического оборудования, позволяющего проводить испытания в сфере электротехники, авиации, космонавтики, приборостроения и оборонного назначения. Собственные производственные мощности, многолетний опыт и профессионализм коллектива обеспечивают возможность не только выпуска типового оборудования, но и решения нестандартных задач.

www.clim-tech.ru
Тел.: (812) 981-2080



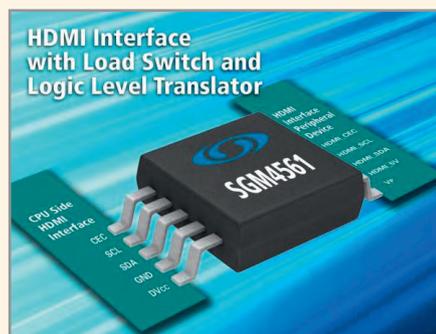
Новости российского рынка

РЫНОК

ПЛАТАН – официальный дистрибьютор SG-Micro

Компания ПЛАТАН заключила соглашение о статусе официального дистрибьютора с производителем высокоэффективных аналоговых микросхем SG-Micro.

Китайская компания SG-Micro Corp работает на рынке с 2003 г. и является не только производителем микросхем, но и поддерживает многонациональный штат разработчиков и инженеров для вывода на рынок собственных разработок. Сайт компании – www.sg-micro.com.



Компания представляет на рынке более тысячи аналоговых микросхем в 15 группах, куда входят высокоскоростные операционные усилители 1,5 ГГц, прецизионные ОУ, компараторы со сверхнизким током потребления 300 нА, маломощные усилители 50 МГц, малопотребляющие LDO-регуляторы 300 мА, аналоговые ключи 0,4 Ом, микропроцессоры, видеобуферы, микросхемы драйверов для белых светодиодных диодов, высокоэффективные DC/DC-преобразователи, ИС-зарядки литиевых батарей и др.

Пять лет назад руководство компании приняло стратегическое решение о выходе на международные рынки сбыта, включая Европу и Японию. Для продвижения товара на этих рынках было выбрано четыре семейства аналоговых микросхем.

info@platan.ru

Тел.: (495) 970-0099

Специалистов будут готовить на базе отечественной САПР ПП



Компания «Эремекс», российский разработчик программного обеспечения для автоматизации проектирования электроники, объявила о начале сотрудничества с Нижегородским государственным техническим университетом им. Р.Е. Алексеева.

В рамках сотрудничества «Эремекс» предоставит Университету учебные комплекты САПР Delta Design – отечественной системы автоматизированного проектирования электроники сквозного цикла, а также проведёт ряд обучающих семинаров и окажет содействие в подготовке учебно-методических материалов.

В каждый учебный комплект входит полный комплекс средств для проектирования печатных плат (ПП) и моделирования электронных схем Delta Design, в том числе автоматический топологический трассировщик, редактор топологии ТороR и система аналогового моделирования электронных схем Delta Design SimOne.

«Сегодняшние студенты – это завтрашние сотрудники предприятий. Мы уделяем большое внимание поддержке ведущих российских вузов, в числе которых и НГТУ им. Алексеева, – делится планами заместитель директора по развитию компании «Эремекс» Евгений Корнильев. – Наша цель – помочь вузам в подготовке высококвалифицированных инженерных кадров на базе российского ПО, отвечающего современным требованиям проектирования радиоэлектронной аппаратуры и подготовки конструкторской документации по российским стандартам. Мы стремимся к тому, чтобы наше сотрудничество в целом повысило уровень подготовки специалистов и их востребованности на российских предприятиях».

Кроме того, компания «Эремекс» и НГТУ уже рассматривают возможность создания на базе университета учебного центра по подготовке специалистов промышленных предприятий.

«Университет сотрудничает с большим числом высокотехнологичных предприятий и организаций России. Особенно нам важно взаимодействие с теми работодателями, кто активно участвует в формировании образовательного процесса, – говорит проректор по учебной работе НГТУ Е.Г. Ивашкин. – Предоставление компанией «Эремекс» ПО для наших студентов будет способствовать не только освоению нашими выпускниками передовых отечественных технологий проектирования, но и программной независимости российских предприятий».

www.eremex.ru

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

«ПЛАНАР» представляет новый векторный рефлектометр SABAN R180

SABAN R180 предназначен для измерения комплексного коэффициента отражения в различных коаксиальных и волноводных трактах в диапазоне частот от 1 МГц до 18 ГГц.

Лёгкий и компактный рефлектометр (габариты 126 × 97 × 36 мм, вес 500 г) можно эксплуатировать как в полевых условиях, так и в условиях промышленного производства и лабораторий, в составе автоматизированных измерительных станций. SABAN R180 возможно непосредственно подключать к измеряемому устройству без использования измерительного СВЧ-кабеля. Это повышает точность измерений, удешевляет эксплуатацию прибора и позволяет экономить вре-

мя на процедуре калибровки, которую можно выполнять реже и в удобных условиях.

Рефлектометр работает под управлением внешнего компьютера. Связь с компьютером осуществляется через интерфейс USB Type-C. Питание прибора осуществляется от внешнего источника питания, возможно питание от USB. Программное обеспечение позволяет использовать векторный рефлектометр как с персональными компьютерами, так и с планшетами.

Основные технические характеристики SABAN R180:

- диапазон частот от 1 МГц до 18 ГГц;
- импеданс 50 Ом;
- число портов – 1, тип N, вилка;
- измеряемые параметры: S_{11} , потери в кабеле / S_{11} , IS_{21} , IS_{12} , S_{22} (при использовании двух рефлектометров);



- динамический диапазон измерений: 110 дБ (<6 ГГц) / 94 дБ (>6 ГГц), тип.;
- диапазон регулирования выходной мощности от –15 до 0 дБ/мВт, тип.;
- время измерения на одной частоте 100 мкс;
- энергопотребление 8 Вт.

www.planarchel.ru

Тел.: (351) 729-9777

Новости российского рынка

Сверхтонкие ИП для монтажа на DIN-рейку для промышленных применений

Компания XP Power объявила о начале выпуска серии DPC – высокоэффективных сверхтонких источников питания AC/DC для монтажа на DIN-рейку. Доступные в исполнениях с выходными мощностями 30, 50 и 70 Вт одноканальные модели способны работать от сети переменного тока с предельными отклонениями напряжения от 90 до 264 В без необходимости применения каких-либо селекторных переключателей. Занимающие значительно меньше места на рейке, так как на 44% тоньше, чем современное поколение источников питания для монтажа на DIN-рейку, 30-ваттные модели серии DPC30 имеют размеры 90 × 100 × 22,5 мм. 50-ваттные модули серии DPC50 имеют габаритные размеры 90 × 100 × 30 мм, а 70-ваттные модули серии DPC70 – 90 × 100 × 40,5 мм.

Обеспечиваются все популярные номинальные значения выходных напряжений от +5 до +48 В, которые могут быть изме-

нены на +30% от номинального значения, для того чтобы приспосабливаться к нестандартным требованиям к напряжению или компенсировать потери напряжения на соединительных линиях. Все модели содержат светодиод для индикации включения выходного напряжения.

Эти эффективные по использованию энергии источники питания имеют типичные значения КПД: 86% (DPC30), 87% (DPC50) и 89% (DPC70). Обе серии DPC30 и DPC50 достигают очень низкого значения потребляемой мощности <0,3 Вт в режиме холостого хода, серия DPC70 потребляет <0,5 Вт в режиме холостого хода. Полная выходная мощность обеспечивается при работе в диапазоне входного напряжения 100–264 В и в диапазоне температур –25...+50°C без необходимости снижения мощности. Предельная рабочая температура превышает +70°C.

Серия DPC соответствует требованиям к безопасности стандарта EN/IEC60950-1, а также требованиям к электромагнитной совместимости, установленными стандар-



том EN55032 Class B к кондуктивным помехам и помехам излучения. Источники питания также соответствуют стандарту UL508 к промышленной аппаратуре управления.

Типичные применения модулей серии DPC включают автоматизированные системы управления, системы управления технологическим процессом и различные другие промышленные применения.

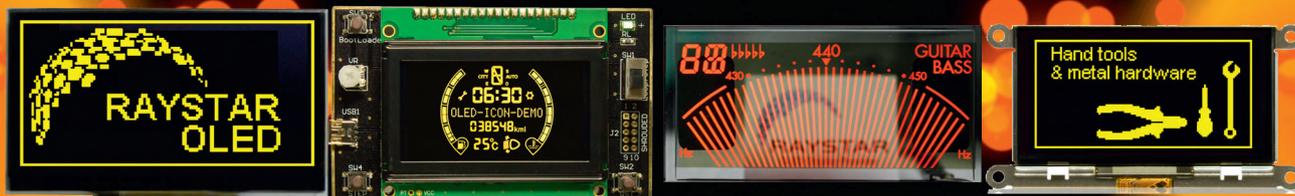
Применение клемм с винтовым креплением для входных и выходных соединений обеспечивает надёжный, быстрый и удобный монтаж модулей.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636



Лучшая замена ЖК-панелям

OLED-дисплеи Raystar



Специсполнение по ТЗ заказчика

Прозрачные модели

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

Характеристики

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

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

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ RAYSTAR

PROSOFT®

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



Новости российского рынка

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

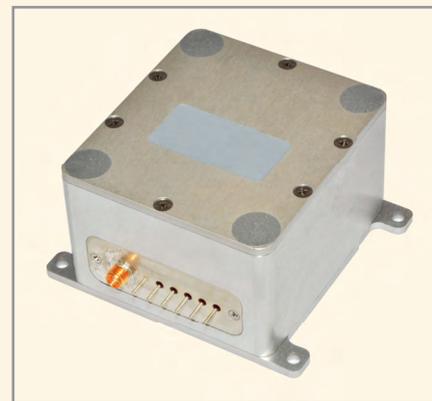
Ультрпрецизионный малощумящий термостатированный кварцевый генератор ГК336-ТС

АО «МОРИОН» – ведущее предприятие России и один из мировых лидеров в области разработки и серийного производства прецизионных пьезоэлектронных приборов стабилизации и селекции частоты – представляет новый ультрпрецизионный малощумящий термостатированный кварцевый генератор ГК336-ТС.

Данный прибор, на сегодняшний день – единственный в мире, обладает уникальной совокупностью характеристик: кратковременная нестабильность частоты (девиация Аллана) составляет до 8×10^{-14} за секунду для частоты 10 МГц, уровень фазовых шумов при отстройке

1 Гц – менее -120 дБн/Гц, а при 10 кГц – менее -160 дБн/Гц. При этом генератор обеспечивает температурную нестабильность частоты до $\pm 2 \times 10^{-11}$ в интервале рабочих температур $-10 \dots +60^\circ\text{C}$ и долговременную нестабильность частоты до $\pm 1 \times 10^{-8}$ за год. Генератор имеет напряжение питания 12 В и синусоидальный выходной сигнал.

Генератор ГК336-ТС, в частности, предназначен для применения в различных спутниковых системах, атомных стандартах частоты, а также в качестве прецизионного опорного генератора для различного научного и метрологического оборудования.



Вариант генератора с управлением частотой планируется к выпуску в третьем квартале 2017 г.

www.morion.com.ru

Высокоэффективные диоды Шоттки от International Rectifier

Компания International Rectifier (подразделение HiRel) предлагает диоды Шоттки серии 30SCLJQ030 с выводом от средней точки, специально разработанные для удовлетворения жёстким требованиям к стойкости к внешним воздействующим факторам. Сборка из двух диодов (с отводом от общей точки катодов диодов) выполнена в герметичном керамическом корпусе SMD-0.5 для поверхностного монтажа. Прямое падение напряжения и токи утечки при обратном смещении оптимизированы для наименьших потерь мощности и наивысшей эффективности схемы для типичных высокочастотных импульсных источников питания и резонансных источников питания. Диоды в полной мере отвечают требованиям стандарта

MIL-PRF-19500 к процедуре подтверждения качества. Доступны исполнения с уровнями качества вплоть до Space.

Известно, что барьер Шоттки имеет небольшую электрическую ёмкость перехода. Это позволяет заметно повысить рабочую частоту диода. В силовой электронике малая ёмкость перехода позволяет создавать выпрямители, работающие на частотах в сотни килогерц и выше.

Основные параметры диодной сборки 30SCLJ030:

- ток через диод при прямом смещении равен 30 А;
- прямое напряжение 0,82 В;
- максимальное значение пикового тока через диод (длительность 8,3 мс) составляет 130 А;



- максимальное значение рабочего обратного напряжения равно 30 В;
- диапазон рабочих температур и температур хранения $-55 \dots +150^\circ\text{C}$;
- вес сборки 1 г.

www.irf.com/hirel

Графические OLED-дисплеи Raystar для портативного оборудования

Компания Raystar выпустила малоформатные графические OLED-дисплеи серии REX006448A с размером экрана 0,66 дюймов по диагонали и разрешением 64×48 пикселей.

Встроенный кристалл драйвера SSD1306BZ соединяется с выводами по технологии COG (Chip On Glass) – кристалл монтируется на стеклянной подложке пассивно-матричного OLED-дисплея. Такой метод позволяет уменьшить габариты (высота составляет всего лишь 1,3 мм) и вес устройства. Контроллер поддерживает последовательные интерфейсы: четырёхпроводной SPI и I²C.

Высокая контрастность OLED-дисплея (2000:1) позволяет получить весьма качественное изображение, которое визуаль-

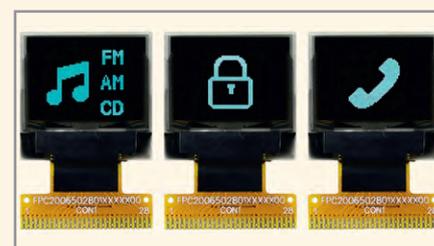
но воспринимается как яркое и отчётливое даже при не очень высокой яркости свечения экрана $80\text{--}100$ кд/м² (показатель зависит от цвета свечения). Компактный дисплей предназначен для применения в носимых устройствах, MP3-плеерах, персональных медицинских приборах, компактных устройствах записи и т.д.

Стандартные модели дисплеев серии REX006448A имеют белый и небесно-голубой цвета свечения экрана.

Устройства работают и хранятся в широком диапазоне температур $-40 \dots +80^\circ\text{C}$.

Основные характеристики OLED-дисплеев Raystar серии REX006448A:

- размер экрана по диагонали 0,66 дюймов;
- разрешение 64×48 точек;
- габариты $18,46 \times 18,1 \times 1,3$ мм;



- рабочая площадь экрана $13,42 \times 10,06$ мм;
- размер пикселя $0,185 \times 0,185$ мм;
- шаг пикселя $0,210 \times 0,210$ мм;
- тип дисплея пассивно-матричный (PMOLED);
- белый и небесно-голубой цвета свечения;
- коэффициент мультиплексирования строк 1/48;
- микросхема контроллера точечной матрицы SSD1306BZ;
- интерфейс 6800/8080/SPI/I²C.

www.prosoft.ru



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

Кремниевая и арсенид-галлий-алюминиевая технология: создание М ЭФ СБИС VCSEL и М ФЭ СБИС Si

Часть 3

Валерий Сведе-Швец, Владислав Сведе-Швец, Максим Зиновьев (Москва)

В статье описываются технологические методы создания матриц лазеров вертикального излучения М ЭФ СБИС VCSEL и фотоприёмников многоканальных оптических сигналов для М ФЭ СБИС Si. Приводятся электрические характеристики и технические параметры работы изделий. Отмечаются преимущества и недостатки их конструкций.

ЛАЗЕРЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КАК ГЕНЕРАТОРЫ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ – М ЭФ СБИС VCSEL

Одним из наиболее оптимальных решений в построении оптических соединений является использование матриц вертикально-излучающих лазеров. Вертикально-излучающие лазерные диоды VCSEL (Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser) диапазона длин волн 850/980 нм в последнее время находят всё более широкое применение. Они стали базовыми приборами для оптоволоконных систем передачи данных на большие расстояния (сотни метров) со скоростями от сотен Мбит/с до 10 Гбит/с.

Разработанные 3D М ЭФ М VCSEL совместно с 3D М ФЭ СБИС Si функционального ряда используются для передачи информации в оптическом виде по многоканальным линиям связи. Схематехнические решения конструкции подразумевают использование монта-

жа методом Flip-Chip матрицы ВИЛ для изготовления 3D М ФЭ М функционального ряда.

Конструкция излучателя на основе VCSEL для матрицы 3D М ФЭ М изображена на рисунке 11.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ VCSEL

В данной конструкции излучателя оптический резонатор VCSEL образован верхним оксидированным (AlO/GaAs) или полупроводниковым (AlGaAs/GaAs) распределённым брэгговским отражателем (РБО), нижним нелегированным полупроводниковым РБО AlGaAs/GaAs и активной областью с двумя контактными слоями n- и p-GaAs, содержащей одну или несколько квантовых ям (КЯ) InGaAs. Область протекания тока ограничивается в латеральном направлении оксидированными апертурами.

Технология изготовления матричных излучателей включает: получение эпитаксиальных структур VCSEL мето-

дом молекулярно-пучковой эпитаксии (МПЭ), плазменное травление многоступенчатых матричных меза-структур, селективное оксидирование слоёв AlGaAs, формирование омических контактов к слоям n- и p-типа, пассивацию поверхности диэлектрическими плёнками и формирование контактных площадок. Кроме того, дополнительно используются технология формирования столбиковых выводов и технология пассивации слоев полиамида.

Основными операциями базового технологического процесса изготовления VCSEL для матрицы 3D М ФЭ М являются:

- выращивание эпитаксиальной структуры VCSEL методом МПЭ;
- формирование первой меза-структуры (травление до p-слоя);
- формирование второй меза-структуры (травление до n-слоя);
- селективное оксидирование (формирование токовых апертур);
- формирование p-контакта;
- формирование n-контакта;
- пассивация поверхности диэлектриком;
- формирование металлизации контактных площадок;
- пассивация полиамидом;
- формирование столбиковых выводов;
- контроль параметров VCSEL на пластине.

Перечень слоёв эпитаксиальной гетероструктуры для VCSEL-матрицы представлен в таблице 1.

В используемой конструкции VCSEL омические контакты формируются к скрытым слоям GaAs p- и n-типа. Поэтому необходима прецизионная и воспроизводимая технология травления многослойных гетероструктур с РБО, позволяющая формировать многоступенчатые меза-структуры. При этом требуемая точность по глубине травления составляет ~0,05 мкм.

Изоляция осуществляется травлением двухступенчатой меза-структуры. На рисунке 12 представлена микрофото-

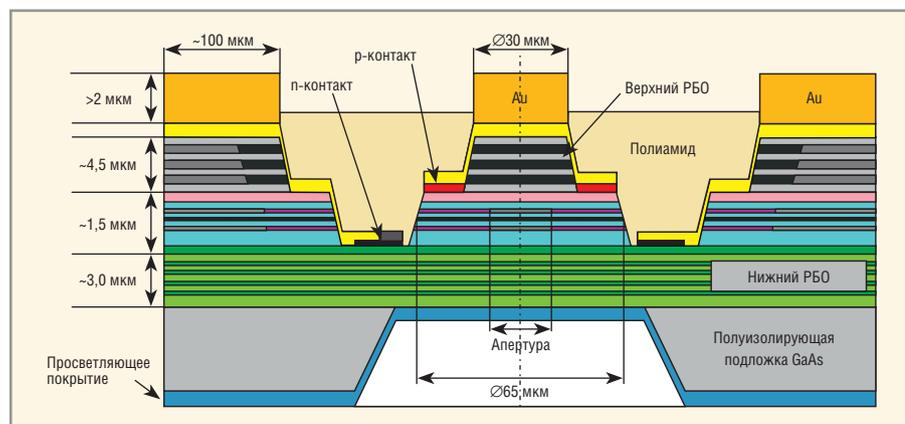


Рис. 11. Конструкция VCSEL для матрицы 3D М ФЭ М

графия меза-структуры VCSEL после сухого травления.

Боковая поверхность меза пассивируется слоем диоксида (SiO₂) или нитрида кремния (Si₃N₄). Площадка р-контакта размещена непосредственно над активной областью, что существенно улучшает отвод тепла от активной области VCSEL. При этом площадки контактов n- и p-типа расположены строго в одной плоскости, что принципиально для успешной реализации монтажа методом перевёрнутого кристалла (Flip-Chip).

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ 3D М ЭФ СБИС VCSEL

3D М ЭФ СБИС VCSEL реализует задачу дискретных бинарных или многоуровневых амплитудно-модулированных информационных сигналов и предназначена для скоростного обмена информацией по многоканальным оптическим линиям связи. Для реализации этих целей кристалл содержит матрицу из 64 излучателей:

- формат интегральной матрицы VCSEL составляет 8 × 8;
- 64 оптических независимых каналов вывода;
- скорость модуляции до 40 ГГц;
- длина волны 850–970 нм;
- пороговый ток I = 0,29 мА;
- дифференциальная эффективность N = 0,7 Вт/А;
- последовательное сопротивление R = 250 Ом;
- пороговое напряжение V = 2 В;
- модуляция – импульсно-кодовая с непосредственной модуляцией мощности оптического излучения;
- канальное управление с произвольной выборкой.

На рисунке 13 представлены вольт-амперная характеристика и показатель мощности реализованных VCSEL.

Измерения проводились на пластине в непрерывном режиме, вывод излучения – через подложку, диаметр мезы – 28 мкм, диаметр апертуры – 6 мкм. Характеристики разработанного лазерного излучателя VCSEL приведены в таблице 2.

Для передачи информации оптическими импульсами применяются одномодовый или многомодовый режимы оптического излучения, а для реализации 3D М ЭФ СБИС VCSEL выбран 2D-массив излучателей – VCSEL с технологией изготовления интегральных кристаллов на основе гетероструктур InGaAlAsP.

Таблица 1. Перечень слоёв эпитаксиальной гетероструктуры для VCSEL-матрицы

Наименование слоя	Материал	Состав	Толщина слоя, нм
р-контактный слой	GaAs		130
Верхний РБО, часть 3	Al _x Ga _{1-x} As	Градиент по составу x = 0,0...0,82	8
	Al _x Ga _{1-x} As	x = 0,82	72
	Al _x Ga _{1-x} As	Градиент по составу x = 0,82...0,0	8
Верхний РБО, часть 2	GaAs		64
	Al _x Ga _{1-x} As	Градиент по составу x = 0,0...0,90	8
	Al _x Ga _{1-x} As	x = 0,90	72
Верхний РБО, часть 1	Al _x Ga _{1-x} As	Градиент по составу x = 0,0...0,93	8
	Al _x Ga _{1-x} As	x = 0,93	72,5
	Al _x Ga _{1-x} As	Градиент по составу x = 0,93...0,0	8
Апертурные слои	GaAs		45
	Al _x Ga _{1-x} As	Градиент по составу x = 0,0...0,98	15
	Al _x Ga _{1-x} As	x = 0,98	50
	Al _x Ga _{1-x} As	Градиент по составу x = 0,98...0,0	15
	GaAs		45
	Al _x Ga _{1-x} As	Градиент по составу x = 0,0...0,98	15
Слой активной области	Al _x Ga _{1-x} As	x = 0,15	130
	GaAs		15
	In _y Ga _{1-y} As	y = 0,15	8
	GaAs		12
	In _y Ga _{1-y} As	y = 0,15	8
	GaAs		15
Нижний РБО, часть 2	Al _x Ga _{1-x} As	x = 0,15	115
	GaAs		64
	Al _x Ga _{1-x} As	Градиент по составу x = 0,0...0,82	8
п-контактный слой	GaAs		0,282
	GaAs		68
Нижний РБО, часть 1	Al _x Ga _{1-x} As	x = 0,82	80,5
	GaAs		200
Буферный слой	GaAs		200
Полуизолирующая подложка	GaAs		625 000

Основными достоинствами VCSEL являются:

- технологичность производства 2D-массива излучателей;
- узконаправленный и интенсивный спектр оптического излучения;
- малое значение порогового тока накачки;
- линейная зависимость мощности оптического излучения от тока накачки.

На рисунке 14 представлен чертёж кристалла матрицы VCSEL.

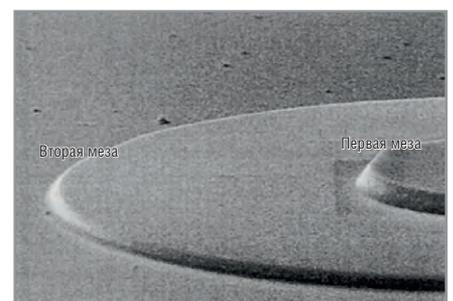


Рис. 12. Микрофотография мезоструктуры VCSEL после сухого травления

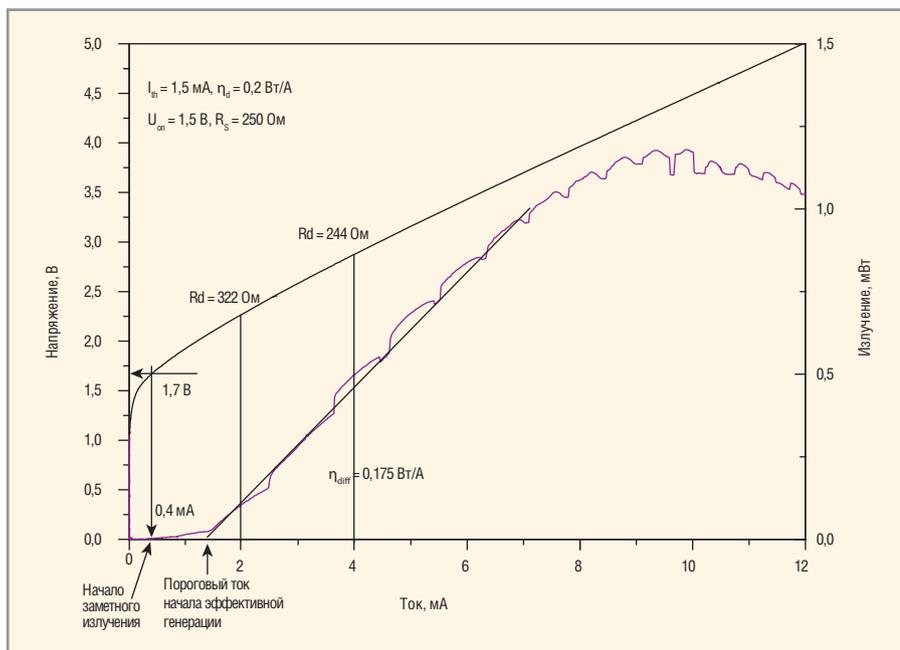


Рис. 13. Вольтамперная характеристика и показатели мощности реализованных вертикально излучающих лазеров

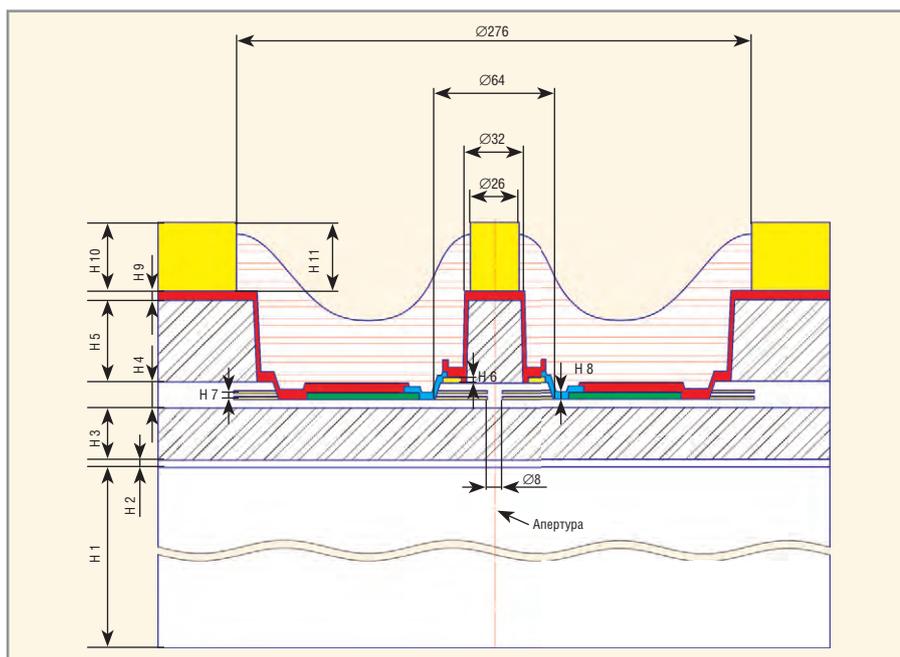


Рис. 14. Чертёж кристалла матрицы VCSEL

Таблица 3. Стоимость производства кристалла по технологии 180 нм КМОП SOI фирмы XFAB с технологическими нормами XT018 (цены 2013 г.)

Технологические операции	Стоимость технологических операций, €	
Подготовка	1050	
Изготовление одной фотолитографии шаблона	1150	
Маска	2xMLM	75 100
	Однослойная	104 500
Запуск	3/1	15 500
	6/3	29 300
Прерывание производственного цикла	1 060	

Таблица 4. Некоторые параметры диодов, которые могут быть сформированы в используемом технологическом процессе

Параметр	Nwell/Sub	DeepNwell/Sub	N+/Pwell1	N+/Pwell2
Глубина перехода, мкм	1,5	2,8	0,035	0,035
Слоевое сопротивление R _s , Ом/кв	840–1100	390–490	42–82	42–82
Удельная ёмкость дна перехода, фФ/мкм ²	0,12	0,5	1,12	0,87
Удельная ёмкость края перехода, фФ/мкм	0,47	0,33	0,26	0,19
Потенциал перехода, В	0,62	0,95	0,86	0,79
Ток утечки дна перехода, фА/мкм ²	0,001	0,0003	0,0005	0,0007
Ток утечки края перехода, фА/мкм	0,002	0,08	0,001	0,001
Напряжение пробоя, В (мин)	9	9	6	6

Таблица 2. Характеристики разработанного лазерного излучателя VCSEL

Параметр	Данные
Пороговый ток начала линейной зоны излучения	1,7 ± 0,05 мА
Пороговое напряжение начала заметного излучения	1,7 ± 0,1 В при токе 0,4 мА
Дифференциальное сопротивление, типовое	322 Ом при токе 2 мА; 244 Ом при токе 4 мА
Крутизна характеристики излучения, типовая	0,175 Вт/А при токе 2 мА
Ёмкость при нулевом смещении, не более	1,5 пФ
Длина волны излучения	970–980 нм

Достигнутые результаты работы 3D М ЭФ СБИС VCSEL позволяют использовать устройства в следующих областях применений:

- реализация скоростных оптических связей в двумерном массиве с произвольным доступом;
- параллельный обмен большими массивами информации;
- развязка каналов с электромагнитной совместимостью.

ФОТОПРИЁМНИКИ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ДЛЯ М ЭФ СБИС Si

Фотодиод изготавливается на основе стандартного диода DNW5 в технологии XT018 с вскрытием окна над его рабочей областью. Эта операция не является стандартной для данной технологии. Толщина остаточного окисла на поверхности фотодиода составляет около 1 мкм, что не приводит к значительному ослаблению светового потока лазерного излучения.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КРИСТАЛЛА И ФОТОДИОДА

Кристалл изготавливается по технологии 180 нм КМОП SOI фирмы XFAB с технологическими нормами XT018.

В таблице 3 представлена стоимость производства кристалла.

Кристалл фотодиодной структуры формируется в подложке р-типа с удельным сопротивлением от 8 до 12 Ом·см.

Сам кристалл фотодиодной структуры содержит три процесса легирования: N+ истоки, стоки; N-карман (Nwell) и глубокий N-карман (DeepNwell), также могут быть сформированы N-области фотодиода. В таблице 4 приведены некоторые параметры диодов, которые могут быть сформированы в используемом технологическом процессе.

При такой конструкции переход Nwell/Sub диода имеет минимальную ёмкость, поэтому для обеспечения заданного максимального быстродействия решено использовать его в качестве фотодиода.

С целью уменьшения последовательного сопротивления, повышения квантовой эффективности и уменьшения шумов использованы следующие топологические приёмы:

- по периферии Nwell-диода использовано кольцо DeepNwell-слоя;
- по всей площади Nwell-диода использовано подлегирование слоем N+;
- по всей площади Nwell-диода использован отражающий экран в первом (нижнем) слое металла;
- размер Nwell диода (30 × 30 мкм) должен быть меньше окна, вытравливаемого в подложке.

С целью уменьшения взаимовлияния соседних диодов и уменьшения времени рассасывания сгенерированного заряда, по периферии Nwell-диода в р-подложке сформировано кольцо земли P+/Pwell.

Для уменьшения шумов излучателей в третьем слое металла сформирован заземлённый экран, а углы Nwell-диода протравлены под 45°.

Структурная схема фотодиода и топология кремниевого кристалла 3D М ФЭ СБИС Si в разрезе с многоуровневой металлизацией, выполненного по кремниевой КМОП-технологии, представлена на рисунке 15.

В соответствии с концепцией кремниво-фотонной технологии 3D М ФЭ СБИС Si массив 2D кремниевых фотодиодов изготовлен по мембранной технологии и совмещён с усилителями и функциональными устройствами в едином матричном объёме интегрального кремниевого кристалла.

На рисунке 16 представлена структура фотодиода с охранным кольцом и без, на рисунке 17 – вольтамперная

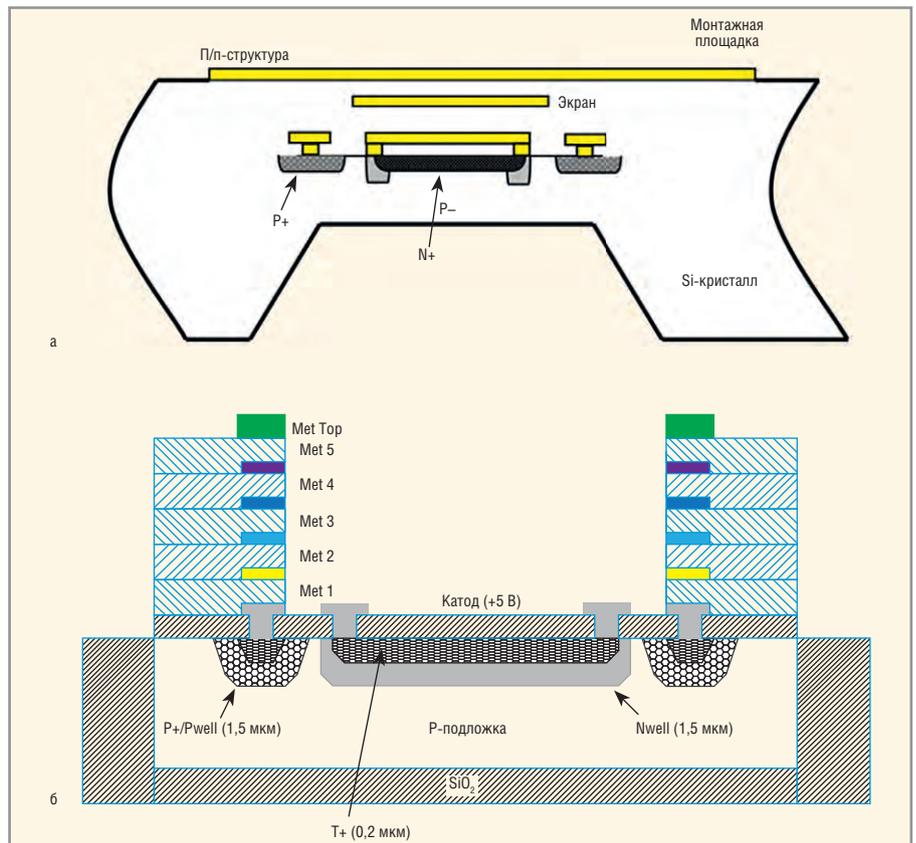


Рис. 15. Представление в разрезе:

а – структурной схемы фотодиода; б – топологии кремниевого кристалла 3D М ФЭ СБИС Si

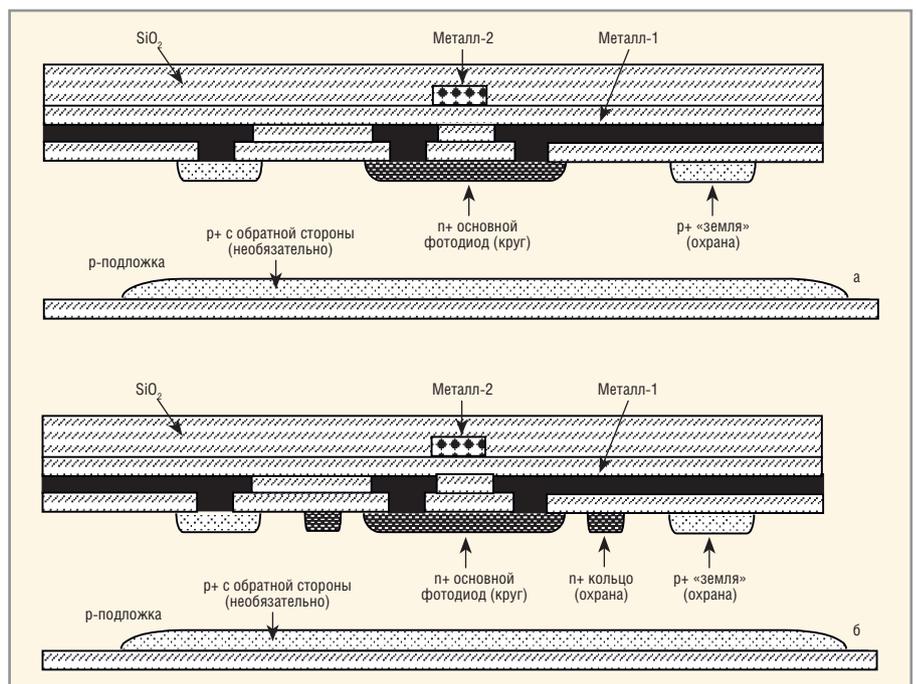


Рис. 16. Базовая структура фотодиода: а – без охранный кольца; б – с охранным кольцом

характеристика фотодиода на кристалле, а на рисунке 18 – характеристика быстродействия фотодиода.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА КРИСТАЛЛА С ФОТОДИОДАМИ

Разработанный оптоэлектронный матричный кристалл преобразований

оптических и электрических сигналов (3D М ФЭ СБИС Si) представляет собой матрицу из многоканальных оптических и электрических каналов связи, управляемых микропроцессором. На рисунке 19 приведена схема размещения фотодиодов в матрице пикселей 3D М ФЭ СБИС Si.

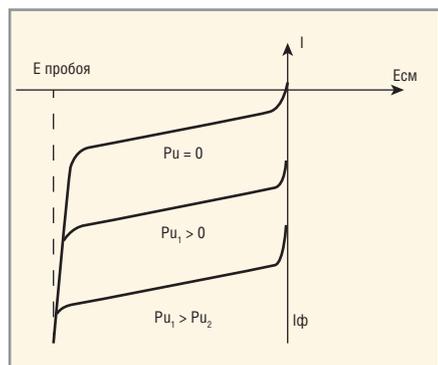


Рис. 17. Вольтамперная характеристика фотодиода

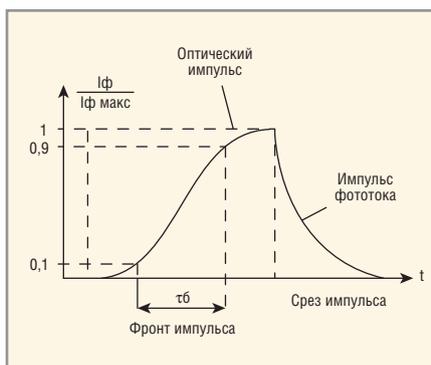


Рис. 18. Характеристика быстродействия фотодиода

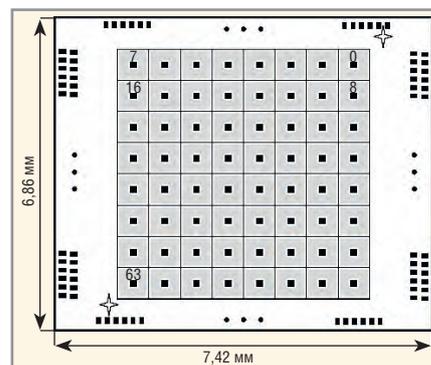


Рис. 19. Эскиз рабочей стороны в матрице пикселей 3D М ФЭ СБИС Si

Процессор управления по многоканальной электрической внешней шине организует управление работой матрицы пикселей 3D М ФЭ СБИС Si. Для этого формируется набор сигналов инструкций. Часть из них являются общими для всех пикселей, другая часть служит для выбора пикселей. Особенности управления являются:

- выполнение потока команд и обмен данными по многоканальным оптическим и электрическим каналам с внешними абонентами;

- механизм отложенной команды, позволяющий синхронизовать действия нескольких оптически связанных кристаллов;
- микропрограммирование команд загружаемым микрокодом;
- общесистемная команда «Транзит»;
- общая шина данных для загрузки микрокода, потока команд, загрузки и выгрузки информационных и калибровочных регистров пикселей;
- выбор пикселей, участвующих в операциях (отдельный пиксель – строка – столбец – вся матрица);

- контроллер внешней шины данных и управления 3D М ФЭ СБИС Si совместим с интерфейсом EMIFA процессора TMS320C 6455.

В следующей статье будет представлен базовый ряд и технические характеристики оптоэлектронных элементов с матричной организацией функциональных пикселей, таких как матрицы лазеров вертикального излучения и различные функциональные СБИС обработки фотонных сигналов при передаче информации по многоканальным оптическим и локальным электрическим каналам. ☺

Новости мира News of the World Новости мира

Роль суперкомпьютеров в развитии науки

26 апреля 2017 г. одновременно в Москве и Новосибирске прошло масштабное мероприятие «Суперкомпьютерные вычисления для развития российской науки», организованное научными учреждениями РФ, группой компаний РСК и представительством корпорации Intel в России. От лица российских учёных выступили представители Межведомственного суперкомпьютерного центра Российской академии наук (МСЦ РАН) и Центра коллективного пользования «Сибирский суперкомпьютерный центр» Сибирского отделения (ЦКП ССКЦ СО) РАН на базе Института вычислительной математики и математической геофизики (ИВМиМГ).

Загрузка суперкомпьютеров стабильно высокая ввиду широкого спектра задач, стоящих перед российской наукой. В числе таких задач имеются, например, численный прогноз погоды и моделирование изменений климата. Подобные решения активно разрабатываются всего в девяти странах и регионах мира – США, Великобритании (два центра), Франции, Германии, Канаде, Японии, Китае, Южной Корее и России.

Многие биологические исследования ведутся уже не на уровне клеток, а на уровне отдельных молекул и их ансамблей. Углублённые исследования такого рода неэффективны без использования мощности суперкомпьютеров.

Проблемой всего человечества сегодня является адаптация бактерий к имеющимся антибиотикам, и ресурсоёмкие вычисления на суперкомпьютерах помогут создать новых «убийц» бактерий, в том числе на основе биохимических процессов, с помощью которых бактерии уничтожают друг друга. Кроме работы над новыми антибиотиками, российские учёные с помощью суперкомпьютеров создают специальные пептидные обезболивающие. Эти лекарства должны обеспечивать сильный обезболивающий эффект и не вызывать привыкания.

www.servernews.ru

«Росэлектроника» освоила выпуск твердотельного усилителя мощности в мм-диапазоне

Объединённый холдинг «Росэлектроника» госкорпорации «Ростех» освоил производство твердотельного усилителя мощ-

ности мм-диапазона длин волн с выходной мощностью более 100 Вт. Конструкторские особенности позволяют модернизировать усилитель под специфические потребности изготовителей различной радиоэлектронной аппаратуры в широком круге задач и в краткие сроки. Серийный выпуск планируется начать в IV квартале текущего года.

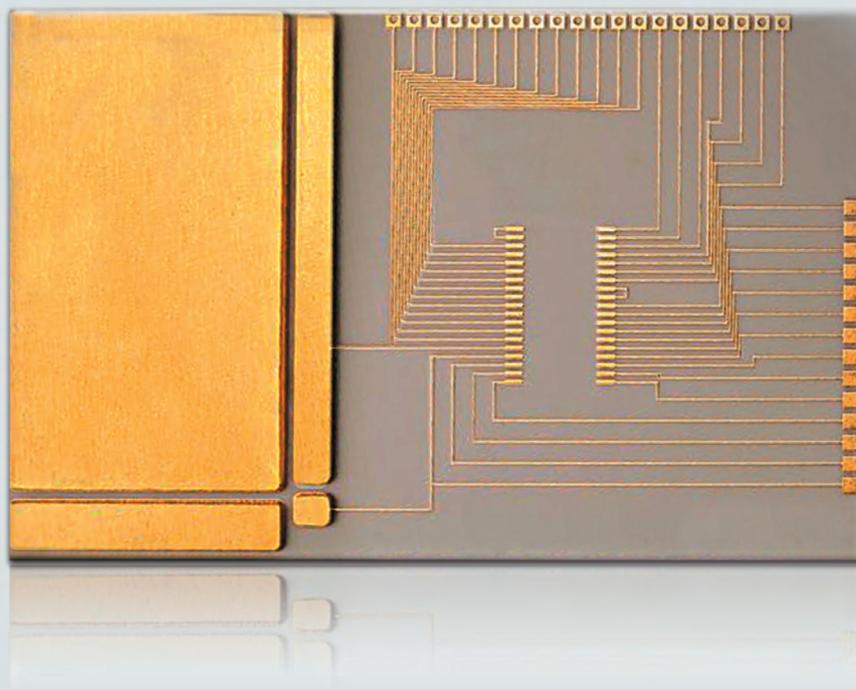
В ходе разработки прибора специалисты томского предприятия холдинга – АО «НИИ полупроводниковых приборов», решили ряд сложных конструкторских и технологических задач. Изделие уникально для российского рынка благодаря использованию монокристаллических интегральных схем на нитриде галлия (GaN) и новых теплоотводящих материалов на основе композитов Al-SiC (алюминий-карбид кремния), Ag-алмаз.

Усилитель работает в импульсном режиме, ввод и вывод СВЧ-энергии сигнала осуществляется через волноводные фланцы с сечением 7,2 × 3,4 мм, обеспечивая усиление в Ka-диапазоне 33–36 ГГц длин волн. Обладает относительно малыми габаритными размерами (220 × 170 × 30 мм), массой (до 4 кг) и высоким коэффициентом полезного действия.

www.ruselectronics.ru

КЕРАМИЧЕСКИЕ ПОДЛОЖКИ

ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



АО «ТЕСПРИБОР» ПРЕДОСТАВЛЯЕТ УСЛУГИ В ОБЛАСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОДЛОЖЕК ПО ДОКУМЕНТАЦИИ ЗАКАЗЧИКА ИЗ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ (Al_2O_3) И НИТРИДА АЛЮМИНИЯ (AlN).

■ **96% ОКСИД АЛЮМИНИЯ**
для использования в технологии нанесения толсто пленочных паст и систем металлизации.

■ **99,6% ОКСИД АЛЮМИНИЯ (ПОЛИКОР)**
для использования в технологии нанесения тонко пленочных материалов.

■ **НИТРИД АЛЮМИНИЯ (AlN)**
для использования в теплоэнергетических системах и силовых гибридах.



125480, г. Москва
ул. Планерная, д. 7А
тел./факс: (495) 657-87-37
testpribor@test-expert.ru
www.test-expert.ru

Военный подход к подтверждению надёжности приборов волоконно-оптической гироскопии

Дмитрий Гаманюк, Николай Гаманюк (г. Саратов)

В статье приводятся условия, пути и методики подтверждения ряда показателей надёжности приборов волоконно-оптической гироскопии космического применения на основе военных нормативных документов.

ВВЕДЕНИЕ

В одной из статей авторов (см. №8, 2016) была предложена методика подтверждения показателей надёжности волоконно-оптических датчиков систем управления космическими аппаратами (КА) на этапах разработки и предварительных испытаний, которая основана на официальной методологии, изложенной в государственных стандартах России.

Однако продукция военного назначения имеет свою специфику, поэтому в данной статье анализируются требования Минобороны России к указанной задаче, определяются условия, пути и методики её решения на основе военных нормативных документов.

Подход военных к созданию различных руководств и наставлений приводит к тому, что профильными НИИ разрабатываются и внедряются формализованные методы решения различных прикладных технических задач, что, конечно же, хорошо, если, основанные на них методики не слишком оторваны от практики.

Авторы рассматривают в данной статье возможности и способы подтверждения такого показателя надёжности, как долговечность, которая характеризуется ресурсом (в терминах ГОСТ Р 27.002-2009 «Надёжность в технике. Термины и определения»).

СТАНДАРТИЗАЦИЯ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ В ОБЛАСТИ НАДЁЖНОСТИ

Очевидным является тот факт, что параметры надёжности будущих изделий должны устанавливаться заказчиком, т.е. в техническом задании (ТЗ) должны быть указаны нормативные документы и соответствующие параметры надёжности. Однако часто этого не происходит. К тому же исполнитель СЧ ОКР по разработке конструкторской документации (КД) на прибор может сам перейти в разряд заказчиков – при

установлении требований (выдаче ТЗ) на изделия более низкого уровня, входящие в поставляемый прибор.

Существующая в настоящее время нормативная база системы обеспечения надёжности военной продукции выстраивалась следующим образом. Описанная в [1] система управления надёжностью для невоенной техники была разработана Техническим комитетом 119 по стандартизации «Надёжность в технике» (ТК 119) при ФГУП «Рособоронстандарт», который до 2005 г. назывался Всероссийский НИИ стандартизации. До 2005 г. ТК 119 военной тематикой по обеспечению надёжности, вроде как, и не занимался.

С 1993 г. Техническим комитетом 319 по стандартизации «Надёжность и стойкость электрорадиоизделий (ЭРИ) и радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) военного назначения» (ТК 319) разрабатываются и внедряются стандарты по проблематике надёжности комплектующих для образцов вооружения военной и специальной техники (ВВСТ) начального (ЭРИ) и последующего (РЭА) уровней производства.

Именно на стандарты ТК 319 приводятся ссылки в основополагающем и ныне действующем военном ГОСТ РВ 15.201, устанавливающим требования к тактико-техническому (техническому) заданию на выполнение ОКР. То есть при разработке ТТЗ (ТЗ) в него должны быть включены требования, в том числе и по надёжности, в соответствии с нормативными документами ТК 319.

Однако с 2005 г. начинают вводиться в действие ГОСТы серии «Надёжность военной техники» ТК 119, которые то ли отменяют, то ли заменяют, то ли действуют параллельно с документами ТК 319. Если параллельно, то когда и какие из них применять? Достаточно подробно эта, на взгляд авторов, непростая ситуация описана в [2]. При этом для пользователя возникает масса неудобств. Новые стандарты необ-

ходимо заказать, приобрести, проработать, понять, что в них нового, осуществить мероприятия по их внедрению на своём предприятии. Кроме того, приобретение и использование стандартов с пометкой «ДСП» осложнено ещё и дополнительными трудностями.

Между тем анализ содержания новых нормативных документов по надёжности военной техники от ТК 119, приведённый в [2], показывает, что нового в них практически ничего и нет. Кроме того, ГОСТы ТК 319 дополняются внушительным набором руководящих документов (РД), представляющих собой типовые методики решения различных задач надёжности. Поэтому в данной статье будут рассмотрены вопросы подтверждения надёжности на основе документов ТК 319. Стандарты ТК 319 серии 20.39 содержат требования, а серии 20.57 – методы подтверждения данных требований [3, 4].

ЗАДАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЁЖНОСТИ В ТЗ И ТУ

Для того чтобы обеспечить и подтвердить требуемые показатели надёжности, необходимо корректно их задать. То есть заказчик и разработчик (изготовитель) должны разговаривать на одном языке и понимать, что они хотят друг от друга.

Для заказчика аппаратуры крайне важно правильно установить исполнителю те показатели надёжности (ПН), которые действительно будут наиболее правильно и полно характеризовать прибор и не будут избыточными. Кроме того, крайне важно задать оптимальные значения ПН, чтобы не усложнять их подтверждение.

В [3] приводятся методики выбора показателей надёжности. Критерием выбора является принадлежность аппаратуры к тому или иному классификационному признаку, в зависимости от назначения, области применения и характера работы.

Что касается ресурса, то, в соответствии с [3], показатель долговечности «ресурс» назначается только в том случае, когда для данной аппаратуры применимо понятие «предельное состояние». Предельное состояние (ПС) – это

такое состояние изделия, при котором его дальнейшее использование по назначению недопустимо или нецелесообразно. При этом в конструкторской документации должны быть определены критерии ПС.

Задание показателей надёжности для аппаратуры военного назначения является, таким образом, отдельной инженерной задачей, осуществляется не «на глазок», а с использованием соответствующей методологии, приведённой в [3]. Другими словами, если условия задачи подтверждения показателей надёжности заданы неправильно или некорректно, она вообще не имеет решения.

Но, по большому счёту, решение этой задачи – прерогатива заказчика аппаратуры. А исполнитель договора имеет то, что есть в ТЗ на разработку: в нашем случае задан ресурс и срок сохраняемости.

Возвращаясь к вопросу некоторой неразберихи в области стандартизации надёжности военной техники: в 2005 г. ТК 119 выпустил стандарт ГОСТ РВ 27.3.01-2005 «Надёжность военной техники. Состав и общие правила задания требований к надёжности». Именно на этот ГОСТ даётся ссылка в актуализированном ГОСТ РВ 20.57.304. Однако новый стандарт полностью повторяет ГОСТ РВ 20.39.303, с заменой лишь понятия «РЭА» на «изделия ВТ» [2].

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Очевидно, что при разработке изделий по заказам Минобороны России, требования к их надёжности будут формироваться на основе военных нормативных документов. Одним из таких документов является военный ГОСТ «Методы оценки соответствия требованиям к надёжности» [4].

Этот нормативный документ предписывает оценку приборов по каждому из четырёх составляющих свойств надёжности (безотказности, ремонтнопригодности, долговечности и сохраняемости) проводить раздельно. Соответственно, реализуемые на практике испытания должны включать в себя четыре вида испытаний по количеству определяемых ГОСТом свойств надёжности. Нас же в данной статье интересуют испытания на безотказность и долговечность.

Испытания на безотказность, в соответствии с [4], проводятся для оценки соответствия заданным требованиям

по показателям безотказности: средней наработке на отказ, вероятности безотказной работы при заданной наработке, вероятности безотказного срабатывания и включения. Ресурс при этом не подтверждается.

Испытания на долговечность проводятся для подтверждения соответствия установленным в ТЗ и ТУ показателям долговечности. К таким показателям относятся: средний ресурс до списания (полный), средний ресурс до определённого вида ремонта – для ремонтируемых изделий. Таким образом, такой показатель надёжности, как долговечность, характеризуется ресурсом и подлежит подтверждению.

Интересно, что в гражданской системе управления надёжностью, проанализированной в [1, 5], долговечность отдельно от безотказности не рассматривается. Определения понятий показателей долговечности и безотказности приводятся вместе, и испытания на долговечность не устанавливаются.

В рассматриваемой задаче ресурс, требуемый заказчиком, представляет собой достаточно большую величину – 140 000 ч. Ясно, что проведение испытаний на долговечность (ИДВ) в реальном масштабе времени достаточно проблематично. Понимают это и создатели концепции проведения таких испытаний. Поэтому анализ подходов к выполнению такой задачи, приведённых в [4], позволяет сделать ряд интересных выводов.

Далее приведём положения нормативных документов с комментариями к ним.

«При разработке плана-графика ИДВ следует использовать многократно повторяющиеся испытательные циклограммы испытаний на безотказность». Это означает, что при подтверждении показателей долговечности используются те же подходы, что и при подтверждении безотказности, рассмотренные для условий нашей задачи в [1, 5].

«В ходе ИДВ многоканальной аппаратуры каждый из каналов рассматривают как самостоятельный испытуемый (наблюдаемый) образец». Например, волоконно-оптический гироскоп, для которого и решается данная задача подтверждения показателей надёжности, имеет три ортогонально расположенных конструктивно идентичных канала – фактически три гироскопа, каждый из которых измеряет угловую скорость относительно своей оси чувствительно-

сти. Таким образом, в ходе ИДВ таких приборов количество испытуемых образцов автоматически возрастает в три раза.

«Если планируемый объём ИДВ оказывается неприемлемо большим, допускается проводить ИДВ на этапе эксплуатационных испытаний (подконтрольной эксплуатации), используя для этого максимально возможное количество серийных образцов аппаратуры и время наблюдений за ними». Это означает возможность переноса ИДВ на этап эксплуатации предсерийных и серийных (изготовленных по КД с литерой «О» и «О₁», соответственно) образцов аппаратуры с получением и анализом информации об их техническом состоянии и наработке. При этом действует правило: «десять часов работы одного образца соответствуют работе десяти образцов по одному часу каждый». Другими словами, для подтверждения ресурса, в частности, требуется собирать и анализировать статистику по техническому состоянию и наработке всех образцов, прошедших (проходящих) любые виды испытаний и находящихся на любой стадии эксплуатации.

«При оценке показателей долговечности опытных образцов аппаратуры экспериментальными методами статистические данные, полученные на этапе приёмочных испытаний, допускается дополнять данными, зафиксированными на этапе предварительных испытаний этих же образцов, при условии, что между испытаниями в конструкцию не вносились изменения, влияющие на критерии перехода в ПС». Данное положение прокомментировано в предыдущем абзаце. К приёмочным испытаниям опытных образцов относятся межведомственные (для РЭА) или государственные (для образцов ВВТ) испытания.

«На этапе приёмочных испытаний оценку показателей долговечности допускается проводить ускоренным методом на основе прогнозирования характера и скорости изменения технических параметров аппаратуры». Методика ускоренных испытаний изложена в Руководящем документе Минобороны России [6] и будет проанализирована немного позже.

«Если в составе аппаратуры можно выделить базовые составные части, нарушение работоспособности которых переводит её в предельное состояние, допускается подвергать ИДВ

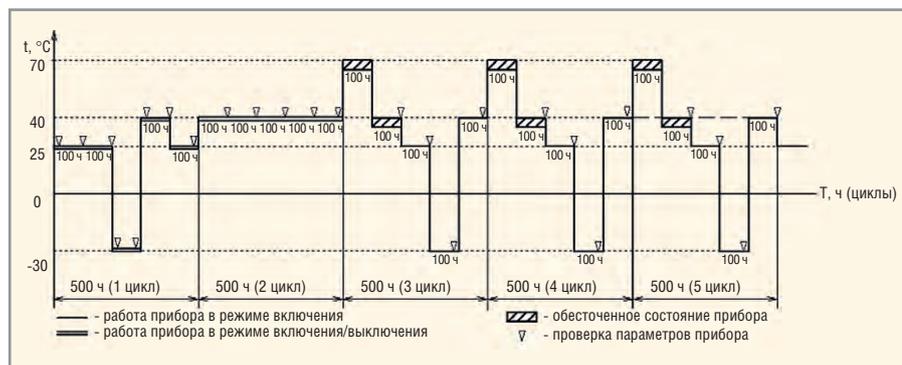


Рис. 1. Пример испытательной циклограммы (ИЦГ)

эти составные части автономно и по результатам испытаний оценивать соответствие аппаратуры заданным требованиям к долговечности». Волоконно-оптический гироскоп состоит в общем случае из источника электромагнитного излучения, проводника этого излучения – оптического волокна, фотоприёмника, электроники для снятия, преобразования и выдачи полезной информации, встроенного программного обеспечения. При выходе из строя любой из этих частей прибор переходит в предельное состояние. И оценивать долговечность прибора возможно на основе оценки долговечности составных частей, проводя их испытания по автономной схеме. Это, на взгляд авторов, не совсем корректно, т.к. в этом случае не проходит проверку технология изготовления прибора. Непонятно также, что считать «базовыми составными частями аппаратуры». Концепция, изложенная в основополагающем ГОСТ РВ 15.203, посвящённом порядку проведения опытно-конструкторских работ, предполагает, что составные части – это самостоятельные изделия поставки со своими ТУ. Блоки электроники, например, входящие в каждый гироскоп, под такое определение составных частей не подходят. Очевидно, реализация данного положения документа [4] отдана на откуп разработчику и представителю заказчика, аккредитованного при нём.

Особенности подтверждения безотказности в военной системе надёжности

На взгляд авторов, в [1] была достаточно подробно проанализирована процедура подтверждения показателей безотказности (БО) приборов на основании государственной системы «Надёжность в технике». В военных нормативных документах [4] прослежи-

ваются некоторые дополнения и особенности. Рассмотрим наиболее интересные и существенные из них.

«До начала испытаний на БО опытного образца вновь изготовленной аппаратуры должны быть проведены:

- экспериментальная (!) проверка правильности применения комплектующих ЭРИ (как правило, в рамках проведения военно-технической экспертизы по соответствующим руководящим документам);
- технологическая приработка с целью выявления начальных отказов, связанных с недостатками технологии или скрытыми дефектами комплектующих».

Первое перечисление введено относительно недавно. Ранее такого требования не было. Не совсем понятно, как выполнение данного требования скажется на общем времени подтверждения показателей БО. В рамках данной статьи оставим это положение без подробного анализа. Что касается приработки, то она для военной продукции, как правило, должна проводиться, в том числе, и на серийных изделиях.

«Для подтверждения БО в ходе испытаний разработчиком аппаратуры должна быть сформирована испытательная циклограмма (ИЦГ) – графическое представление последовательности, продолжительности и уровней воздействия на прибор во время испытаний. ИЦГ должна укладываться во всё время испытаний или в величину, кратную общему времени проведения испытаний и единицам календарного времени (суткам, месяцам и т.п.)». Пример ИЦГ приведён на рисунке 1. Наличие ИЦГ не является обязательным для невоенной техники.

«При построении ИЦГ, в основу должны быть положены параметры заданной в ТЗ модели эксплуатации». Таким образом, в ТЗ заказчиком прибора должна задаваться модель экс-

плуатации – режимы: тепловые, питания, применения, внешние воздействующие факторы (ВВФ), нагрузки. Такая «забота» о разработчике радует. Ведь исполнитель работ не всегда представляет (да и не должен) где, на чём и как будет применяться изделие. Так как же делать то, не зная что? Часто модель эксплуатации задаётся в виде информации о различных классах и группах применения аппаратуры по соответствующим военным ГОСТ.

Испытания и ускоряющие факторы испытаний

Определение форсированного режима

Форсированный режим (ФР) – режим, при котором значения ВВФ в ходе испытаний превышают установленные в ТУ на данный прибор. Т.е., например, значения повышенных (пониженных) относительно НКУ температур, установленные в ТУ, не будут являться ФР.

Установление ФР для каждого конкретного типа прибора (изделия) является самостоятельной и непростой научно-технической задачей. Необходимо [6]:

- оценить, какие ВВФ приводят к ускорению деградации прибора на основе анализа физических принципов его работы;
- установить приемлемые уровни данных ВВФ. Приемлемые в данном случае – обеспечивающие, с одной стороны, повышенную скорость деградации, а с другой стороны – не выводящие из строя отдельные элементы прибора;
- определить последовательность или сочетание воздействия факторов ФР;
- обеспечить автономность ФР – уменьшение времени (ресурса) работы прибора пропорционально определённому коэффициенту ускорения.

В данной статье не ставится цель решения задачи определения форсированного режима для ВОГ. Эта задача, согласно [6], решается в ходе т.н. предварительных испытаний, где испытываются две выборки приборов: одна – в нормальном, другая – в форсированном режиме. На основании числа и времени наступления отказов или отношения изменений во времени технических параметров оценивается эффективность выбранного ФР и определяется коэффициент ускорения.

Методика определения коэффициента ускорения испытаний на подтверждение долговечности

Для определения коэффициента ускорения для уменьшения времени испытаний в [6] предлагается два способа. Первый основан на анализе технического состояния минимум двух приборов, второй – минимум восьми. Рассмотрим первый способ.

1. Два прибора подвергают испытанием: один – в форсированном режиме (индекс α), второй – в нормальных условиях (индекс β).
2. Измеряют технические параметры каждого образца (для упрощения будем оценивать эффективность форсированного режима по одному параметру) в моменты времени t_0, t_1, \dots, t_r .
3. Фиксируют значения $x_o(t_r), x_\alpha(t_r)$ параметра в моменты времени $t_r, r = 0, \dots, 1$. Причём интервал между измерениями параметра для прибора, испытываемого в форсированном режиме, должен быть в два-три раза меньше, чем для нормального режима. Таким образом, результатов измерения параметра в форсированном режиме будет в два-три раза больше.
4. Определяют реализации нижнего и верхнего экстремальных значений оцениваемого параметра для нормального и форсированного режимов испытаний:

$$x_o(t) = \min(\max) [x_o(t_r)];$$

$$x_\alpha(t) = \min(\max) [x_\alpha(t_r)], 0 \leq t \leq T_r$$

Если испытаниям подвергаются по несколько ($i = 1, \dots, n$) приборов в каждом режиме, вычисляют оценки их математических ожиданий по общей формуле:

$$M(t_r) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i(t_r).$$

В нашем случае ($n = 1$) математические ожидания равны самим экстремальным значениям.

5. Оценивают коэффициент ускорения испытаний, вычисленный для верхнего и нижнего экстремального значения (т.е. всего вычисляют два значения коэффициента) по формуле:

$$K_y = \frac{\sum_{i=1}^{r_o} [x_o(t_i) + x_o(t_{i-1})] \times (t_i - t_{i-1}) + [x(T_o) + x(t_{r_o})] \times (T_o - t_{r_o})}{\sum_{i=1}^r [x_\alpha(t_i) + x_\alpha(t_{i-1})] \times (t_i - t_{i-1}) + [x(T_\alpha) + x(t_r)] \times (T_\alpha - t_r)}$$

В формуле составляющие T_o, T_α, r_o, r , должны удовлетворять условиям:

$$x_o(T_o) = x_\alpha(t_r);$$

$$r_o = \max \{r | t_r \leq T_o\}, r = \max \{r | t_r \leq T_\alpha\}.$$

Здесь r_o, r – количество измерений параметров в нормальном и форсированном режимах, соответственно, за время, не превышающее $T_o, (T_\alpha)$.

$T_o, (T_\alpha)$ – время в нормальном (форсированном) режиме, при котором значения контролируемого параметра оказываются равными.

6. Из двух вычисленных значений коэффициента ускорения выбирают минимальное.

Однако при практическом использовании данной методики возникают некоторые вопросы.

- Что делать, если не выполняется условие $x_o(T_o) = x_\alpha(T_\alpha)$? С какой точностью оно может (должно) выполняться?
- В формуле вычисления K_y значения, полученные в нормальном режиме, делят на значения, полученные в форсированном режиме. Однако, как отмечалось ранее, значений в форсированном режиме должно быть в два-три раза больше, чем в нормальном, т.к. частота измерений выше. Как же тогда может получиться K_y больше единицы?
- Не определено, как находятся времена $t_r, (t_r)$. Из условия $r_o = \max \{r | t_r \leq T_o\}$ следует, что r_o – это максимальное из всех r за время, не превышающее T_o . Но максимальное время, не превышающее T_o , (это T_o и второе слагаемое в числителе и знаменателе формулы определения K_y) автоматически становится равным нулю. Зачем тогда оно?

Таким образом, практическое применение методологии форсированных испытаний, установленное в [6], весьма проблематично.

Установление плана испытаний

Описание сути плана испытаний достаточно подробно изложено в [1]. Кратко, план испытаний – это алгоритм определения продолжительности испытаний и принятия решений об их окончании с теми или иными результатами. Исходя из положений [6], выбор плана испытаний должен осуществляться на

основании государственного стандарта, определяющего планы испытаний для контроля средней наработки [7].

Исходными данными для выбора плана испытаний являются [7]: номинальные значения риска поставщика α , риска потребителя β , значения приёмочного уровня T_α и браковочного уровня T_β (разрешающего коэффициента D).

Поскольку объект испытаний, для которого решается задача подтверждения показателей долговечности, в принципе не меняется (волоконно-оптический гироскоп космического применения для КА с длительным сроком активного существования (САС)), а также не меняются поставщик с потребителем, то целесообразно выбрать значения риска поставщика α и риска потребителя β равными ранее установленным в [1], т.е. $\alpha = \beta = 0,2$.

Приёмочный T_α и браковочный T_β уровни – это наработки, при достижении которых принимают решение, соответственно, о приёмке или о браковке изделий в ходе испытаний. Разрешающий коэффициент D равен отношению приёмочного уровня T_α к браковочному T_β .

При определении данных параметров в этом случае имеются некоторые затруднения. Поскольку ГОСТ [7] изначально устанавливает планы испытаний для контроля показателей безотказности, понятно разнесение приёмочного и браковочного уровней: приёмочный уровень должен быть больше браковочного. Причём отношение приёмочного уровня к браковочному – разрешающий коэффициент D , в соответствии с рекомендациями [7] должен быть не менее 1,5.

Однако в нашем случае подтверждается показатель долговечности и в соответствии с рекомендациями [6], средняя ожидаемая суммарная наработка T_o заменяется на ресурс. Если теперь принять приёмочный уровень равным ресурсу, т.е. 140 000 ч, то браковочный уровень при минимальном $D = 1,5$ будет 93 333 ч, т.е. практически забракован не будет ни один прибор, т.к. заложенный в конструкцию назначенный ресурс изначально больше.

При подтверждении ресурса приёмочный и браковочный уровни не должны сильно отличаться и разрешающий коэффициент должен стремиться к единице. В руководящем документе [7] определён минимальный разрешающий коэффициент $D = 1,5$, поэтому это значение и принимается в качестве одного из исходных данных.

Фрагмент таблицы планов испытаний

Число учитываемых отказов	Учитываемая суммарная наработка									
	План 1		План 2		План 3		План 4		План 5	
	Бракуют	Принимают	Бракуют	Принимают	Бракуют	Принимают	Бракуют	Принимают	Бракуют	Принимают
0	–	14,328		3,301		2,808	–	3,689	–	2,482
1	–			4,112		3,619	–	4,760	–	3,432
2	–			4,923		4,430	–	5,673	–	4,302
3	–			5,733		5,241	–	6,502	–	5,139
4	–			0,135	6,544	0,527	6,052	–	7,273	–

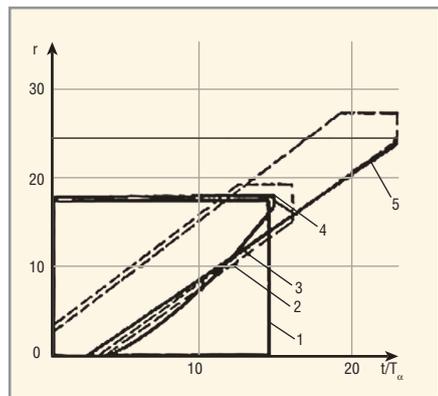


Рис. 2. Планы испытаний

Итак, исходные данные для выбора плана испытаний:

- риск поставщика α равен риску потребителя β и равен 0,2;
- разрешающий коэффициент $D = 1,5$.

Таким исходным данным соответствуют планы испытаний из раздела 14 ГОСТ [7]. Параметры планов испытаний приведены в таблице.

Входными параметрами в таблице планов испытаний являются число учитываемых отказов и учитываемая суммарная наработка. Причём учитываемая суммарная наработка приведена в относительных единицах – долях приемочного уровня, т.е. отношении суммарной учитываемой наработки к приемочному уровню.

- Всего в таблице и на графике (см. рис. 2) приведено пять планов испытаний. График выполнен в осях: абсцисс – r (число отказов), ординат – t/T_α (относительная суммарная учитываемая наработка). Они разных типов: одноступенчатый (1), последовательный усечённый (2, 5) – эти планы описаны в [1], и комбинированный (3, 4). Характеризуются же планы испытаний средней ожидаемой суммарной наработкой и средней ожидаемой суммарной наработкой до принятия решения о приёме. Критерием выбора того или иного плана испытаний является ограничение на максимально возможное время проведения испытаний, т.е. ограничение на наработку изделий. При прак-

тическом выборе конкретного плана необходимо, очевидно, согласовывать продолжительность испытаний с заказчиком и (или) его представительством.

Организация и проведение испытаний на подтверждение заданных показателей долговечности

Организация испытаний теоретически возможна по двум схемам:

- испытания специально изготовленного прибора или приборов;
- анализ технического состояния изделий, находящихся в эксплуатации у потребителей, т.н. «подконтрольная эксплуатация».

Выбор конкретной схемы зависит от самой возможности «подконтрольной эксплуатации», т.е. от решения принципиального вопроса: возможно ли начало эксплуатации изделий до подтверждения заданных показателей долговечности. Далее вступают в силу такие факторы, как ограничение по времени проведения испытаний, готовность к дополнительным затратам на изготовление специального прибора и проведения отдельных испытаний на долговечность.

Как было сказано, ГОСТ [4] позволяет использовать данные подконтрольной эксплуатации для оценки подтверждаемых показателей долговечности. Действительно, самые достоверные испытания – это работа изделия в условиях и режимах, для которых оно создавалось, где обеспечивается комплексное воздействие ВВФ. При этом, в соответствии с [7], наработка всех изделий, находящихся в подконтрольной эксплуатации (проходящих испытания), суммируется.

Если подтверждение долговечности осуществляется на основе подконтрольной эксплуатации, то никакой ускоряющий коэффициент, конечно же, не действует. Это объясняется тем, что эксплуатация изделий осуществляется не в форсированном, а в штатном режиме.

Если проводятся отдельные специальные испытания в подобранном форсированном режиме, применяет-

ся найденный коэффициент ускорения. Методология выбора форсированного режима, определение коэффициента ускорения и связанные с этим вопросы уже рассмотрены.

В качестве примера оценим необходимое время для подтверждения ресурса 140 000 ч по результатам подконтрольной эксплуатации 15 приборов. Для оценки используем план испытаний 4 (см. таблицу), как наиболее затратный по времени, но и более достоверный. При числе учитываемых отказов, равном 0, учитываемая суммарная наработка в долях приемочного уровня равна 3,689. Это значит, что для подтверждения ресурса необходимо иметь 518 000 ч суммарной наработки приборов без единого отказа. Учитывая характер использования ВОГ в составе КА (непрерывный рабочий режим), каждый из 15 приборов должен иметь наработку 34 533 ч, что соответствует почти четырём годам непрерывной работы без отказов. С появлением отказов потребное время наработки для подтверждения ресурса растёт в соответствии со значениями из выбранного плана испытаний.

С увеличением числа приборов, поступающих в подконтрольную эксплуатацию, увеличивается и их суммарная наработка, уменьшая необходимое время экспериментального подтверждения ресурса.

Особой необходимости в применении коэффициента ускорения по методике [6] для описываемой задачи нет. Для того чтобы получить приемлемое время для проведения специально назначенных испытаний (именно для ресурса), необходим очень большой коэффициент ускорения. Такого форсированного режима, скорее всего, не подобрать. А для подконтрольной эксплуатации K_α не применим, т.к. изделия эксплуатируются не в ФР, а в НР.

Выводы

1. Военные нормативные документы разрешают осуществлять под-

тверждение показателей надёжности (в том числе и таких, как ресурс) в ходе подконтрольной эксплуатации, уже после отгрузки части изделий потребителям.

2. В обоснованных случаях возможно увеличение числа оцениваемых в подконтрольной эксплуатации (подвергаемых испытаниям) изделий на основе автономного учёта их составных частей. Это актуально для трёхосных ВОГ, которые часто конструктивно состоят из трёх одноосных гироскопов.
3. Суммарная учитываемая наработка приборов, используемая для принятия решения о результатах испытаний, определяется путём суммирования времени работы всех изделий, участвующих в испытаниях (находящихся в подконтрольной эксплуатации).
4. В ходе работ по подтверждению показателей надёжности возможно параллельное подтверждение сразу нескольких показателей, например, ВБР и ресурс.
5. Все результаты приведённого в статье анализа следует использовать

при практической организации работ для сокращения их времени и стоимости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время наблюдается повышенный интерес разработчиков к вопросам оценки показателей надёжности аппаратуры космического применения. Это связано с необходимостью выполнения (подтверждения) требований заказчиков аппаратуры и КА в целом к надёжности для обеспечения заданных САС. Однако часто [8] ставится и решается вопрос прогнозирования, расчёта показателей надёжности, а не их экспериментального или расчётно-экспериментального подтверждения.

Складывающаяся практика оценки показателей надёжности в ходе разработки ограничивается проведением анализов и расчётов, что не лучшим образом может сказаться на результатах работ по созданию аппаратуры космического применения с требуемыми показателями надёжности. Данный пробел и пытаются восполнить авторы этой статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гаманюк Д.Н., Гаманюк Н.Г.* Подтверждение показателей надёжности приборов волоконно-оптической гироскопии космического применения. Современная электроника. 2016. №8.
2. *Писарев В.Н.* К вопросу о стандартизации в области надёжности военной техники. Труды Международного симпозиума «Надёжность и качество». Пенза. Изд-во ПГУ. 2014.
3. ГОСТ РВ 20.39.303-98.
4. ГОСТ РВ 20.57.304-98.
5. *Гаманюк Д.Н., Гаманюк Н.Г.* Контрольные испытания датчиков угловой скорости, выполненных на основе волоконно-оптических гироскопов. Часть 2. Современная электроника. 2016. №6.
6. РД В 319.01.11-98. Типовые методики ускоренных испытаний на безотказность и долговечность.
7. ГОСТ 27.402-95. Надёжность в технике. Планы испытаний для контроля средней наработки до отказа (на отказ). Часть 1. Экспоненциальное распределение.
8. *Губанов А., Пылаев Ю., Сидорова М.* К вопросу прогнозирования вероятности безотказной работы радиоэлектронной аппаратуры для высоконадёжных применений. Компоненты и технологии. 2016. №9. 

swissbit®
INDUSTRIAL MEMORY SOLUTIONS



Серия S-40: карты памяти SD и MicroSD для эффективных промышленных применений

- 4–32 Гбайт (MLC NAND Flash)
- SD 3.0 (2.0), SDHC, Class 6
- Передача данных до 24 Мбайт/с
- Автономная система управления данными
- Защита от пропадания напряжения
- Долгое время хранения данных при экстремальных температурах
- Резервирование встроенного программного обеспечения
- Сложный механизм распределения нагрузки и управления сбойными блоками
- Обновление параметров и встроенного программного обеспечения
- Контроль изменений в комплектации
- Инструменты для диагностики

Надёжные, прочные, экономичные

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ SWISSBIT

PROSOFT®

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



Реклама

Новости мира News of the World Новости мира

Новый генератор сигналов произвольной формы от Tektronix

Компания Tektronix, Inc., ведущий мировой поставщик контрольно-измерительного и мониторингового оборудования, представила новый генератор сигналов произвольной формы (AWG), который предлагает высокое качество сигналов и масштабируемость по доступной цене, отвечая требованиям, предъявляемым к генерации сигналов в научных исследованиях, тестировании электронных изделий и проектировании и тестировании РЛС и систем радиоэлектронной борьбы (РЭБ).



Новый генератор серии AWG5200 предлагает впечатляющий набор функций, ранее недоступный ни в одном серийно выпускаемом приборе, включая частоту дискретизации 10 Гвыб./с, разрешение 16 разрядов и до 8 каналов на прибор с возможностью синхронизации нескольких приборов. Генератор работает с гибким пакетом опций для генерации сигналов, охватывающим широкий круг стандартов и цифровых методов модуляции. Кроме того, генератор позволяет снизить расходы на эксплуатацию сложных мультисигнальных систем, обладая стартовой ценой примерно от \$11 700 за канал для 8-канальных приборов.

Сердцем приборов серии AWG5200 являются новые высокопроизводительные цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП), которые сочетают скорость с высоким разрешением в одном полностью интегрированном корпусе. Благодаря мощным ЦАП, генератор может непосредственно создавать сигналы ВЧ/РЭБ или сложные кодовые последовательности для расширенных исследований. 16-разрядное разрешение по вертикали делает эти приборы лучшими в отрасли полностью интегрированными генераторами сигналов произвольной формы по сравнению с альтернативными приборами с разрешением 14 разрядов.

Инженерам, проектирующим системы и компоненты РЛС/РЭБ, нужны высокока-

чественные, точно синхронизированные многоканальные генераторы сигналов для разработки, диагностики и эксплуатационных испытаний приёмников РЛС. AWG5200 предлагает 8 независимых каналов с межканальным сдвигом фазы не более 10 пс. Каждый канал AWG5200 оснащён независимым выходным трактом, отдельным усилителем, отдельным секвенсором, повышающим преобразователем частоты, выделенной памятью и может независимо управляться, не создавая помех для других каналов и не влияя на их характеристики. Единственным объединяющим фактором является общая для всех каналов тактовая частота или, если того захочет пользователь, общая внешняя опорная частота.

Такой уровень гибкости и независимости в совокупности с 16-разрядным разрешением, задержкой менее 2 мкс и крутыми фронтами превращает AWG5200 в превосходный источник сигналов, пригодный для воспроизведения сложных реалистичных сигнальных сценариев, тестирования фазированных антенных решёток, имитации исследуемых объектов или замены устаревшего оборудования новыми серийно выпускаемыми решениями.

Кроме того, он позволяет разработчикам ВЧ-оборудования консолидировать генерацию сигналов за счёт применения методов непосредственной генерации и исключения потребности в специализированных (и дорогих) генераторах. К тому же разработчики ВЧ-оборудования могут выгодно пользоваться постоянно расширяемой библиотекой опций для генерации сигналов, вносить предсказания для оптимизации характеристик или автоматизировать тестирование за счёт применения сценариев Matlab. Кроме того, AWG5200 программно совместим с предыдущими поколениями генераторов компании Tektronix.

Генерация сигналов приобретает всё большую важность в широком диапазоне научных исследований, включая квантовые вычисления, разработку нано- и микротехнологий, биомедицину и физику. Однако высококачественные генераторы сигналов обходятся дорого, не обладают должной гибкостью и часто не отвечают требованиям достоверности сигнала, задержки и синхронизации. В результате некоторые исследователи создают собственное оборудование, которое не калибруется, нестабильно и не обеспечивается технической поддержкой. И ни одно из существующих альтернативных решений не может масшта-

бирваться без дополнительных затрат времени и денег.

Например, в области квантовых вычислений масштабируемость является ключевым требованием, поскольку исследователям нужна возможность подачи десятков синхронизированных сигналов на ядра квантовых процессоров. Каждый серийно выпускаемый AWG5200 может содержать до 8 синхронизированных каналов. Для дополнительного расширения можно синхронизировать между собой несколько приборов, что обеспечивает практически неограниченное число каналов. Сокращая время и усилия, связанные с масштабированием, исследователи могут сосредоточиться на своих проектах и, тем самым, быстрее достичь поставленных целей.

www.ru.tek.com

Вступление Schneider Electric в НАПИ

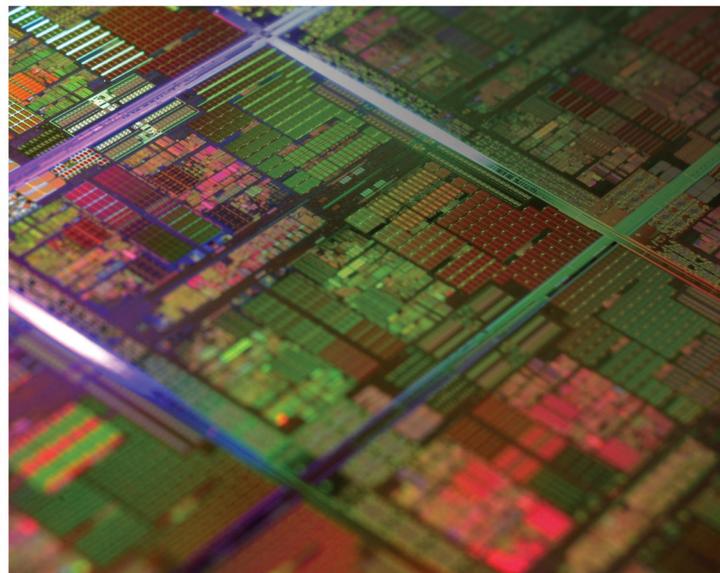
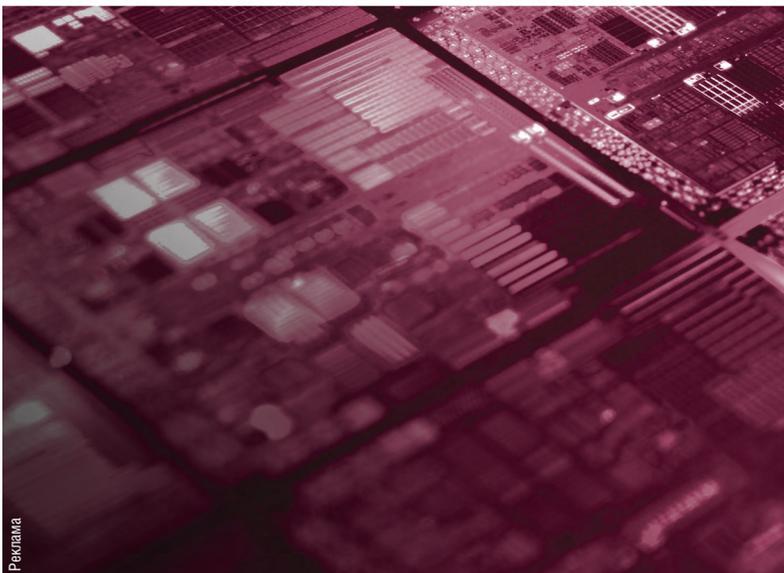
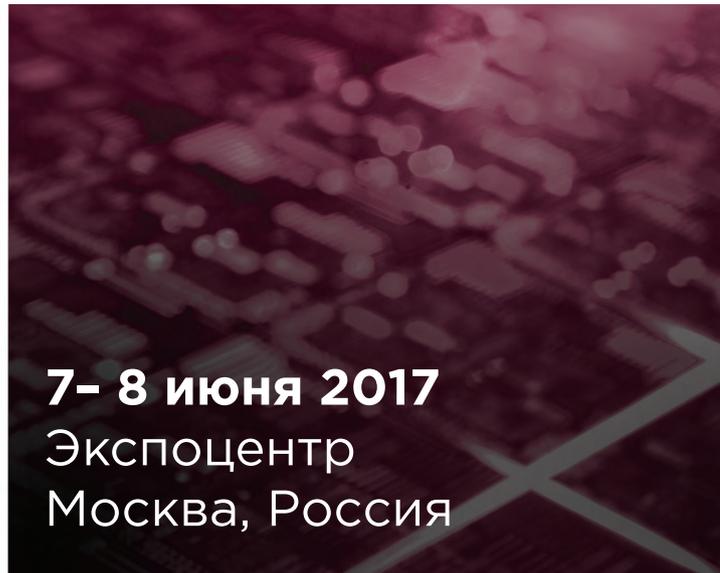
Компания Schneider Electric присоединилась к Национальной ассоциации участников рынка Промышленного Интернета (НАПИ). Вступление Schneider Electric в Ассоциацию является знаковым событием для развития отечественного рынка Промышленного Интернета, поскольку обеспечивает для Ассоциации возможность доступа и непосредственного применения передового мирового опыта в сфере индустриального Интернета на отечественном развивающемся рынке.



Новый участник НАПИ – один из ведущих игроков развития технологий индустриального Интернета в мировом масштабе. Технологические решения компании широко используются в различных областях промышленности и позволяют решать вопросы энергоэффективности, комплексной автоматизации и предупредительного технического обслуживания производства. Кроме этого, компания является одним из учредителей Industrial Internet Consortium (IIC) и представляет интересы консорциума в России.

www.schneider-electric.com/ru

SEMIEXPO RUSSIA



Реклама

**Ведущий форум индустрии микроэлектроники
и полупроводников в России**

semiexpo.ru

Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: отладочная плата F103C8T6 в среде разработки программ Arduino

Олег Вальпа (г. Миасс, Челябинская обл.)

В статье приведено описание отладочной платы F103C8T6 на базе STM32 и способ её интеграции в свободную среду разработки программ Arduino. Данный материал предназначен для практического освоения микроконтроллеров серии STM32 компании STMicroelectronics.

ВВЕДЕНИЕ

Большинство любителей микропроцессорной техники знакомы с широко распространённой средой разработки Arduino [1], предназначенной для быстрого освоения микропроцессорной техники. Эта среда разработ-

ки отличается простотой и удобством программирования. Кроме того, она является кросс-платформенной и имеет расширяемое программное обеспечение с открытым исходным кодом.

Данная среда изначально базировалась на микроконтроллерах AVR компании Atmel, но постепенно стала дополняться другими типами микроконтроллеров. Пришло время, когда к Arduino примкнули 32-разрядные микроконтроллеры. Одним из них стал микроконтроллер STM32F103C8T6 от компании STMicroelectronics [2], размещённый на отладочной плате F103C8T6.

Рассмотрим преимущества данного микроконтроллера и способ его интеграции в среду разработки Arduino.

Отладочная плата F103C8T6

Отладочная плата F103C8T6 по своим параметрам значительно превосходит аналогичные по размеру отладочные платы типа Arduino Nano.

Основой F103C8T6 является микроконтроллер STM32F103C8T6.

Внешний вид платы с двух сторон, а также габаритные размеры приведены

соответственно на рисунках 1 и 2. Её электрическая принципиальная схема изображена на рисунке 3. Соответствие выводов платы F103C8T6 функциональному назначению представлено на рисунке 4.

Приобрести такую плату можно за 117 руб. на торговой интернет-площадке aliexpress.com.

Благодаря микроконтроллеру STM32F103C8T6 со встроенным интерфейсом USB, для подключения к компьютеру не требуется дополнительного моста USB-UART.

В таблице 1 приведены для сравнения основные характеристики отладочных плат F103C8T6 и Arduino Nano v3.0.

Микроконтроллер отладочной платы имеет в своём составе:

- 10 аналоговых входов АЦП (ADC) с разрешением 12 бит;
- 2 АЦП 12-разрядных со временем преобразования 1 мкс;
- 37 выводов GPIO;
- 2 интерфейса SPI;
- 2 интерфейса I²C;
- 3 интерфейса USART;
- 1 интерфейс USB 2.0;
- 1 интерфейс CAN;
- 4 таймера 16-разрядных;
- DMA-контроллер;
- 2 сторожевых таймера;
- встроенные часы реального времени RTC.

Подобный состав микроконтроллера является весомым аргументом в пользу его применения в различных проектах с программной поддержкой среды разработки Arduino.

Подготовка отладочной платы

Для того чтобы отладочная плата поддерживалась средой разработки Arduino, необходимо проделать следующие операции:

1. Записать в микроконтроллер готовый загрузчик, который позволит прошивать плату через имеющийся на ней интерфейс USB;

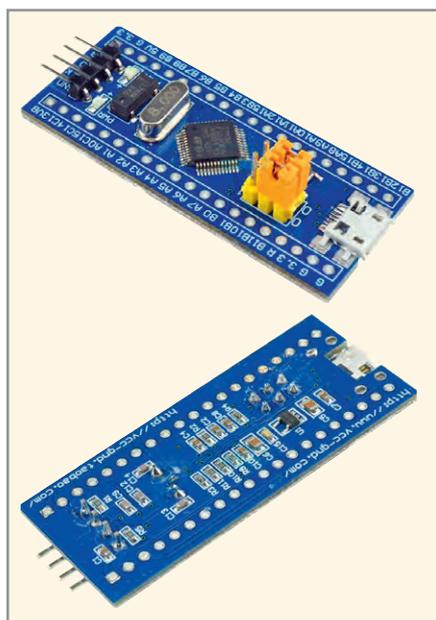


Рис. 1. Внешний вид отладочной платы F103C8T6 (вид сверху и снизу)

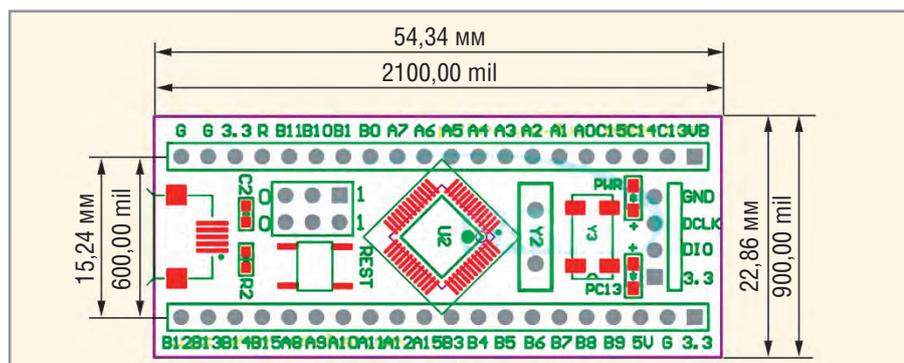
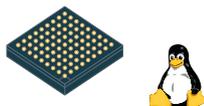


Рис. 2. Габаритные размеры отладочной платы F103C8T6



Linux — в любое устройство



с помощью **i.MX6 UltraLite** и **i.MX6 ULL** — энергоэффективных процессоров с отличным набором таймеров и интерфейсов (2 Ethernet, 8 UART, 2 USB, 2 CAN), а также АЦП и контроллером TFT-дисплеев ...

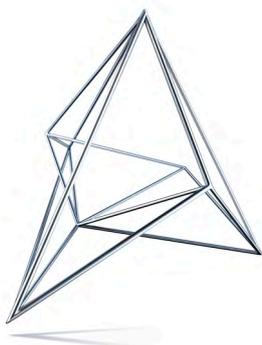
... СТОИМОСТЬЮ ОТ

331P*

* Цена указана под проект, на процессоры версий G1, G2 и Y0, Y1, Y2, работающие в температурном диапазоне от -40 до +105°C.

Данное предложение не является публичной офертой.

Подробности по электронной почте: nxp@symmetron.ru



Symmetron

МОСКВА
Ленинградское шоссе, д. 69, к. 1
Тел.: +7 495 961-20-20
moscow@symmetron.ru

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
ул. Таллинская, д. 7
Тел.: +7 812 449-40-00
spb@symmetron.ru

НОВОСИБИРСК
ул. Блюхера, д. 716
Тел. +7 383 361-34-24
sibir@symmetron.ru

МИНСК
ул. В. Хоружей, д. 1а, оф. 507
Тел. +375 17 336-06-06
minsk@symmetron.ru

www.symmetron.ru

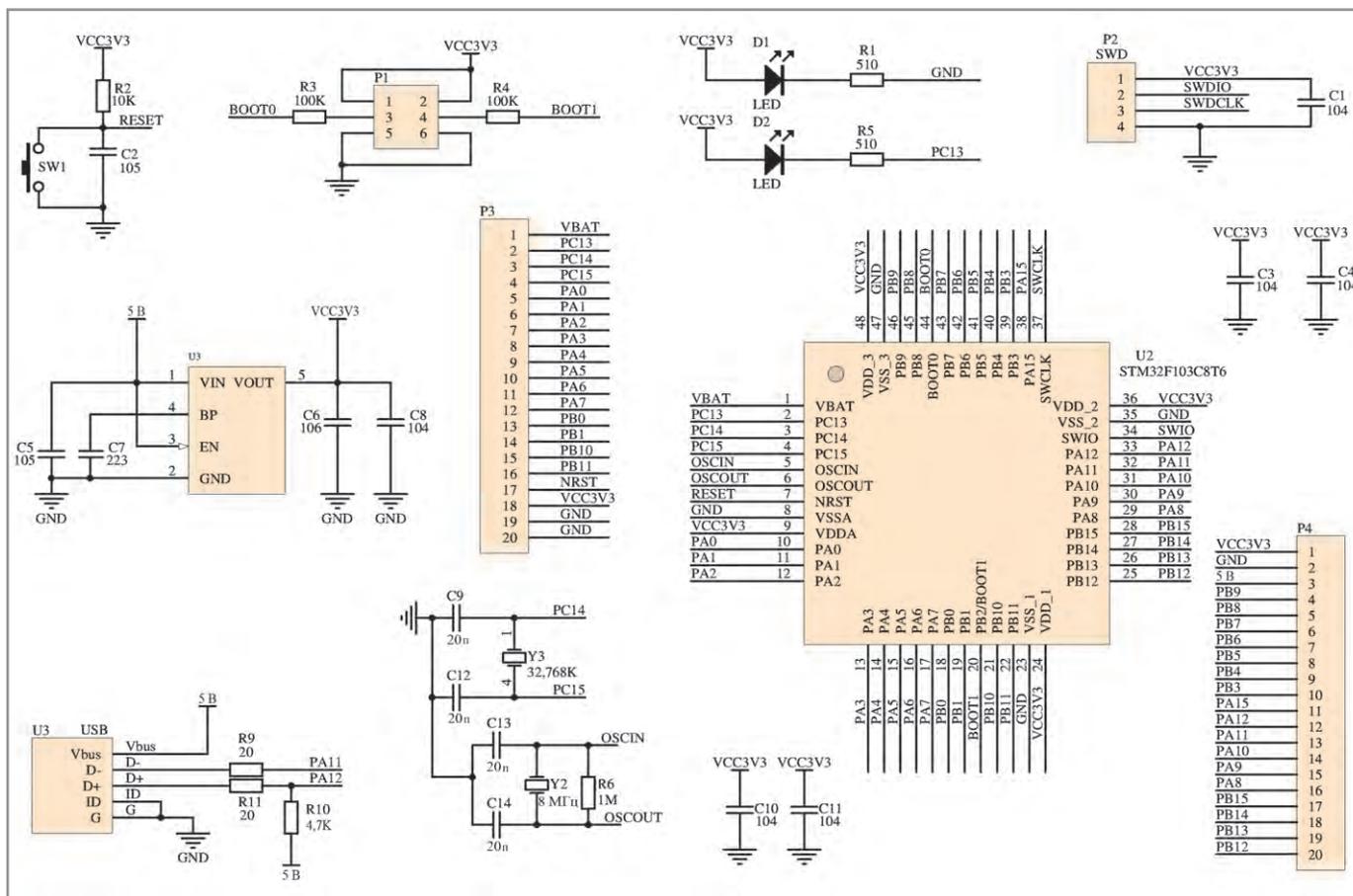


Рис. 3. Электрическая принципиальная схема отладочной платы F103C8T6

2. Установить программное дополнение в среду разработки Arduino для поддержки отладочной платы F103C8T6.

Загрузчик для отладочной платы в виде файла generic_boot20_pc13.bin находится в свободном доступе на сайте [3]. Записать этот файл в микроконтроллер можно через интерфейс UART с помощью свободно распространяемой программы Flash Loader Demonstrator [4] и конвертера USB-TTL, например, на базе FTDI FT232BL или CH340G.

Для активации режима программирования на отладочной плате F103C8T6 необходимо установить имеющиеся переключки выбора режима загрузки BOOT следующим образом: первая на 1, вторая на 0. Конвертер USB-TTL требуется переключить на питание 3,3 В с помощью соответствующей переключки. Далее нужно соединить проводниками отладочную плату F103C8T6 и конвертер USB-TTL в соответствии с таблицей 2.

На компьютере, с помощью которого будет записываться файл загрузчика в отладочную плату F103C8T6, необходимо установить драйвер для используемого конвертера USB-TTL, подключив конвертер USB-TTL к USB-интерфейсу компьютера. После чего можно начать запись

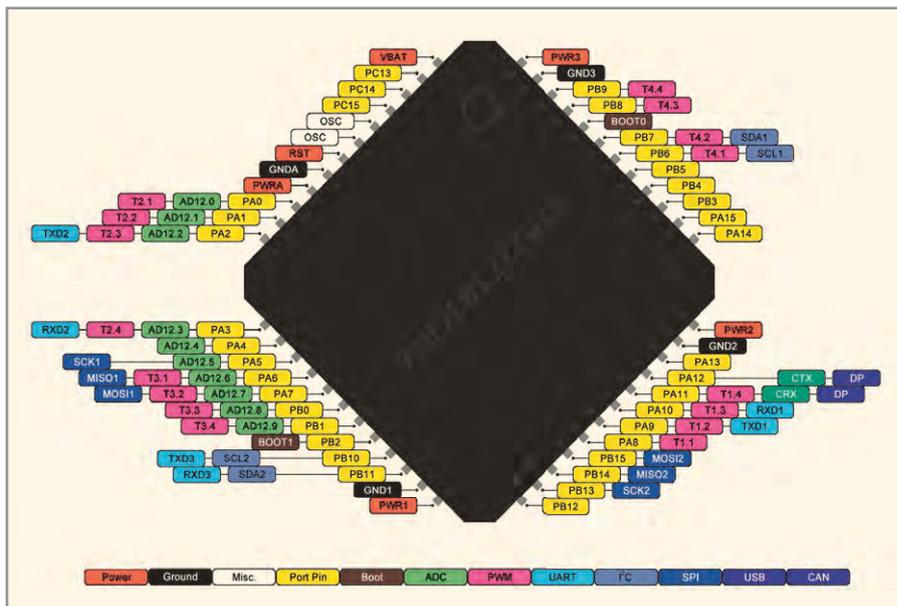


Рис. 4. Функциональное назначение выводов отладочной платы F103C8T6

Таблица 1. Основные характеристики отладочных плат F103C8T6 и Arduino Nano v3.0

Параметр	Плата F103C8T6	Плата Arduino Nano v3.0
Разрядность процессора, бит	32	8
Тактовая частота, МГц	72	16
Постоянная память ПЗУ (Flash), КБ	64	32
Оперативная память ОЗУ (SRAM), КБ	20	2
Напряжение питания, В	3,3	5
Память EEPROM, КБ	Отсутствует, но существуют программные эмуляторы	1

Таблица 2. Цепи подключения отладочной платы F103C8T6 к конвертору USB-TTL

Отладочная плата F103C8T6	Конвертер USB-TTL
A9	RX
A10	TX
GND	GND
3.3	VCC

файла загрузчика с помощью предварительно установленной на компьютер программы Flash Loader Demonstrator.

ИНТЕГРАЦИЯ ПЛАТЫ В СРЕДУ РАЗРАБОТКИ

Для того чтобы среда разработки Arduino поддерживала отладочную плату F103C8T6, необходимо скачать дополнение для Arduino IDE и установить его на компьютер.

Это дополнение можно загрузить бесплатно с сайта [5] в виде архивного файла Arduino_STM32-master.zip. Этот файл следует распаковать в папку HARDWARE среды разработки Arduino и затем перезапустить среду разработки. После чего необходимо удостовериться, что в списке поддерживаемых средой разработки плат появился раздел STM32 Boards. Поддержка новых

Листинг

```
void setup()
{
  // Инициализация цифрового вывода PB1 в качестве выхода
  pinMode(PC13, OUTPUT);
}
// Организация бесконечного цикла
void loop() {
  digitalWrite(PC13, HIGH); // Включить светодиод высоким уровнем
  delay(1000); // Задержка в 1 секунду
  digitalWrite(PC13, LOW); // Выключить светодиод низким уровнем
  delay(1000); // Задержка в 1 секунду
}
```

плат реализована в среде разработки Arduino начиная с версии 1.0.5.

ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТЛАДОЧНОЙ ПЛАТЫ

Рассмотрим пример программы, осуществляющей на плате F103C8T6 мигание светодиода. Для этого создадим в среде разработки Arduino новый скетч, приведённый в листинге.

Далее в среде разработки Arduino необходимо выбрать плату Generic STM32F103C series с параметрами Variant: (20k RAM. 64k Flash). В качестве метода загрузки выбрать Upload method: «Serial». При выборе порта нужно указать порт, соответствующий конвертеру USB-TTL. После чего следует нажать программную кнопку загрузки в среде разработки. В результате програм-

ма должна загрузиться в отладочную плату, и начнётся мигание светодиода.

Подобным образом можно проверить работу других скетчей, содержащихся в библиотеке среды разработки Arduino. Установленный архивный файл Arduino_STM32-master.zip содержит в себе множество готовых примеров в виде скетч-файлов, которые позволяют быстро осваивать микроконтроллер STM32.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.arduino.ru.
2. www.st.com.
3. <https://github.com/rogerclarkmelbourne/STM32duino-bootloader/tree/master/STM32F1/binaries>.
4. <http://www.st.com/en/development-tools/flasher-stm32.html>.
5. https://github.com/rogerclarkmelbourne/Arduino_STM32/archive/master.zip. ©

Новости мира News of the World Новости мира

MTU подписал соглашение с Keysight Technologies

В рамках соглашения планируется формирование и реализация совместных программ исследовательских, прикладных и коммерческих проектов, проведение фундаментальных и прикладных исследований по приоритетным научным направлениям, подготовка кадров высшей научной квалификации в области электроники и телекоммуникаций, а также содействие развитию и укреплению межрегиональных и международных связей в сфере инновационного развития. Кроме того, планируется участие в международных программах научных исследований, организация учебных лабораторий, подготовка, переподготовка и повышение квалификации профессорско-преподавательского и инженерно-технического состава с разработкой учебных программ, курсов и лабораторных практикумов. Не обойдётся и без продвижения передовых технологий посредством орга-

низации конференций, семинаров и презентаций с публикацией научных и информационно-рекламных материалов, совместного взаимодействия с государственными регулирующими органами, средствами массовой информации, а также государственными и коммерческими организациями.

Это взаимодополняющее сочетание ускорит индивидуальные стратегии роста и улучшит качество исполняемых показателей результативности.

www.mirea.ru

Россия разработала проект безопасного Интернета

Министерство связи и массовых коммуникаций Российской Федерации объявило о разработке новой концепции конвенции ООН – Концепции безопасного функционирования и развития сети Интернет.

Отмечается, что одной из целей документа является содействие дальнейшему раз-

витию всемирной сети. Кроме того, отдельное внимание уделено повышению безопасности киберпространства и обеспечению гарантий прав и свобод пользователей.

Концепция также предусматривает ряд мер, направленных на регулирование сети. В частности, говорится об установлении режима равноправного международного сотрудничества в управлении Интернетом. Плюс к этому предусматривается содействие принятию и укреплению мер, направленных на более эффективное и действенное управление Сетью.

Авторы концепции также говорят о необходимости новых международных договорённостей, гармонизирующих взаимодействие и роль государств, глобальных компаний сектора информационно-коммуникационных технологий, предприятий, отвечающих за развитие стандартов, технологий и сетей связи.

www.minsvyaz.ru

Повышение эффективности и надёжности высоковольтных DC/DC-преобразователей

Виктор Жданкин (Москва)

В статье рассказывается о способах минимизации влияния сопротивления между низковольтным источником питания и входными выводами высоковольтного DC/DC-преобразователя на мощность и надёжность проектируемых устройств. Представлены результаты измерений и практические рекомендации на примере компактных модулей XP EMCO серии A [1].

Сопротивление первичного источника питания (R_s) может уменьшать КПД преобразователя постоянного напряжения более чем на 10%, а также влиять на показатели надёжности преобразователя. В компактных преобразователях постоянного напряжения в высокое напряжение специалисты должны обратить особое внимание на эту проблему, в связи с необходимостью использования малых значений ёмкостей для достижения небольших габаритов модулей. В статье с помощью наглядных измерений показано,

как действовать при различных значениях R_s и предложены рекомендации для обеспечения эффективной и надёжной работы устройств.

УМЕНЬШЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Высоковольтные преобразователи напряжения серии A представляют собой удобное решение для преобразования энергии в объёме менее чем $1,696 \text{ см}^3$ с высотой корпуса всего 6,35 мм. В моделях этого форм-фактора входные напряжения 5, 12 и 24 В могут быть преобразованы в высокие напряжения от 100 до 6000 В при выходных мощностях 1 и 1,5 Вт. Внешний вид высоковольтных преобразователей

напряжения XP EMCO серии A показан на рисунке 1. Подробно эти и другие низкопрофильные пропорциональные миниатюрные высоковольтные преобразователи напряжения описаны в статье [2].

Структурная схема высоковольтного преобразователя напряжения с трансформаторной развязкой показана на рисунке 2. Конструкция включает в себя генератор, трансформатор, выпрямитель, а также входные и выходные конденсаторы. Входной конденсатор является развязывающим конденсатором, включённым параллельно входным и заземляющим клеммам DC/DC-преобразователя. Очевидно, что небольшие размеры преобразователя ограничивают и размеры входного конденсатора ёмкостью меньше 10 мкФ.

В случаях применений с входным сопротивлением первичного источника питания менее 5 Ом никаких проблем обычно не возникает. Однако при более высоких сопротивлениях первичного источника необходимы дополнительные измерения и анализ резуль-



Рис. 1. Высоковольтный преобразователь напряжения XP EMCO серии A

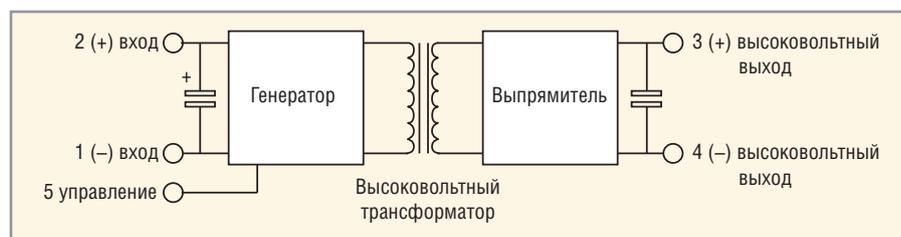


Рис. 2. Структурная схема высоковольтного DC/DC-преобразователя с трансформаторной развязкой и конденсаторами на входе и выходе

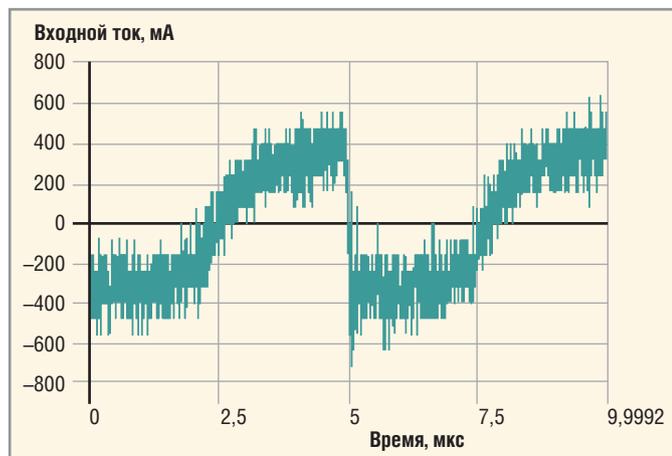


Рис. 3. Ток, потребляемый из внешнего источника входного напряжения преобразователем с сопротивлением первичного источника $R_s = 0 \text{ Ом}$

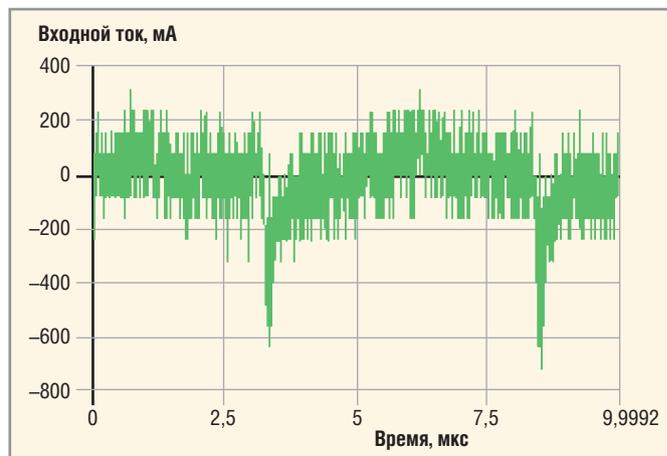


Рис. 4. Изменение формы тока преобразователем при сопротивлении первичного источника $R_s = 10 \text{ Ом}$

Сравнение влияния сопротивления первичного источника питания на КПД преобразователя

R_s , Ом	$V_{вх}$, В	$I_{вх}$, мА	$V_{вых}$, В	$I_{вых}$, мА	КПД
0	12	166	427	3,87	0,83
10	13,7	163	427	3,86	0,74

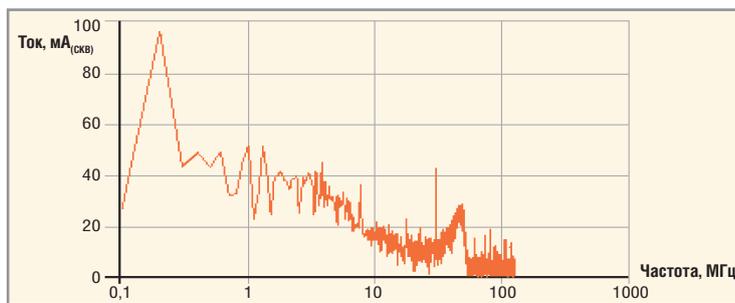


Рис. 5. Зависимость значения тока развязывающего конденсатора от частоты при $R_s = 0$ Ом и $C_{ext} = 0$ мкФ

татов. На рисунке 3 показана измеренная форма сигнала входного тока для высоковольтного модуля при нулевом сопротивлении первичного источника питания. При более высоких значениях входного сопротивления первичного источника форма сигнала значительно изменяется, как показано на рисунке 4. При сопротивлении первичного источника питания 10 Ом становится сложно определить, в какие именно моменты преобразователь потребляет ток из внешнего источника.

В таблице представлены результаты измерений при $R_s = 0$ Ом и $R_s = 10$ Ом. Из таблицы видно, что из-за рассеивания части мощности на сопротивлении источника происходит падение КПД примерно на 10%. Вследствие этого, для обеспечения одного и того же выходного напряжения при заданной мощности, потребуется повышать величину входного напряжения.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ

Помимо влияния на КПД преобразователя, сопротивление первичного источника сказывается и на показателях его надёжности. Рассматриваемые преобразователи содержат внутренние входные развязывающие конденсаторы, через которые протекают импульсные токи, что является неизбежным при работе комбинации генератор-трансформатор. Сопротивление источника повышает частоту генератора тока, что приводит к дополнительной нагрузке на входной конденсатор.

Для определения допустимых значений сопротивления первичного источника и их влияния на надёжность преобразователя был проведён ряд измерений. Выбор правильных значений позволит ограничить частоту генератора тока на внутреннем развязывающем конденсаторе, что повысит долговременную надёжность преобразователя. Измерения тока, протекающего через развязывающий конден-

сатор, были проведены для различных значений сопротивлений первичного источника (от 0 до 55 Ом), с установленным внешним развязывающим конденсатором и без него. Значение основной гармоники тока сравнивалось со значением гармоники, приведённой в справочном листке преобразователя, включая защитную полосу частот для обеспечения минимального запаса по среднеквадратичному току (I_{RMS}) на внутреннем конденсаторе. Измерения показали, что при высоких значениях сопротивления R_s внешний развязывающий конденсатор с правильно подобранной ёмкостью заметно огра-

ничивает величину тока на частоте основной гармоники, тем самым уменьшая нагрузку на внутренний конденсатор. Для повышения эффективности работы внешнего конденсатора предпочтительно использовать электролитические конденсаторы с очень низким эквивалентным последовательным сопротивлением (ESR).

Учитывая результаты проведённых измерений, при сопротивлении первичного источника более 5 Ом рекомендуется установка внешнего конденсатора ёмкостью от 1 до 20 мкФ, в зависимости от входного напряжения преобразователя.





Компактные высоковольтные преобразователи напряжения

ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЕ И СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ МОДЕЛИ

Технические параметры:

- Входные напряжения 5, 12, 24 В
- Выходные напряжения от 2 до 10 кВ
- Мощности от 2 мВт до 15 Вт
- Диапазон температур от -55 до +70°C
- Длительный ресурс

Применения:

- Медицинская диагностика
- Научное оборудование
- Авиационно-космическая техника

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ XP-EMCO



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



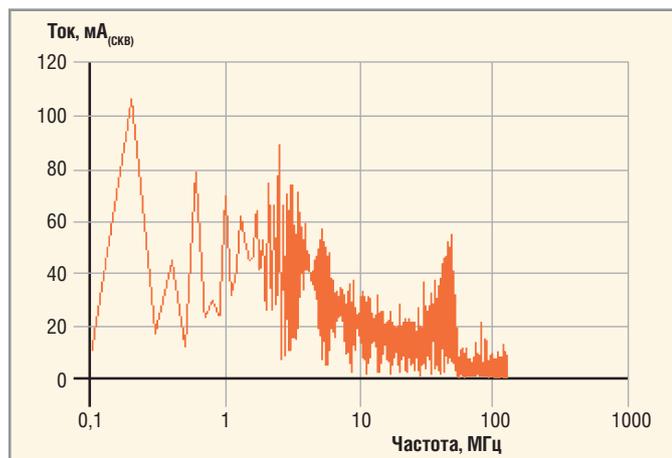


Рис. 6. Зависимость значения тока развязывающего конденсатора от частоты при $R_s = 15$ Ом и $C_{ext} = 0$ мкФ

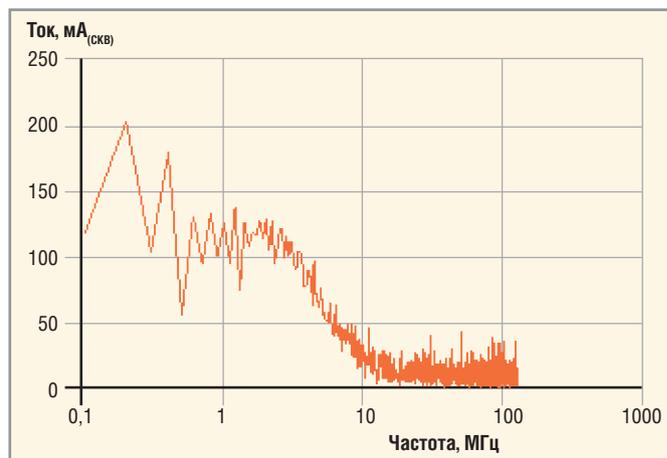


Рис. 7. Зависимость значения тока развязывающего конденсатора от частоты при $R_s = 10$ Ом и $C_{ext} = 22$ мкФ

Влияние сопротивления источника и входной ёмкости на работу преобразователей

Следующие результаты измерений демонстрируют работу DC/DC-преобразователя при различных значениях сопротивления первичного источника и входной ёмкости. При нулевых значениях сопротивления источника и ёмкости внешнего конденсатора (C_{ext}) наблюдается значительная составляющая на частоте генератора преобразователя (см. рис. 5). При величине $R_s = 15$ Ом и нулевой ёмкости внешнего конденсатора заметны повышенные токовые составля-

ющие на частотах 3-й и 12-й гармоники генератора (см. рис. 6). При значениях $R_s = 10$ Ом и $C_{ext} = 22$ мкФ появляется значительная составляющая во второй гармонике, в то время как значение основной частоты не чувствительно к изменению величины R_s (см. рис. 7).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог, можно заключить, что сопротивление первичного источника уменьшает КПД и создаёт дополнительную нагрузку на внутренний блокирующий конденсатор преобразователя, что снижает его долговременную надёжность. Влияние высокого (боль-

ше 5 Ом) сопротивления первичного источника питания на показатели надёжности может быть минимизировано размещением внешнего конденсатора с низким эквивалентным последовательным сопротивлением на входных выводах преобразователя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Minimizing the Impact of Source Resistance on High-Voltage DC to DC Converters. WP07-A01. 2017 XP EMC0.
2. Жданкин В.К. Высоковольтные преобразователи напряжения в виде стандартных модулей: просто, компактно, экономно. Современная электроника. 2016. № 4. ©

Новости мира News of the World Новости мира

«Росэлектроника» освоила выпуск твердотельного усилителя мощности в миллиметровом диапазоне

Объединённый холдинг «Росэлектроника» госкорпорации «Ростех» освоил производство твердотельного усилителя мощности мм-диапазона длин волн с выходной мощностью более 100 Вт. Конструкторские особенности позволяют модернизировать усилитель под специфические потребности изготовителей различной радиоэлектронной аппаратуры в широком круге задач и в краткие сроки. В настоящее время опытные образцы усилителей проходят климатические и механические испытания. Серийный выпуск планируется начать в IV квартале текущего года.

В ходе разработки прибора специалисты томского предприятия холдинга – АО «НИИ полупроводниковых приборов», решили ряд сложных конструкторских и технологических

задач. Изделие уникально для российского рынка благодаря использованию монокристаллических интегральных схем на нитриде галлия (GaN) и новых теплоотводящих материалов на основе композитов Al-SiC (алюминий-карбид кремния), Ag-алмаз. По совокупности параметров прибор является одним из лучших образцов подобной техники в мире.

Усилитель работает в импульсном режиме, ввод и вывод СВЧ-энергии сигнала осуществляется через волноводные фланцы с сечением $7,2 \times 3,4$ мм, обеспечивая усиление в Ka-диапазоне 33–36 ГГц длин волн. Обладает относительно малыми габаритными размерами ($220 \times 170 \times 30$ мм), массой (до 4 кг) и высоким коэффициентом полезного действия.

Прибор был представлен на Международной выставке «ЭкспоЭлектроника», которая прошла в МВЦ «Крокус Экспо» 25–27 апреля 2017 г.

www.ruselectronics.ru

Foxconn увеличивает инвестиции в разработку роботов

Foxconn Electronics увеличила инвестиции в свою дочернюю компанию по разработке роботов в китайском Шэньчжэне на 10,39 млрд юаней (\$1,51 млрд), сообщает Digitimes.

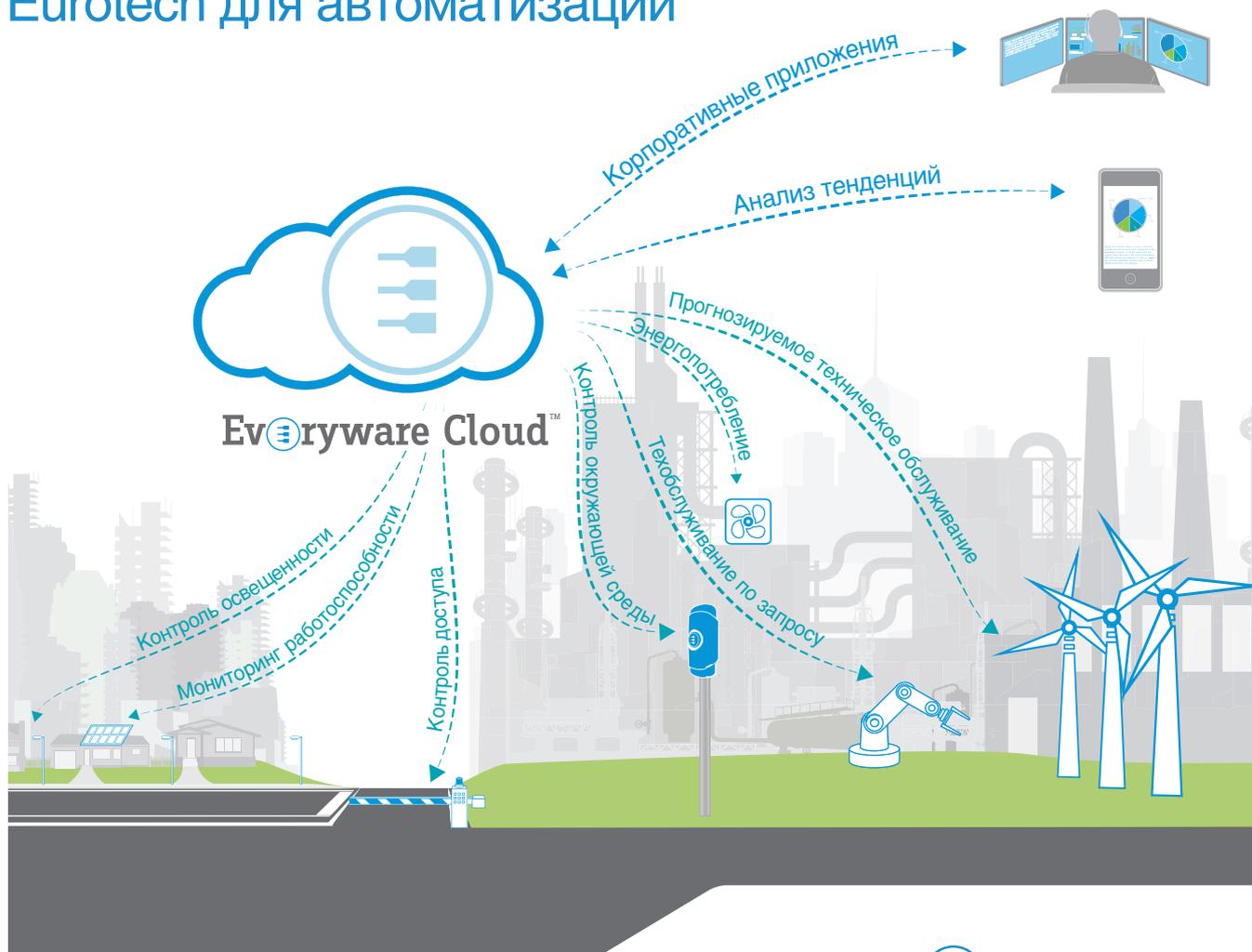
Foxconn также инициировала программу обмена акций среди своих дочерних компаний в Гонконге и Китае, чтобы задействовать больше своих филиалов для участия в разработке робототехнических продуктов.

Согласно программе, доля её дочки Robot Holding в Гонконге в компании Shenzhen будет сокращена до 0,63% с нынешних 75%, а её акции будут распределены среди дочерних компаний Foxconn в Китае.

Обмен акций поможет различным бизнес-подразделениям Foxconn Group оперативно реагировать на запросы робот-индустрии.

www.astera.ru

Облачные технологии Eurotech для автоматизации



Решения Eurotech позволяют заказчикам удобно и безопасно подключать оборудование и датчики к корпоративным программным приложениям с помощью **Everyware Cloud™** — M2M-платформы.

Выполняемые функции

- Управление устройством
- Приложение для устройства и управления жизненным циклом
- Контроль состояния устройства/связи в режиме реального времени
- Поддержка промышленных протоколов
- Простая интеграция с корпоративными приложениями
- Сбор потоков данных с различных устройств в реальном времени
- Анализ данных в реальном времени, их хранение и предоставление исторических данных



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ EUROTECH

МОСКВА	Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru
С.-ПЕТЕРБУРГ	Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru
АЛМА-АТА	Тел.: (727) 220-7140/7141 • sales@kz.prosoft.ru • www.prosoft-kz.com
ВОЛГОГРАД	Тел.: (8442) 260-048 • volgograd@prosoft.ru • www.prosoft.ru
ЕКАТЕРИНБУРГ	Тел.: (343) 376-2820; 356-5111 • Факс: (343) 310-0106 • info@prosoftsystems.ru • www.prosoftsystems.ru
КАЗАНЬ	Тел.: (843) 203-6020 • Факс: (843) 203-6020 • info@kzn.prosoft.ru • www.prosoft.ru
КРАСНОДАР	Тел.: (861) 224-9513 • Факс: (861) 224-9513 • krasnodar@prosoft.ru • www.prosoft.ru
Н. НОВГОРОД	Тел.: (831) 215-4084 • nnovgorod@prosoft.ru • www.prosoft.ru
НОВОСИБИРСК	Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • Факс: (383) 230-2729 • info@nsk.prosoft.ru • www.prosoft.ru
ОМСК	Тел.: (3812) 286-521 • Факс: (3812) 315-294 • omsk@prosoft.ru • www.prosoft.ru
ПЕНЗА	Тел.: (8412) 494-971 • Факс: (8412) 494-971 • penza@prosoft.ru • www.prosoft.ru
САМАРА	Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • info@samara.prosoft.ru • www.prosoft.ru
УФА	Тел.: (347) 292-5216/5217 • Факс: (347) 292-5218 • info@ufa.prosoft.ru • www.prosoft.ru
ЧЕЛЯБИНСК	Тел.: (351) 239-9360 • chelyabinsk@prosoft.ru • www.prosoft.ru

PROSOFT®

Новости мира News of the World Новости мира

Инновационный салон «Промышленная Светотехника Москва»

С 17 по 20 апреля 2017 г. в ЦВК «Экспоцентр» прошла 26-я выставка «ЭЛЕКТРО». В рамках выставки был организован 2-й инновационный салон «Промышленная Светотехника – Москва», организатором которого выступила компания «Белтеко».

В экспозиции «Промышленная Светотехника» приняли участие ведущие отечественные компании, которым есть что предложить потребителю в условиях нестабильной экономики. В рамках насыщенной деловой программы 22 предприятия рассказали о своих новинках и опыте установки современных светотехнических приборов на промышленных объектах, в офисах и торговых центрах, в уличном и архитектурном освещении. Кроме того, ввиду соседства с выставкой «НЕФТЕГАЗ», образцы взрывозащищённого промышленного освещения были представлены на стендах компаний «Арман», «Горэлтех», «Гелиосити», «KLM Group», «Suntek», «ТЗА».

Всего в экспозиции «ЭЛЕКТРО 2017» участвовали более 300 компаний из 14 стран мира. За четыре дня выставку посетили более 7000 специалистов, среди которых не менее 2000 инженеров и руководителей, занимающихся проектированием, установкой и обслуживанием освещения на промышленных предприятиях, в офисных, торговых, складских центрах, в учебных заведениях и государственных учреждениях, а также специалисты строительных организаций, предприятий ТЭК, сотрудники муниципальных образований, отвечающие за уличное и архитектурное освещение.

В рамках деловой программы состоялась семинары:

- Импортозамещение: наша светотехника для промышленности, складских и торговых комплексов. Осветительные приборы для ТЭК, АЭС, взрывоопасных производств;
- Комплексная модернизация осветительной сети предприятия;
- Световое пространство современного города.

Все презентации докладчиков можно скачать из раздела «деловая программа» сайта www.promlight-expo.ru/msk.

19 апреля состоялась автобусная экскурсия «Вечерняя Москва глазами светодизайнера», организованная при поддержке и непосредственном участии экспертов Школы светодизайна LiDS. Первым пунктом программы экскурсии стало знакомство с демозалом Школы LiDS «Световые эффекты и восприятие пространства». Далее экскурсия продолжилась по маршруту, охватившему самые знаковые световые точки вечерней Москвы: Смольную площадку МГУ, Ленинский проспект, Крымский мост, улицу Пречистенка, Храм Христа Спасителя, Гоголевский бульвар, Новый Арбат, Кудринскую площадь, Садовое кольцо, Тверскую улицу, Бульварное кольцо, метро Тургеньевская и др.

Следующая выставка «Промышленная Светотехника» пройдёт в Санкт-Петербурге с 3 по 6 октября 2017 г.

www.promlight-expo.ru/msk



Мощные светодиоды

Мощные светодиоды





Сверхъяркие SMD-светодиоды



Светодиодные модули



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ SEMILEDs



Активный компонент вашего бизнеса

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



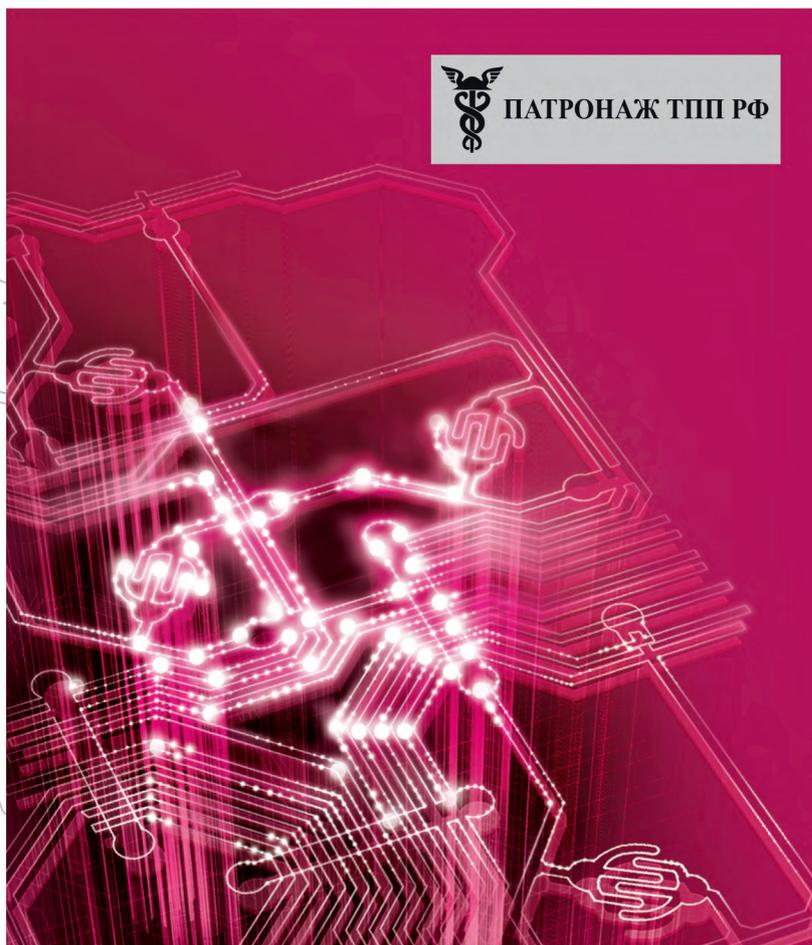


РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

XVII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА



ПАТРОНАЖ ТПП РФ



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

Организатор выставки:



PROFESSIONAL EXHIBITION & CONGRESS ORGANIZER

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

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

21 – 23 ноября 2017

Санкт-Петербург, ПСМК

Оптимальный подход к построению AC/DC-систем средней мощности

Сергей Воробьёв (Москва)

В статье рассмотрен метод организации распределённой системы вторичного электропитания средней мощности на основе AC/DC-преобразователей TDK-Lambda серии PFE, описан основной функционал этих устройств и даны практические рекомендации по их применению.

ВВЕДЕНИЕ

Построение современной распределённой системы вторичного электропитания довольно сложный, трудоёмкий и ресурсозатратный процесс. Он включает в себя множество этапов, таких как выбор архитектуры построения, элементной базы, конструктива и т.д.

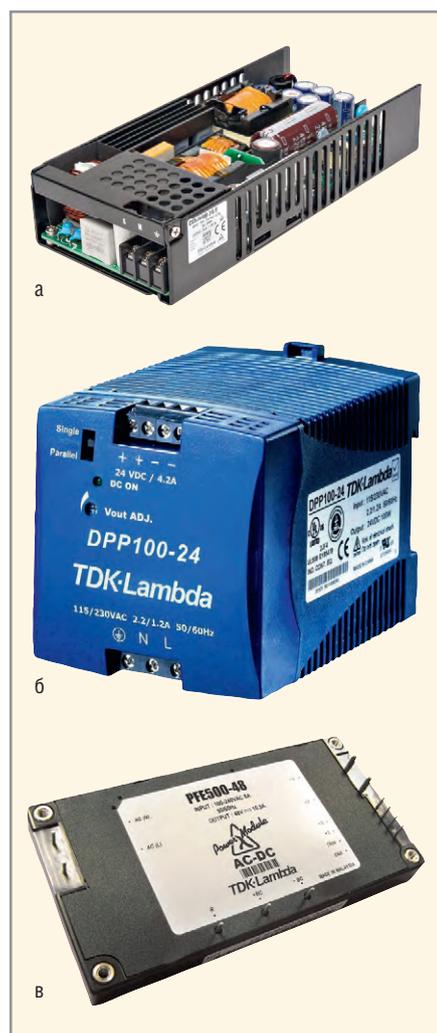


Рис. 1 Внешний вид AC/DC-преобразователей TDK-Lambda: а – в открытом исполнении; б – для крепления на DIN-рейку; в – для монтажа на печатную плату в низкопрофильном корпусе типа BRICK

При этом, если в качестве первичной цепи будет выступать сеть напряжения переменного тока 220 В / 50 Гц, что достаточно широко распространено в промышленной аппаратуре, объектах городской инфраструктуры или электронике повышенной надёжности для наземного базирования, это может достаточно сильно отразиться на габаритах конечного изделия. Многие разработчики при организации системы питания мощностью от 100 Вт применяют AC/DC-преобразователи (см. рис. 1а и 1б), которые выполнены в промышленном форм-факторе и предназначены для крепления на панель или для монтажа на DIN-рейку. Такое решение, как правило, имеет большие массогабаритные показатели, меньшую стойкость к воздействиям внешних факторов и, в ряде случаев, оказывается неоптимальным. Поэтому в последнее время наметилась тенден-

ция применения в новых разработках модульных компактных низкопрофильных AC/DC-преобразователей (см. рис. 1в), оснащённых активным корректором коэффициента мощности (АККМ). Такие модули имеют высокие технические характеристики и малые габариты, которые позволяют гармонично встраивать эти компоненты в современные архитектуры распределённых систем питания.

Подходы к созданию РАСПРЕДЕЛЁННЫХ СИСТЕМ ПИТАНИЯ AC/DC

Тенденции последних лет показывают, что современная система питания должна обладать достаточно большим функционалом, таким как обеспечение стабильности выходных параметров, гальваническая изоляция между первичной и вторичной цепью питания, высокое значение КПД, широкий ряд номиналов выходных напряжений, соответствие требованиям ЭМС, расширяемость, возможность контроля параметров и т.д., оставаясь при этом достаточно компактной. В связи с этим появились различные подходы к разработке. В частности, распределённые архитектуры IBA (Intermediate Bus

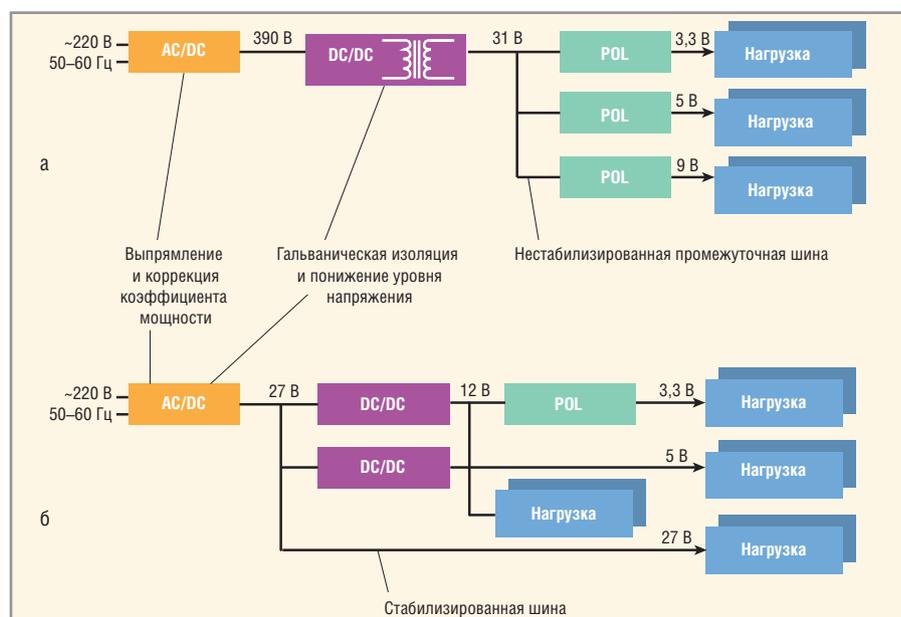
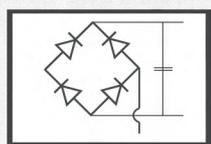
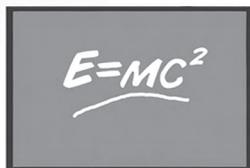


Рис. 2. Пример распределённых систем электропитания: а – IBA (Intermediate Bus Architecture) – схема электропитания с промежуточной шиной; б – DPA (Distributed Power Architecture) – распределённая схема электропитания с каскадированием

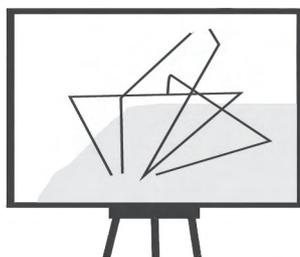


Простые

Подходы к построению AC/DC-системы питания могут быть разные...



Сложные



Иногда абсурдные...



Но оптимальное решение уже есть:



Серия PFE модульных AC/DC-преобразователей:

- Диапазон входных напряжений: ~ 85-265 В
- Коэффициент мощности: 0,95
- Ряд выходных напряжений: 12, 28, 48 В
- Выходная мощность: 300-1000 Вт
- КПД: до 90%
- Напряжение пробоя (вход-выход): 3000 В (DC)
- Тип корпуса: BRICK с металлическим основанием
- Диапазон рабочих температур: -40...+100 °C

АВТОРИЗОВАННЫЙ СЕРВИСНЫЙ ЦЕНТР • ПРОРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ • ОБРАЗЦЫ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ • СКЛАД

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ TDK-LAMBDA С 2002 ГОДА





Рис. 3. Решения TDK-Lambda для преобразования напряжения переменного тока (AC) в постоянное (DC): а – выпрямитель, совмещённый с корректором коэффициента мощности, серия PF; б – AC/DC-преобразователь, серия PFE

Architecture) и DPA (Distributed Power Architecture) (см. рис. 2). Основное их преимущество – снижение габаритов системы питания при повышении эффективности и функциональности системы в целом.

Архитектуры IBA и DPA уже хорошо зарекомендовали себя на практике [1]. Системы питания, построенные по этим принципам, можно встретить в самых разных сферах применения, начиная от телекоммуникационного оборудования и заканчивая высоконадёжными решениями для оборонно-промышленного комплекса [1, 2]. Для реализации таких систем питания современный рынок электронных компонентов предлагает множество компактных высокоэффективных DC/DC-преобразователей, которые, как правило, выполнены в стандартизованных корпусах. Примером такого стандартного исполнения может служить корпус типоразмера BRICK (в пер. с англ. – кирпич). Система питания, построенная на таких преобразователях, фактически формируется из готовых «кирпичиков», что позволяет организовать распределённую схему электропитания, которая будет обладать всеми необходимыми номиналами выходных напряжений при малых габаритах. И если решений для преобразования высокого напряжения постоянного тока в низковольтные значения сегодня достаточно много (ведущие мировые производители предлагают широкую элементную базу – модули вторичного электропитания, ЕМI-фильтры, POI-регуляторы и т.п.), то в случае, когда речь идёт о первичном преобразовании, т.е. из напряжения переменного тока в напряжение постоянного тока, проблема подбора элементной базы для оптимального решения ока-

зывается гораздо сложнее. Как правило, подобный блок становится самым крупногабаритным узлом в системе электропитания. Фактически он должен обеспечить компенсацию реактивной мощности, выпрямление, гальваническую изоляцию, а также понижение уровня выходного напряжения. Решения в виде отдельных крупногабаритных AC/DC-преобразователей (см. рис. 1а), которые нередко оснащены системой активного охлаждения, могут свести к минимуму преимущества распределённых архитектур DPA и IBA. Учитывая подобную ситуацию, ряд ведущих производителей ввели в состав своих серийных изделий специализированные модули для адаптации DC/DC-преобразователей к питающим сетям переменного тока – так называемые модульные выпрямители со встроенным корректором коэффициента мощности (ККМ) (см. рис. 3а). Такой модуль предназначен для использования совместно с DC/DC-модулем и позволяет преобразовать переменное напряжение 220 В / 50 Гц в постоянное 360–400 В, что адаптирует питающую сеть к работе с DC/DC-преобразователями. Подобное решение оправдано, если разрабатываемая система электропитания обладает большой мощностью (свыше 1000 Вт) и широким рядом выходных напряжений (более 5).

Использование комбинации из нескольких ККМ и DC/DC-преобразователей позволяет создать очень гибкую систему. Однако, в том случае, когда требуется сформировать только три-четыре выходных значения напряжения (например, 5, 12 и 27 В), а суммарная мощность составляет не более 700–1000 Вт, использование отдельной связки ККМ и DC/DC-преобразователя оказывает-

ся нерациональным, т.к. приводит к увеличению габаритов и стоимости конечного изделия. Оптимальное решение такой задачи предложил один из ведущих производителей модулей и систем электропитания – израильская компания TDK-Lambda, которая разработала стабилизированные, гальванически изолированные AC/DC-преобразователи серии PFE, выполненные в модульных корпусах типа BRICK и предназначенные для монтажа на печатную плату (см. рис. 3б).

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДУЛЕЙ TDK-LAMBDA СЕРИИ PFE

Серия PFE включает более 10 моделей AC/DC-преобразователей с базовыми уровнями выходных напряжений 12, 28 и 48 В. Параметры первичной сети для всей серии имеют широкие допуски: 85...265 В / 47...63/440 Гц. Конструктивно модули серии PFE выполнены в герметизированном пластиковом корпусе с металлическим основанием, близком по размеру с форм-фактором Full Brick (см. рис. 3б) и предназначенном для монтажа на печатную плату. Герметизация модуля осуществляется специальным теплопроводным компаундом, обеспечивающим эффективный отвод тепла от электронных компонентов модуля. Кроме того, на металлическом основании модулей присутствуют резьбовые втулки для надёжного крепления радиатора.

Применение современной элементной базы позволило разработчикам TDK-Lambda минимизировать размеры модулей. Например, высота профиля AC/DC-преобразователя PFE700SA48 мощностью 700 Вт составляет всего лишь 12,7 мм, а габариты основания – 116,8 × 61 мм. Столь высокая удельная мощность была достигнута благодаря применению ключевых элементов (силовых MOSFET-транзисторов) в компактных SMD-корпусах, плоских сердечников из пермаллоевых сплавов, обмоток с плоским проводом и т.д. При этом верхняя граница диапазона рабочих температур корпуса составляет 100°C, что соответствует требованиям, предъявляемым к изделиям для промышленного применения.

Схемотехнически модули серии PFE представляют собой комбинацию из двух функциональных блоков (см. рис. 4). Первый осуществляет преобразование напряжения переменного тока в посто-

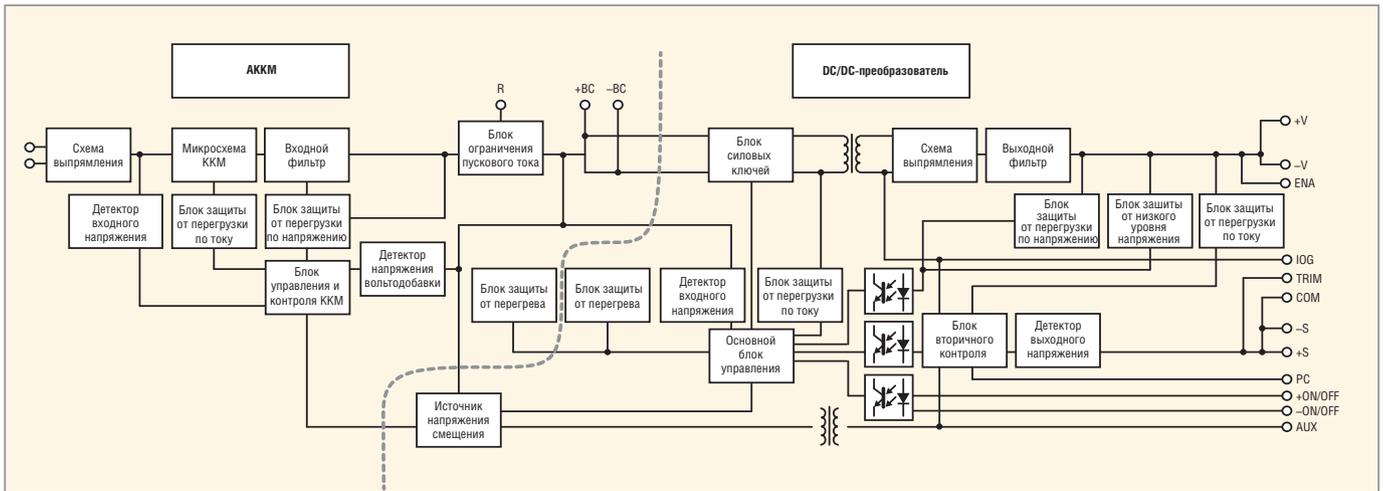


Рис. 4. Структурная схема AC/DC-преобразователя серии PFE

янное, а также коррекцию коэффициента мощности, второй – это фактически изолированный DC/DC-преобразователь [3]. Его основной функционал заключается в понижении и стабилизации уровня напряжения постоянного тока, а также в гальванической изоляции между первичной и вторичной цепью питания. В итоге выходное напряжение может быть использовано как в качестве промежуточной шины питания, так и непосредственно для подключения активной нагрузки. На сегодняшний день в состав серии PFE включены преобразователи мощностью от 300 до 1000 Вт (см. таблицу). Из дополнительного функционала модулей можно отметить активную схему деления тока, которая позволяет организовать параллельное подключение модулей с перераспределением нагрузки (до 6 модулей), встроенный источник опорного напряжения 11 В, наличие защиты от перегрева и от перегрузки как по току, так и по напряжению, а также функцию удалённого включения/выключения (см. рис. 4).

СХЕМА ВКЛЮЧЕНИЯ МОДУЛЕЙ TDK-LAMBDA СЕРИИ PFE

Модули серии PFE являются достаточно функциональными устройствами и включают в себя все основные активные и токонагруженные элементы, гарантирующие заявленный набор характеристик и параметров. Однако, для уменьшения массогабаритных показателей конечных изделий, реализация тонких или специфических настроек, которые могут быть необходимы для решения отдельных задач, должна осуществляться при помощи ряда компонентов во внешней обвязке. Эти компоненты можно условно поделить на три функциональных

Преобразователи TDK-Lambda серии PFE

Наименование	Выходное напряжение, В	Максимальный выходной ток, А	Выходная мощность, Вт	Нестабильность выходного напряжения, мВ	КПД, % (100/115 В / 200/230 В)	Диапазон рабочих температур, °С
PFE300SA-12	12	25	300	48	84/85	-40...+100
PFE500SA-12	12	33	396	48	84/86	
PFE500F-12	12	42	504	48	81/83	
PFE1000FA-12	12	60	720	48	84/86	
PFE300SA-28	28	10,8	302	56	87/89	
PFE500SA-28	28	18	504	56	87/89	
PFE500F-28	28	18	504	56	84/86	
PFE1000FA-28	28	36	1008	56	86/89	
PFE300SA-48	48	6,3	302	96	88/90	
PFE500SA-48	48	10,5	504	96	89/91	
PFE500F-48	48	10,5	504	96	84/86	
PFE1000FA-48	48	21	1008	96	87/90	
PFE700SA-48	51 (50-57)	14	714	-	89/91	

блока: блоки входного и выходного фильтра обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) и блок накопительных конденсаторов. При этом в руководствах по применению модулей PFE даны подробные рекомендации по выбору компонентов для реализации таких функциональных блоков [4].

Рассмотрим более подробно типовую схему включения на примере модуля PFE1000FA с выходной мощностью в 1000 Вт (см. рис. 5).

Начнём с блока входного ЕМI-фильтра. Как известно, модуль электропитания без правильно организованной системы фильтрации электромагнитных помех может оказывать нежелательное влияние на электронное оборудование любого устройства или прибора, которое с ним непосредственно взаимодействует. Таким образом, проблему ЭМС рекомендуется рассматривать достаточно тщательно.

Природа электромагнитных помех подразумевает их распространение как по проводникам (кондуктивные помехи), так и через окружающее пространство и непроводящие среды (индуктивные, излучаемые помехи) [5].

При этом необходимо чётко понимать требования по ЭМС, которые могут существенно различаться в зависимости от сферы и объекта применения. Примером могут служить такие стандарты, как европейский EN55022 и японский VCCI. В них описаны два набора ограничений на уровни помех: оборудование класса А, которое может использоваться в промышленных зонах, и оборудование класса В, которое используется в жилых помещениях [6].

На схеме включения (см. рис. 5) представлен многозвенный ЕМI-фильтр для модуля PFE1000FA. Он состоит из нескольких синфазных дросселей (L1,

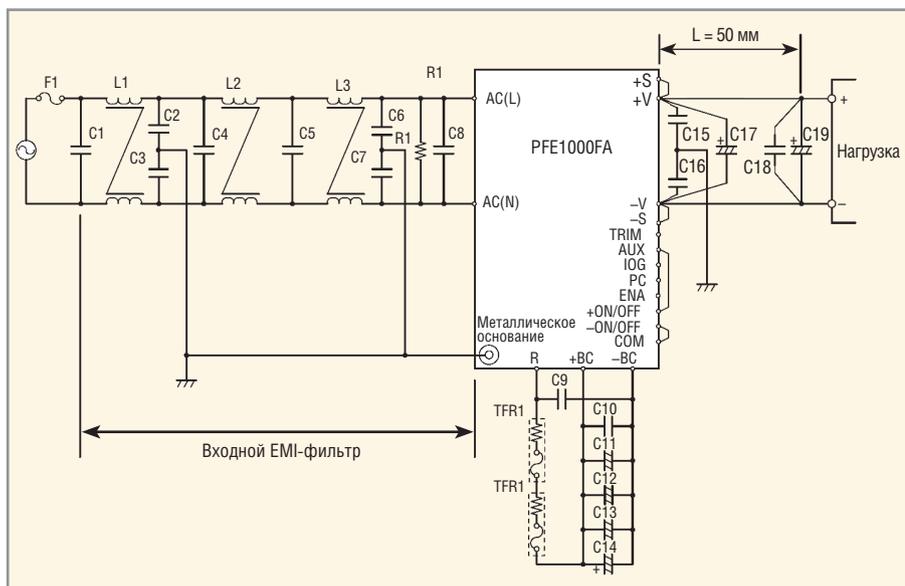


Рис. 5. Схема включения модуля PFE1000FA

L2, L3), включённых последовательно, а также ряда конденсаторов двух типов – X (C1, C4, C5, C8) и Y (C2, C3, C6, C7). Такое решение обеспечивает подавление как дифференциальной, так и синфазной составляющей кондуктивной помехи. В итоге совместное использование фильтра с модулем PFE1000FA позволяет получить характеристики, которые дают возможность «уложиться» в рамки стандарта VCCI по классу А для применения на промышленных объектах.

На рисунке 6 приведены спектрограммы кондуктивных помех на входе модуля AC/DC-преобразователя PFE1000FA-28 при условии 100-процентной нагрузки и входном напряжении 100 В AC. Также, говоря о входном фильтре, стоит упомянуть стабилизирующий нагрузочный резистор R1 номиналом 470 кОм (так называемый Bleeder Resistor), который, с одной

стороны, обеспечивает поддержание минимального тока через синфазный дроссель для увеличения его эффективности, а с другой – обеспечивает безопасный разряд конденсаторов.

Перейдём к описанию организации выходного фильтра в рассматриваемом примере. Как правило, требования для него формируются с учётом специфики конечных устройств. Выходной фильтр предназначен для уменьшения как помех на основной частоте преобразования, так и компенсации выбросов высоких частот.

В приведённом примере он состоит из конденсаторов Y-типа (C16, C15), основная задача которых – снизить синфазное излучение, которое присутствует в индуктивных помехах [5], а также пары электролитических конденсаторов (C17, C19), которые предназначены для уменьшения шумов и обеспечения более ста-

бильной работы преобразователя. Это типовое решение, в свою очередь, обеспечивает достаточно приемлемый уровень подавления шумов и пульсаций.

И, наконец, рассмотрим блок накопительных конденсаторов. Он является ключевым в обвязке преобразователей серии PFE и необходим для нормального функционирования АККМ, который фактически представляет собой повышающий boost-преобразователь. Его основная задача – формирование и поддержание на требуемом уровне промежуточного постоянного высоковольтного напряжения (примерно 390...400 В). Данный уровень напряжения является входным для DC/DC-преобразователя, который находится в составе модуля PFE1000FA и формирует окончательное выходное напряжение. Ввиду сравнительно небольшой рабочей частоты (100 кГц), boost-преобразователю требуется блок внешних накопительных конденсаторов с рабочим напряжением не менее 450 В. Производитель предлагает выбрать величину ёмкостного элемента из диапазона 780–2300 мкФ. Но, с учётом специфики boost-преобразователя, на расчёт ёмкостного элемента влияет множество параметров, и номинал указанного конденсатора рассчитывается по определённой методике. Если отходить от общепринятых рекомендаций, которые даны в тематической литературе [7], то расчёт минимальной ёмкости накопительного конденсатора в схемах активных ККМ основывается либо на необходимости поддержания выходного напряжения после исчезновения напряжения питающей сети, либо на заданном коэффициенте пульсаций выходного напряжения по второй гармонике [7].

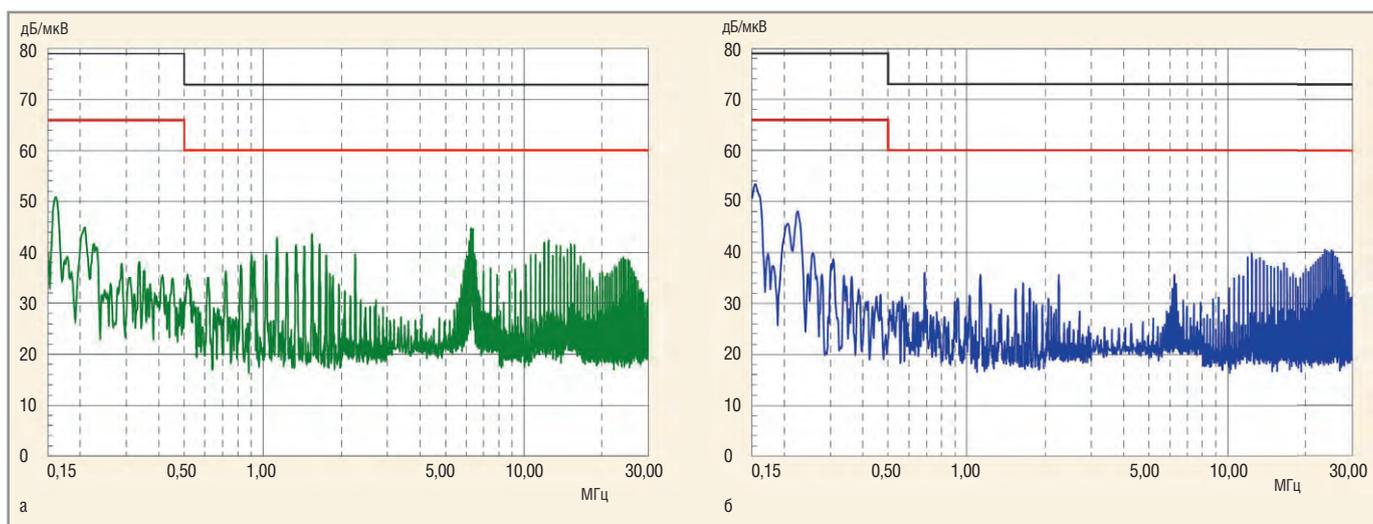


Рис. 6. Спектр кондуктивных помех AC/DC-преобразователя PFE1000FA-28: а – фаза L; б – фаза N

В первом случае требуемая ёмкость накопительного конденсатора определяется как:

$$C = \frac{2 \left(\frac{P \times \Delta t}{\eta} \right)}{U_{\text{вых max}}^2 - U_{\text{вых min}}^2}, \quad (1)$$

где Δt – время поддержания выходного напряжения на уровне не меньше $U_{\text{вых min}}^2$ после исчезновения напряжения питающей сети. Предполагается, что в течение времени Δt $P_n = \text{const}$. C – ёмкость накопительного конденсатора (Ф), $U_{\text{вых max}}^2$ – максимальное напряжение на конденсаторе (В), $U_{\text{вых min}}^2$ – минимальное напряжение на конденсаторе (В), P – мощность (Вт), η – КПД потребителя (%).

В итоге, если рассчитать величину ёмкости накопительного конденсатора, например, для модели PFE1000FA-28 и нагрузки в 800 Вт, сети 220/50 Гц, то мы получим:

$$C = \frac{2 \left(\frac{800 \times 0,05}{0,87} \right)}{390^2 - 200^2} = 820 \text{ мкФ.}$$

Значения параметров при этом следующие: $P = 800$ Вт, $\eta = 87\%$, $U_{\text{вых max}} = 390$ В, $U_{\text{вых min}} = 200$ В, $\Delta t = 50$ мс (Hold Up Time).

Далее, обычно, найденную номинальную ёмкость уточняют с учётом возможного разброса реальных значений ёмкостей электролитических конденсаторов [7], например, при разбросе, равном 20%:

$$C = \frac{1}{1-0,8} \times 820 = 1025 \text{ мкФ.}$$

Вторая методика основана на заданном коэффициенте пульсаций выходного напряжения по второй гармонике. Для вычисления ёмкости накопительного конденсатора предлагается воспользоваться следующей формулой:

$$C = \frac{\left(\frac{P}{\eta} \right)}{4\pi \times f \times K_n - U_{\text{вых}}^2}, \quad (2)$$

где f – частота питающей сети (Гц), $K_n = \frac{U_{\text{cr}}}{U_{\text{max}}}$ – коэффициент пульсаций напряжения, U_{cr} – амплитуда второй гармоники напряжения на выходном конденсаторе.

Принимая $U_{\text{cr}} = 4$ В, получаем $K_n = 1\%$.

Для аналогичной конфигурации:

$$C = \frac{\left(\frac{800}{0,87} \right)}{4 \times 3,14 \times 50 \times 0,01 \times 390 \times 390} = 939 \text{ мкФ}$$

$$C = \frac{1}{1-0,8} \times 939 = 1173 \text{ мкФ.}$$

В итоге при расчёте по разным методикам получаются довольно близкие значения 1025 и 1173 мкФ, что сопоставимо с данными, которые рекомендует производитель (см. рис. 7). Однако эти значения справедливы для идеального конденсатора, а в реальных системах всегда будут присутствовать такие параметры, как эквивалентное последовательное сопротивление (ESR), эквивалентная последовательная индуктивность (ESL) и т.п. В итоге, согласно рекомендации производителя, ёмкость накопительного конденсатора для серии PFE1000FA может быть увеличена вплоть до 2300 мкФ.

Наличие в выходной цепи конденсатора большой ёмкости накладывает определённые требования по ограничению пусковых токов. Модуль PFE1000FA содержит встроенный контроллер ограничения пускового тока конденсатора, но для его функционирования необходимо установить резистор и предохранитель, включённые последовательно для ограничения тока и, соответственно, защиты (TFR101, 102). В качестве элементной базы рекомендуется использовать плавкие вставки с фиксированным значением сопротивления (10–20 Ом). Это уменьшает риск протекания максимально высоких токов через входной каскад.

Типономиналы компонентов на схеме включения (см. рис. 5):

- C1, C4, C5, C8: 1 мкФ (плёночный конденсатор);
- C2, C3: 470 пФ (керамический конденсатор);
- C6, C7: 4700 пФ (керамический конденсатор);
- C9, C10: 1 мкФ (плёночный конденсатор);
- C11, C12, C13, C14: 300 мкФ (электролитический конденсатор);
- C15, C16: 0,033 мкФ (плёночный конденсатор);
- C18: 2,2 мкФ (керамический конденсатор);
- C17, C19: (электролитический конденсатор),
12 В 1000 мкФ,
28 В 470 мкФ,
48 В 220 мкФ;
- R1: 0,5 Вт, 470 кОм;
- L1, L2, L3: 2 мГн;
- TFR1, TFR2: 5,1 Ом, 139°C;
- F1: 250 В (AC), 25 А.

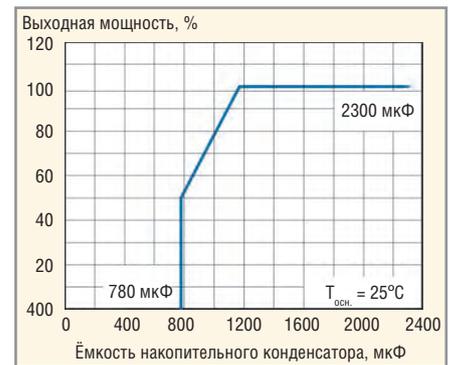


Рис. 7. Рекомендуемая величина ёмкости накопительного конденсатора для модулей серии PFE1000FA

Дополнительный функционал модулей TDK-Lambda серии PFE

Современные модули электропитания нередко обладают дополнительным функционалом и сервисными функциями, которые позволяют контролировать процесс работы системы электропитания, масштабировать её и динамически изменять её параметры. В результате у разработчиков появляется возможность организовать комплексную систему с более гибкой и функциональной архитектурой. Модули PFE обладают большим набором подобных функций. Рассмотрим более подробно наиболее интересные из них.

Возможность параллельной работы

Параллельное включение модулей позволяет создать эффективную систему электропитания, которая будет обладать такими преимуществами, как модульность, возможность резервирования, высокие показатели КПД и т.п. В серии PFE таким функционалом обладают модули с выходной мощностью 500, 700 и 1000 Вт.

При организации параллельной работы модулей необходимо учитывать множество факторов. В первую очередь, это относится к одновременному включению модулей и перераспределению нагрузки между ними. И если одновременное включение заключается просто в подаче на управляющий вывод активного управляющего уровня напряжения в один и тот же момент времени, то у задачи перераспределения нагрузки есть ряд особенностей. Даже несмотря на то, что модули PFE500SA и PFE1000SA являются стабилизированными и точность установки выходного напряжения составляет примерно $\pm 2\%$, рассогла-

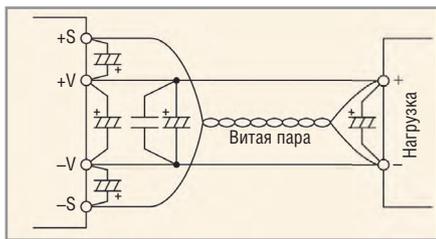


Рис. 8. Вариант реализации функции компенсации падения выходного напряжения для случая нахождения нагрузки на значительном расстоянии

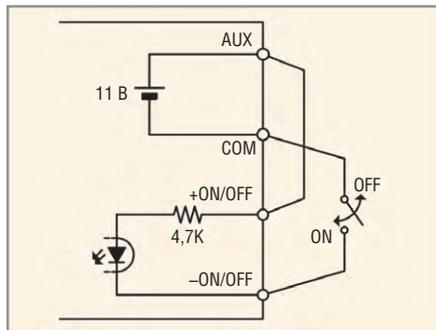


Рис. 9. Вариант реализации включения/отключения модуля при помощи функции дежурного питания (AUX)

сование выходного напряжения приведёт к разной нагрузке на модули при работе в параллельном режиме. Чтобы этого не происходило, необходимо соединить между собой выводы РС каждого модуля. Это позволит обеспечить перераспределение нагрузки и подключение до 6 модулей параллельно, с максимальной нагрузкой 85% на каждый.

Подстройка выходного напряжения

Кроме того, как для параллельной работы, так и для отдельно используемых модулей, возможна подстройка выходного напряжения в пределах $\pm 20\%$ от номинального значения. Подстройка осуществляется как при помощи подачи с внешнего источника напряжения через согласующий резистор 10 кОм, так и при помощи внешних резисторов. При этом необходимо, чтобы подстроечные резисторы обладали довольно высоким уровнем точности. Использование высокоточных резисторов (с отклонением от номинального значения сопротивления не более 1%) позволит обеспечить не только точную установку уровня выходного напряжения, но и корректную работу схемы регулировки и распределение токовой нагрузки между модулями при параллельном включении. Помимо использования подстроечного резистора,

на точность установки выходного напряжения также влияет топология печатной платы. Соединения и токоведущие дорожки между подстроечным резистором и выводом SENSE должны быть проложены отдельно и максимально изолированы от других соединений, по которым протекает большой ток.

Защита от перенапряжения на выходе

В целях обеспечения защиты нагрузки, а также цепей выходного каскада модуля питания от превышения величины выходного напряжения, в модулях PFE реализована функция защиты от перенапряжения на выходе – Over Voltage Protection (OVP). Она очень важна для предохранения нагрузки от выхода из строя при возможной неисправности модуля питания и рассчитана на случай серьёзной неисправности: защита срабатывает при значениях выходного напряжения, составляющих 125...145% от номинального. Уровень срабатывания функции OVP фиксирован и не может быть изменён.

При обнаружении превышения выходного напряжения модуль PFE в первую очередь отключает подачу выходного напряжения на нагрузку, тем самым обеспечивая её защиту. Далее происходит отключение входного силового каскада и запускается проверка уровня выходного напряжения. Если уровень выходного напряжения начинает снижаться и достигает отметки в 20 В (для модели с выходным напряжением 48 В), то происходит перезапуск модуля питания.

При разработке системы питания нужно также учитывать тип нагрузки и при необходимости обеспечить дополнительную защиту. Например, при использовании нагрузки, которая может самопроизвольно увеличить напряжение, желательно установить дополнительные развязывающие диоды на выходе. В качестве примера такой нагрузки можно привести асинхронный двигатель. При отключении он может войти в режим генератора, что в итоге приведёт к повышению напряжения на выходе модуля питания. Без дополнительной защиты, в таком случае, может произойти повреждение и выход модуля из строя.

Защита от перегрузки по току

Этот вид защиты реализован с помощью функции Over Current Protection

(OCP), которая не менее важна, чем функция OVP, поскольку позволяет обеспечить защиту модуля питания от короткого замыкания и перегрузки по току. Логика её работы в целом похожа на логику работы функции OVP. Перегрузка модуля питания PFE по току приводит к снижению уровня выходного напряжения. Функция OCP отслеживает уровень выходного напряжения и, при уменьшении его более чем на 20% от номинального в течение около 0,5 с, активирует защиту. Последовательность действий модуля питания также схожа с функцией OVP: вначале происходит отключение нагрузки, а затем входного каскада модуля, с последующим отслеживанием уровня выходного напряжения для дальнейшего перезапуска модуля.

Значение уровня срабатывания защиты от перегрузки по току OCP, как и в случае с OVP, фиксировано. Следует отметить, что непрерывное и долговременное нахождение модуля питания PFE в состоянии короткого замыкания или перегрузки может привести к его повреждению.

Защита от перегрева

Для защиты модулей PFE от возможного перегрева разработчики компании TDK-Lambda дополнили их функцией Over Temperature Protection (OTP). Эта функция будет активизироваться при нагреве модуля питания до температур +105...+130°C. Следует подчеркнуть, что при нагреве вплоть до +104°C модули серии PFE продолжают функционировать в штатном режиме благодаря применению теплопроводных компаундов, которые позволяют отводить тепло с самых токонагруженных элементов на металлическое основание модуля. Логика работы функции OTP схожа с описанными защитными функциями OPV и OCP, и приводит к перезагрузке модуля питания.

Запрет включения нагрузки

Наличие большого ёмкостного элемента в схеме модулей PFE накладывает определённые ограничения на включение. Это связано с тем, что для начала работы модулю нужен определённый минимальный уровень заряда конденсатора. Соответственно, для его формирования необходим временной интервал, в течение которого к модулю не будут подключены внешние потребители. Для решения этой задачи модули PFE имеют выход разрешения под-

ключения нагрузки ENA. Подключение к выводу реализуется по схеме «открытый коллектор». С помощью этой функции можно реализовать постепенное включение всей системы питания.

Индикация ошибки

На случаи возникновения каких-либо нештатных ситуаций, в модулях PFE, например, при срабатывании функций OVP, OTP и OCP, или при работе с малой нагрузкой вследствие отключения внешних потребителей тока, предусмотрена функция IOG Terminal. Эта функция позволяет удалённо идентифицировать наличие нештатного режима работы системы питания. Подключение функции IOG Terminal реализуется по схеме «открытый коллектор».

Внешняя обратная связь

Ещё одна важная особенность преобразователей серии PFE заключается в их способности компенсировать падение напряжения на выходных линиях в случае, когда нагрузка расположена на некотором расстоянии от преобразователя. Это обеспечивается присоединением выводов +S к точке с высоким потенциалом непосредственно около нагрузки и присоединением вывода -S к точке нагрузки с низким потенциалом.

Логика работы функции внешней обратной связи заключается в отслеживании разницы напряжений между выводами выходного напряжения +V/-V и +S/-S. В случае различия, модуль питания поднимает выходное напряжение, компенсируя тем самым падение на линии. При значительном удалении нагрузки от модуля питания (например, в другом блоке) линию +S/-S желатель-

но реализовывать при помощи кабеля типа «витая пара» для лучшей помехозащищённости цепи, а также добавить электролитический конденсатор между выводами +V/-V и +S/-S (см. рис. 8). В случае неиспользования этой функции, выводы +S/-S должны быть соединены с соответствующими выводами выходного напряжения V+ и V-.

Удалённое включение/выключение, дежурное питание AUX

Также модули питания серии PFE предоставляют такую важную при построении многоуровневой системы электропитания функциональную возможность, как дистанционное включение/выключение. Схемотехнически функция реализована при помощи встроенной оптопары (см. рис. 9).

Кроме того, стоит отметить наличие в модулях PFE вывода вспомогательного источника дежурного питания (вывод AUX) с напряжением 11 В и максимальной нагрузкой 20 мА, который может быть использован для подачи питания на оптопару и реализации функции удалённого включения и выключения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Построение современной системы электропитания состоит из множества этапов, которые включают в себя выбор архитектуры, элементной базы, конструктива и т.д. При этом AC/DC-преобразователь может стать самым крупногабаритным компонентом в проектируемой системе. Этот факт может быть достаточно критичным при построении распределённых схем электропитания средней мощности (до 1000 Вт) с небольшим количеством потребителей.

Для существенного уменьшения габаритов конечного изделия компания TDK-Lambda выпускает хорошо зарекомендовавшие себя на рынке стабилизированные гальванически изолированные AC/DC-преобразователи серии PFE с выходной мощностью 500–1000 Вт. Серия PFE оснащена активным корректором коэффициента мощности и выполнена в герметизированных корпусах BRICK, что позволяет создать мощную, компактную, эффективную и функционально оснащённую систему питания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьёв С. Построение системы электропитания по принципу ИВА для высоконадежной радиоаппаратуры. Почему бы и нет? Компоненты и технологии. 2015. №6.
2. Воробьёв С. Выбор элементной базы для систем вторичного электропитания приёмопередающих модулей АФАР. Компоненты и технологии. 2014. №10.
3. Жданкин В. Компактные источники питания AC/DC для жёстких условий эксплуатации. Современная Электроника. 2009. №3.
4. TDK-Lambda PFE500F-1000F Series Instruction Manual. www.tdk-lambda.ru/KB/PFE500F1000F-Installation-Manual.pdf.
5. Воробьёв С. Характеристики электромагнитных помех в системе электропитания и методы борьбы с ними. Силовая электроника. 2016. №4.
6. Ланцов В., Эраносян С. Электромагнитная совместимость импульсных источников питания: проблемы и пути их решения. Часть 1. Силовая электроника. 2006. №4.
7. Белов Г.А., Серебрянников А.В. Расчёт корректора коэффициента мощности с упрощённой двухконтурной системой управления. Практическая силовая электроника. 2010. №3 (39).



Новости мира News of the World Новости мира

Ростех создаёт производство медицинских нанороботов в Сибири

Объединённый холдинг «Росэлектроника» откроет в Красноярске Центр разработки передового электронного оборудования для диагностики, неврологии, хирургии, онкологии и других направлений медицины. Об этом заявил в преддверии Красноярского экономического форума советник генерального директора Госкорпорации Ростех Сергей Сокол.

Работа ведётся совместно с Фондом перспективных исследований, Сибирским отделением РАН, Сибирским федеральным университетом, Красноярским государ-

ственным медицинским университетом при содействии Минздрава России, Министерства образования России и Федерального медико-биологического агентства.

На мощностях Центра планируется производство оборудования и программного обеспечения для магнитной энцефалографии, цифровых управляемых лекарств, новейших медицинских сенсорных систем. Отдельным направлением работы станет разработка и производство бионанороботов для молекулярно-клеточной тераностики и систем экспресс-диагностики в онкологии.

В числе разработок, которые могут выйти в серийное производство в ближайшее

время, – технология, позволяющая в три раза быстрее заживлять хирургические швы и раны с помощью специальных вакуумных повязок и магнитных наноконструкций.

Готовятся к экспериментальному производству системы интраоперационной и дифференциальной экспресс-диагностики. Также прорабатываются условия производства бионанороботов и медицинских роботизированных систем.

Разработки ведутся в рамках концепции «Развитие медицинской робототехники в Российской Федерации на период до 2035 г.»

www.ruselectronics.ru

Применение осциллографа для исследования импульсов ЛЧМ

Брэд Фрайден, Keysight Technologies, Inc.

В статье описано применение сегментированной памяти осциллографа и программного обеспечения анализа импульсов для измерения амплитуды, частоты и фазы импульсов РЛС и систем РЭБ.

Импульсные измерения в ВЧ-, СВЧ- и КВЧ-диапазонах сопряжены с определёнными трудностями, связанными с необходимостью широкой полосы анализа, а также из-за стремления оценить значительный период активности системы. В данной статье представлено применение с этой целью

сегментированной памяти осциллографа и программного обеспечения анализа импульсов – подробно описывается методика для измерения таких параметров РЛС и систем РЭБ, как амплитуда, частота и фаза импульсов, приводятся способы оптимизации точности.

Если для достижения равномерной амплитудной и фазовой характеристик используются методы прямой оцифровки, что справедливо для некоторых высокочастотных осциллографов, то связанная с этими методами высокоскоростная дискретизация приводит к очень быстрому расходу памяти захвата. В связи с этим возникает потребность в сегментированной памяти, когда полезные сигналы размещаются в сегментах памяти, и приёмник игнорирует интервалы времени, где полезные сигналы отсутствуют, как показано на рисунке 1.

Роль сегментированной памяти осциллографа в достижении больших интервалов захвата импульсных ВЧ-сигналов

Рассмотрим импульсный ВЧ-сигнал с несущей частотой 15 ГГц и полосой модуляции 2 ГГц.

Для захвата модулированного импульсного сигнала частотой 15 ГГц осциллограф должен использовать достаточно высокую частоту дискретизации, в данном случае не менее $\sim 2,5 \times 16$ ГГц или 40 Гвыб/с. Чтобы иметь некоторый запас за пределами полосы модуляции 2 ГГц и избежать наложения спектров, следующей более высо-

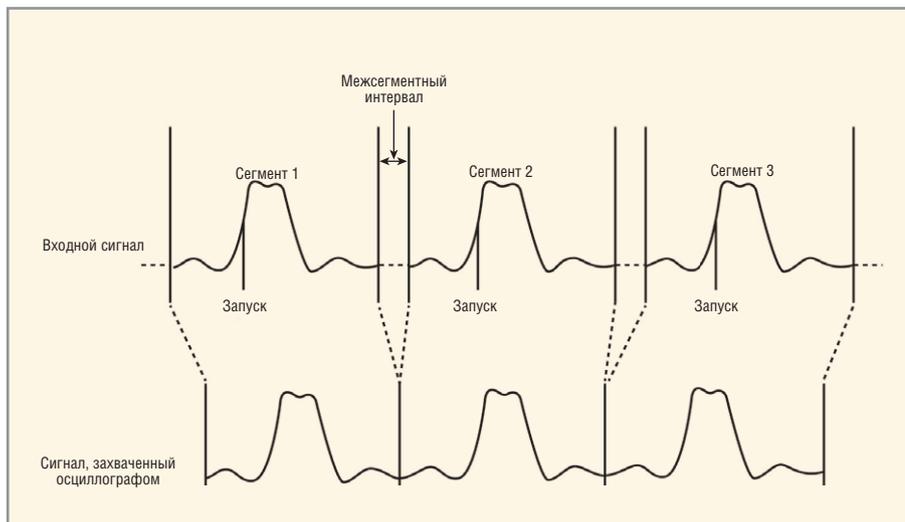


Рис. 1. Метод сегментированной памяти (полезные сигналы сохраняются в сегментах памяти)

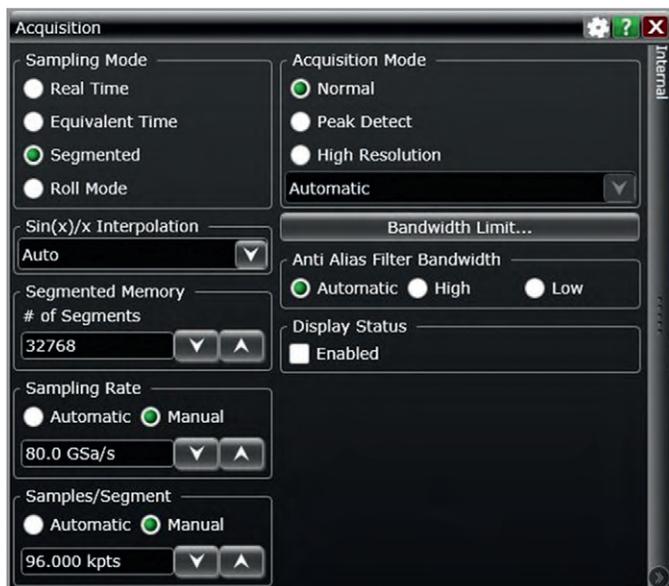


Рис. 2. Настройка сегментированной памяти (сегменты длительностью 1,2 мкс для захвата импульсов длительностью 1 мкс)



Рис. 3. Сегментированная память осциллографа с полосой пропускания 33 ГГц (содержит 32 000 импульсов в 32 000 сегментах по 1,2 мкс на сегмент)

кой частотой дискретизации будет полная частота дискретизации осциллографа 80 Гвыб/с, обеспечивающая захват полосы 33 ГГц.

Если использовать стандартный метод захвата, когда в память заносятся все выборки, независимо от характера сигнала, то при полной частоте дискретизации 80 Гвыб/с, соответствующей полосе осциллографа 33 ГГц, и при использовании всей имеющейся памяти 2 Гвыб, получится максимальный интервал захвата 25 мс:

$$(2 \text{ Гвыб}) / (80 \text{ Гвыб/с}) = 25 \text{ мс.}$$

Теперь рассмотрим последовательность импульсов длительностью 1 мкс с периодом следования 100 мкс (частота повторения импульсов 10 кГц). Если захватить такую последовательность с помощью описанного выше осциллографа, то получится примерно 250 импульсов, что вытекает из следующего уравнения:

$$(25 \text{ мс}) / (100 \text{ мкс} / \text{импульс}) = 250 \text{ импульсов.}$$

Однако, используя сегментированную память осциллографа, можно значительно увеличить число захваченных импульсов. В режиме сегментированной памяти можно создать сегменты чуть большие по размеру, чем самый длинный захваченный импульс. Например, для захвата импульсов длительностью 1 мкс можно использовать сегменты размером 1,2 мкс.

Сегментированную память можно настроить так, чтобы получить сегменты длительностью 1,2 мкс, объём памяти 96 тыс. выборок на сегмент и число сегментов 32 768 (см. рис. 2).

Расчёт необходимого объёма сегментированной памяти очень прост, если знать, что частота дискретизации равна 80 Гвыб/с, а длина сегмента – 1,2 мкс:

$$(80 \text{ Гвыб/с}) \times (1,2 \text{ мкс}) = 96\,000 \text{ выборок.}$$

Теперь, нажав на кнопку захвата «Single» (однократно), можно захватить 32 000 импульсов в 32 000 сегментах, что будет соответствовать 3,3 с активности сигнала.

На рисунке 3 показан сегментированный захват импульсного ВЧ-сигнала с несущей частотой 15 ГГц и шириной линейной частотной модуляции (ЛЧМ) 2 ГГц. Обратите внимание, что здесь имеется кнопка «Play» (воспроизведение), которая позволяет воспроизвести 32 000 сегментов. Причём для 32 000 захваченных импульсов рассчитаны статистические показатели.



Рис. 4. Расчёты ПО анализа импульсов (расчёты основаны на измерениях, выполненных с использованием сегментированной памяти осциллографа)

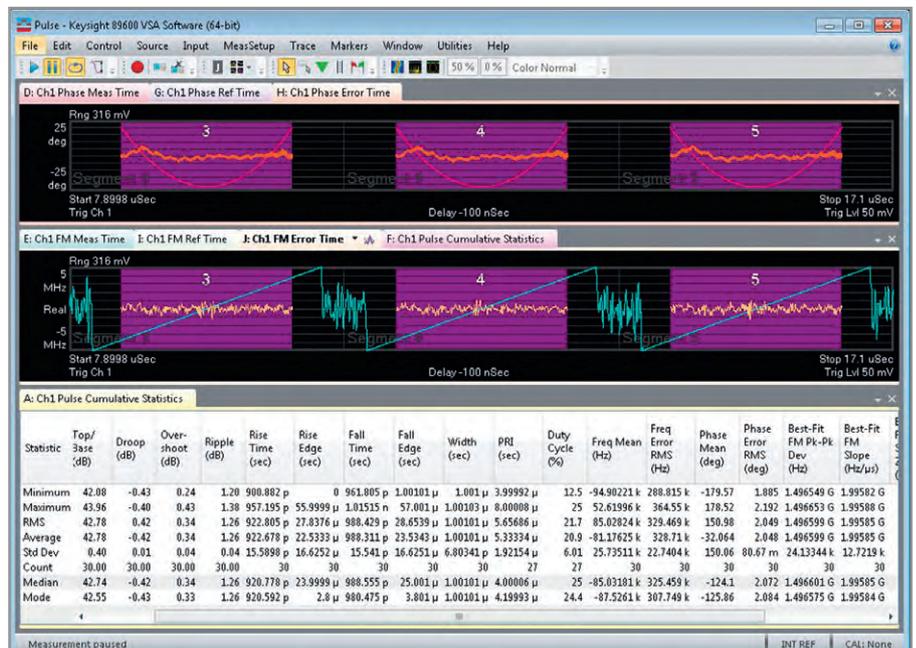


Рис. 5. Статистический анализ по 1000 сегментам памяти

Сегментированная память осциллографа в сочетании с ПО анализа импульсов оптимизирует измерения импульсов РЛС

Сегментированная память может работать под управлением программного обеспечения векторного анализа сигналов, в результате чего статистический анализ импульсов выполняется по большому числу ВЧ-импульсов, захваченных в сегментированную память. Такой анализ можно выполнить на полученных в результате цифрового понижающего преобразования частоты выборках осциллографа, где формат преобразуется в модулирующий

I/Q-сигнал. Измерения настраиваются на центральную частоту и выбирается полоса анализа чуть шире спектра сигнала. Это обеспечивает выигрыш за счёт обработки и позволяет снизить шум измерения.

После подавления шума над данными I/Q можно выполнить множество измерений, включая изменение амплитуды, частоты и фазы вдоль ВЧ-импульса. Пример таких измерений показан на рисунке 4, где анализируются импульсы, содержащиеся в сегментах памяти 3, 4 и 5.

В этом примере измеряется линейный сдвиг частоты ЛЧМ вдоль ВЧ-импульса, а затем сравнивается с идеальным

линейным нарастанием частоты (центральная правая панель). После этого рассчитывается и отображается разность между измеренным импульсом и идеальным линейным нарастанием (горизонтальная линия с шумом). Видно, что измеренное и идеальное нарастание немного отличаются друг от друга. Кривая ошибки отображается в масштабе 1 МГц/дел с девиацией пика примерно 500 кГц, а среднеквадратичная погрешность по частоте в нижней правой таблице демонстрирует погрешность частоты порядка 300 кГц.

Аналогичным способом сдвиг фазы вдоль импульса сравнивается с идеальным параболическим сдвигом фазы (верхняя правая панель), характеризующим линейную частотную модуляцию импульсов РЛС. Разность между измерением и эталоном можно растянуть, и увидеть, насколько исследуемая система отклоняется от идеала. Из нижней правой таблицы на рисунке 4 вид-

но, что девиация пика составляет примерно от +8 до -5 градусов, а среднеквадратичная погрешность фазы равна 2 градусам.

Спектральный состав ВЧ-импульса показан в левой центральной панели, огибающая ВЧ-импульса – в верхней левой панели, а разность между измеренной амплитудой огибающей и идеальной прямой линией показана в нижней левой панели.

И, наконец, параметры импульсов, захваченных в сегментированную память, можно подвергнуть статистическому анализу. На рисунке 5 показаны результаты статистического анализа, выполненного по 1000 сегментам захваченных данных.

При непосредственном захвате широкополосных импульсных ВЧ-сигналов высокая требуемая частота дискретизации затрудняет захват большого числа импульсов из-за быстрого расхода доступной памяти

захвата. Одним из способов решения этой проблемы является режим сегментированной памяти, где импульсы сохраняются в сегментах памяти, а на время промежутков между импульсами захват отключается.

ПО анализа импульсов может управлять сегментированным захватом и в цифровом виде преобразовывать захваченные ВЧ-сигналы в модулирующие I/Q-сигналы. Это позволяет настроить измерение на нужную частоту несущей и выбрать полосу обзора чуть шире полосы исследуемого сигнала, уменьшив тем самым шум и увеличив точность измерения.

Время проверки системы уменьшается за счёт возможности сравнения реальных измеренных характеристик импульсов с идеальными сигналами амплитуды, фазы и частоты, что позволяет выявлять проблемы, связанные с созданием сигналов или с характеристиками системы. ©

Новости мира News of the World Новости мира

«Эльбрус» защитит российскую энергетику от хакерских атак

Совместную разработку защищённой микропроцессорной системы релейной защиты и автоматики (РЗА) для российских электроподстанций ведут компания «НИПОМ» и объединённый холдинг «Росэлектроника» (входит в «Ростех»). Основой системы стали отечественные вычислительные комплексы на базе микропроцессора «Эльбрус».

Система предназначена для установки на реконструируемых и новых подстанциях, обладает высоким уровнем отказоустойчивости, гарантирует отсутствие «закладок» и защиту от несанкционированного вмешательства в работу энергообъектов. В составе «Росэлектроники» проект ведёт Институт электронных управляющих машин (ИНЭУМ) им. И.С. Брука – разработчик линейки микропроцессоров «Эльбрус» и средств вычислительной техники на их базе.

Созданная РЗА интегрируется в автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) электроподстанций единой национальной электрической сети (ЕНЭС). Она позволяет выполнять задачи защиты и автоматики в соответствии со стандартом МЭК 61850, снабжена функцией самодиагностики и может работать без вмешательства

человека на протяжении всего срока эксплуатации.

Система микропроцессорной релейной защиты и автоматики была представлена на стенде компании «НИПОМ» в ходе Международной выставки-конференции «Релейная защита и автоматика энергосистем-2017», которая прошла 25 апреля в Санкт-Петербурге.

www.ruselectronics.ru

Бизнесмены ищут тендеры в Интернете

Поисковые запросы бизнесменов стали объектом необычного исследования, которое провели специалисты Ассоциации участников закупок (АУЗ). Интерес к тематике неслучаен: согласно статистике, общая сумма контрактов, предложенных государственными и частными компаниями посредством электронных торговых площадок, уже достигает в нашей стране 32 трлн руб. Из них 6,4 трлн приходится на предложения государственных компаний и ещё 25,7 трлн – на долю частных заказчиков.

Эксперты АУЗ оценили частоту запросов поисковых слов и словосочетаний: электронные закупки, коммерческие закупки, госзакупки, тендеры и др. Согласно полученным данным, слово «тендер» оказалось одним из самых популярных среди людей, которые ищут заказчиков во всемирной сети. Количество запросов по нему в марте 2017 г. соста-

вило почти 690 тыс. На втором месте оказались «госзакупки» с 430 тыс. запросов в месяц. С большим отрывом от лидеров, на 3 и 4 местах соответственно, расположились «электронные закупки» и «коммерческие закупки». Как ни парадоксально, эти два последних термина относятся к профессиональным, но именно они оказались менее популярными у бизнесменов.

Однако наиболее важным результатом исследования, по мнению Ассоциации участников закупок, стала статистика по количеству запросов этих слов: всего за год частота запросов увеличилась на 28–163%. А общее суммарное количество запросов по словам, связанным с тендерами, выросло за первые три месяца 2017 г. на 878%!

По заявлению руководителя аналитического центра АУЗ Владимира Ястребова, такая тенденция прогнозировалась ассоциацией ещё три года назад. Специалисты предупреждали участников рынка о возрастающем интересе малого и среднего бизнеса к системе электронной торговли, что неизбежно приведёт к возрастанию конкуренции. При этом аналитик акцентирует внимание, что увеличение конкуренции может сказаться на итоговых суммах контрактов и призывает предпринимателей активизировать своё участие в электронных закупках: более доступных пока с точки зрения количества участников и привлекательных сумм контрактов.

www.iemag.ru



XIII МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ

ТОЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ — ОСНОВА КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ

проводится в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 5 апреля 2014 г. № 541-р

**17-19 мая 2017 г., Москва, ВДНХ,
павильон 75, «Россия»**

ПРОГРАММА ФОРУМА



METROEXPO-2017

Метрология и Измерения
13-я выставка средств измерений, испытательного оборудования и метрологического обеспечения.



CONTROL&DIAGNOSTIC-2017

Контроль и Диагностика
6-я выставка промышленного оборудования и приборов для технической диагностики и экспертизы.



RESMETERING-2017

Учёт энергоресурсов
6-я выставка технологического и коммерческого учета энергоресурсов.



LABTEST-2017

Лабораторное оборудование
5-я выставка аналитических приборов и лабораторного оборудования промышленного и научного назначения.



PROMAUTOMATIC-2017

Автоматизация
5-я выставка оборудования и программного обеспечения для производственных процессов.



WEIGHT SALON 2017

Весовой салон
Выставка весового оборудования.

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ



ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Консолидация усилий власти, науки и бизнеса в развитии отечественного приборостроения для обеспечения нужд промышленности и оборонного комплекса страны, а также повышение эффективности российской системы измерений, совершенствование нормативной базы метрологии с учетом международных тенденций в целях поддержки инноваций и их продвижения.

Организаторы



РОССТАНДАРТ

Поддержка



Международные партнеры



Ключевые партнеры выставки



Стратегический партнер



Генеральный спонсор



Устроитель и выставочный оператор



Реклама

ДИРЕКЦИЯ ФОРУМА

129344, Москва, ул. Искры 31, корп. 1, Технопарк ВДНХ
Тел./Факс: +7 (495) 937-40-23 (многоканальный)

www.metrol.expoprom.ru
E-mail: metrol@expoprom.ru

Что особенного в осциллографических пробниках для шин питания?

Джозл Вудвард, Rohde & Schwarz (Мюнхен)

В статье представлены пробники для шин питания, специально разработанные для точного измерения целостности питания.

У осциллографических пробников много общего с инструментами, которые можно найти в гараже. Универсальный гаечный ключ, например, это отличный инструмент. Но для конкретной задачи, как правило, лучше подходит специализированный ключ. Эквивалентом универсального гаечного ключа в мире осциллографов выступает универсальный пассивный пробник с коэффициентом ослабления 10:1, который поставляется с большинством приборов. Такие пробники способны справляться с большим количеством измерительных задач, но их технические характеристики ограничивают точность измерений.

Ряд производителей осциллографов, в их числе и компания Rohde & Schwarz, предлагают пробники для шин питания – новый тип пробников, специально разработанный для точного измерения целостности питания.

Малые значения напряжений шин питания постоянного тока и жёсткие допуски сильно усложняют задачу точного измерения уровня пульсаций и шума в цепи питания. Напри-

мер, измеряемый размах напряжения на шине питания напряжением 1 В с допуском 1% составляет 10 мВ. Большинство устаревших моделей осциллографов и пробников имеют уровень собственных шумов, который превышает это значение. Именно поэтому производители осциллографов предлагают пробники, специально предназначенные для измерения переменных составляющих сигналов постоянного тока. Параметры пробников для шин питания позволяют понять, почему они так хорошо подходят для этой задачи.

Ослабление 1:1

Пробники с коэффициентом ослабления 10:1 уменьшают сигнал в десять раз до подачи его на входной каскад осциллографа. Осциллограф компенсирует это ослабление, умножая входной сигнал в десять раз. Это означает, что уровень собственных шумов также умножается в десять раз. В итоге получается слишком большой уровень шума для проведения точных измерений целостности питания. Хорошие пробники для измерения целостно-

сти питания обладают коэффициентом ослабления 1:1 с низким уровнем шума, который позволяет провести более точные измерения.

Встроенное смещение

Большинство осциллографов не способны обеспечить достаточное смещение, чтобы центрировать сигнал относительно номинального значения напряжения питания и увеличить его для получения более подробной информации о сигнале.

Например, осциллограф способен обеспечить смещение на 1,4 В при разрешении 10 мВ/дел. При измерении уровня пульсаций и шума для более высоких значений номинальных напряжений, скажем, 1,8 В или 3,3 В, пользователь не сможет центрировать сигнал и увеличить его. Придётся использовать вертикальное разрешение с меньшей чувствительностью. Пользователь должен будет установить более крупный масштаб по вертикальной оси, что означает увеличение амплитуды шума во время измерения. Т.к. пользователь не может увеличить сигнал, осциллограф использует только часть динамического диапазона АЦП, что также сказывается на точности измерений.

Пробники для шин питания обладают большим встроенным смещением, которое позволяет пользователям проводить центрирование и пользоваться функцией масштабирования для большого диапазона номинальных значений напряжения шин постоянного тока.

Полоса пропускания

Насколько для испытаний шин постоянного тока важна полоса пропускания? Зависит от ситуации.

Требования к полосе пропускания диктуются наличием гармоник, переходными процессами, мешающими наводками, которые возникают в шине питания. Быстрый анализ с помощью функции БПФ осциллографа позволяет выявить соответствующие сигналы. Именно поэтому пробники целостности питания, как правило, имеют полосу частот свыше 1 ГГц.

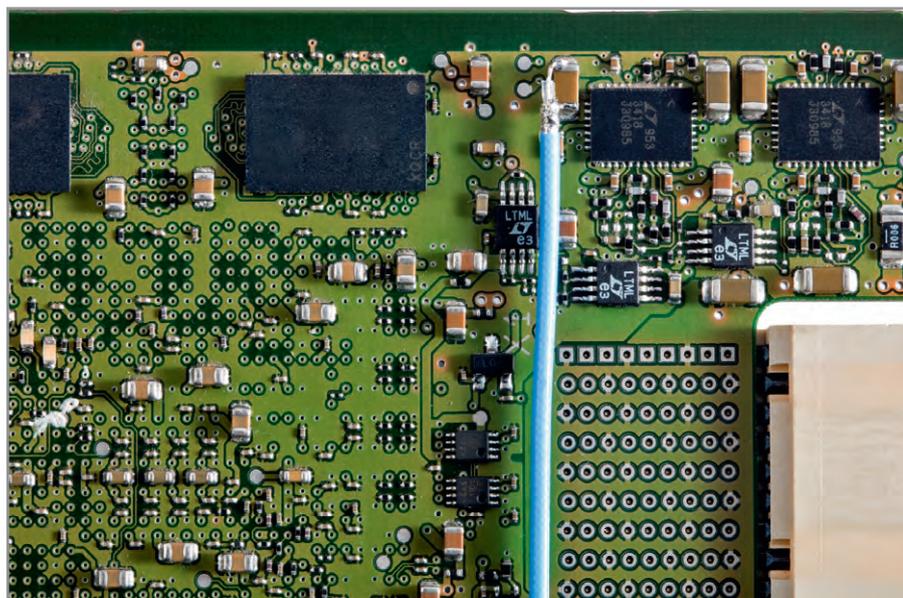


Рис. 1. Пробник для шин питания, припаянный к шунтирующему конденсатору

Входной импеданс по постоянному току

Значение импеданса шины питания обычно составляет несколько миллиом. Если пользователи подключают 50-омный тракт осциллографа к шине питания, они быстро обнаруживают, что напряжение постоянного тока падает из-за образовавшегося резистивного делителя напряжения. По этой причине пробники целостности питания имеют большое входное сопротивление по постоянному току, как правило, порядка 50 кОм. Высокие значения входного сопротивления обеспечивают минимальное изменение постоянного значения напряжения при подключении пробника к шине питания.

Пробники для шин питания, как и другие пробники, имеют быстроспадающую частотную характеристику. На высоких частотах входной импеданс опускается до 50 Ом, чтобы обеспечить согласование SMA-разъёма шины и коаксиального кабеля питания и устранить отражённый сигнал.

Пробники для шин питания поддерживают несколько вариантов подключения, включая 2,5-мм разъём, SMA-разъём и зажим для компонентов поверхностного монтажа. Для повышения точности измерений к шунтирующему конденсатору можно подключить впаиваемый 50-омный коаксиальный кабель (см. рис. 1).

Встроенный вольтметр постоянного тока

Пробники шин питания полезны не только для наблюдения за небольшими возмущениями на шинах питания, но также и для определения постоянного напряжения шины питания.

Более совершенные модели пробников для шин питания оснащены встроенным вольтметром постоянного тока. Он позволяет измерять значения напряжения постоянного тока, даже если сигнал не отображается на экране осциллографа. Эта возможность может быть полезна для быстрой оценки напряжений шины питания, а также для определения необходимого значения смещения, которое требуется ввести в осциллографе для центрирования сигналов.

Динамический диапазон

Важной характеристикой пробников шин питания, которая ограничивает их использование для задач, не связанных

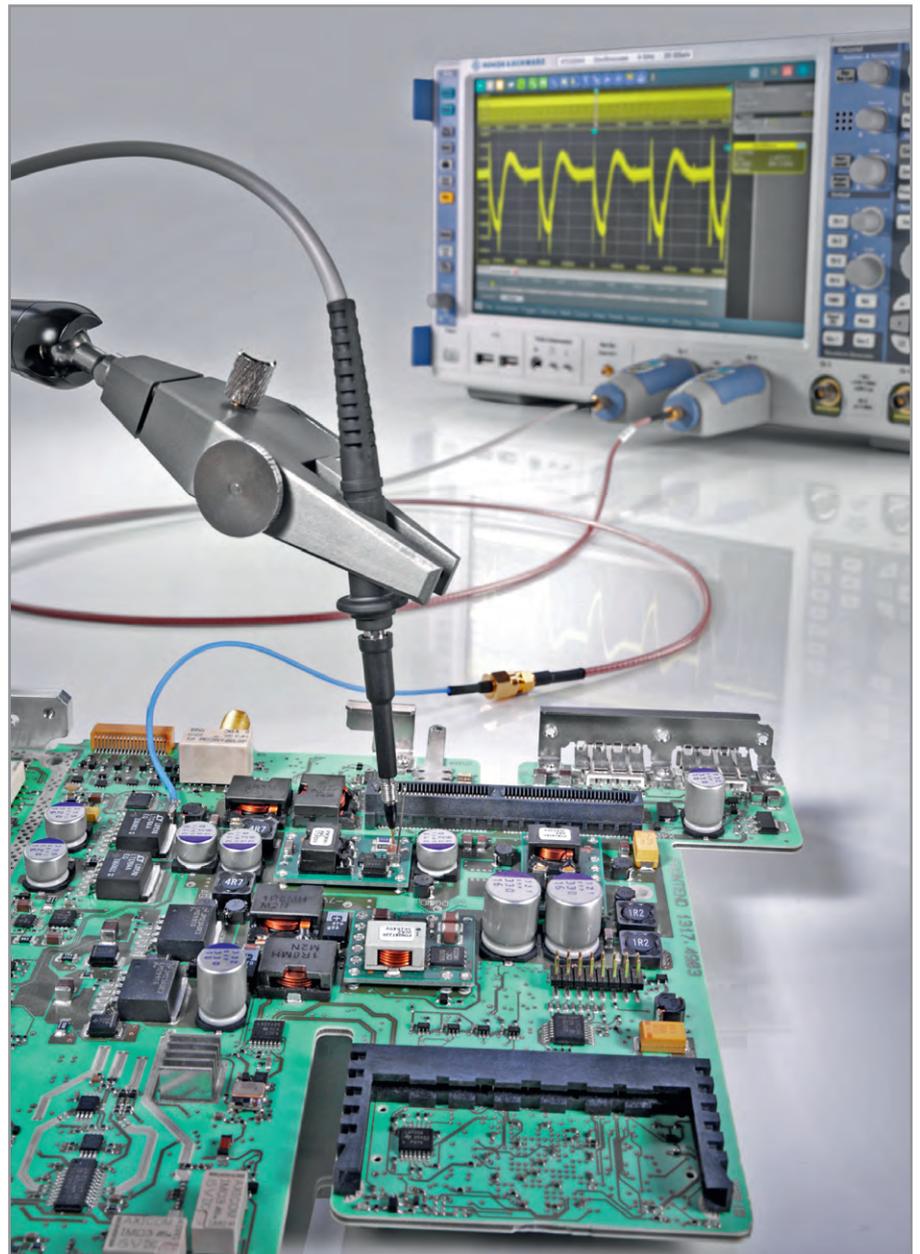


Рис. 2. Пример пробника R&S ZPR20 для шин питания

с измерением шин постоянного тока, является динамический диапазон. Эта величина определяет максимальный размах напряжения, который способен измерить пробник. Для большинства выпускаемых пробников шин питания это значение составляет порядка 850 мВ. Это означает, что такие пробники не подходят для задач, в которых размах напряжения превышает данное значение.

Специализированные пробники для проведения осциллографических измерений целостности питания в настоящее время набирают популярность. Например, пробник R&S ZPR20 (см. рис. 2) от компании Rohde & Schwarz обладает характеристиками (низкий уровень шума, встроенное смещение, широкая полоса пропус-

кания, улучшенное входное сопротивление и некоторые уникальные особенности, например, возможности измерения постоянного напряжения и связь по переменному току), которые не встречаются в традиционных пробниках, изначально предназначенных для использования в задачах с более высоким уровнем шума и пульсаций.

Активный пробник с коэффициентом ослабления 1:1 добавляет всего 120 мкВ шума (СКЗ переменного тока) при полосе пропускания 1 ГГц и вертикальном разрешении 1 мВт/дел. Пробник обладает лучшим в своём классе смещением ± 60 В, номинальной полосой пропускания 2 ГГц и содержит встроенный вольтметр R&S ProbeMeter для отображения значений постоянного напряжения.



Новости мира News of the World Новости мира

Новые разработки от ИФТТ РАН

Институт физики твёрдого тела Российской академии наук (ИФТТ РАН) представил на выставке «ЭкспоЭлектроника» свои разработки.

Тонкоплёночные преобразователи ультрафиолетового излучения в видимый свет. В качестве материалов для таких преобразователей использовались в основном люминофоры молибдатов европия, тербия и тулия, преобразующие УФ в красный, зелёный и синий свет, соответственно. Разработанная в ИФТТ РАН технология создания тонкоплёночных систем подсветки и освещения имеет низкую стоимость по основному компоненту и может быть использована при создании различных по своей форме и размерам изделий.

Маломасштабный образец батареи твёрдооксидных топливных элементов планарной конструкции мощностью до 500 Ватт для высокоэффективных энергоустановок различного назначения. В ИФТТ РАН разработана батарея твёрдо-

оксидных топливных элементов (ТОТЭ) планарной геометрии электролит-поддерживающей структуры. Мембранно-электродные блоки ТОТЭ изготовлены на базе трёхслойных мембран анионного проводника производства АО «НЭВЗ-Керамикс» (г. Новосибирск). Многослойные электроды с переменным составом и микроструктурой наносятся дешёвым и технологичным методом трафаретной печати (шелкография). Оптимизированная структура МЭБ позволяет получать высокие электрохимические характеристики (выше 250 мВт/см²), отвечающие мировому уровню развития технологии. Батареи ТОТЭ были испытаны в сертифицированном газо-температурном стенде.

Джозефсоновская магнитная память для сверхпроводниковой электроники. Переход к сверхпроводниковым логическим элементам является одним из перспективных направлений развития высокопроизводительных вычислительных систем. Существующие реализации элементов быстрой одноквантовой логики (БОК, RSFQ) основаны на туннельных джозефсоновских пере-

ходах, в которых ниобиевые сверхпроводящие берега соединены через туннельный слой оксида алюминия. Преимуществами таких контактов являются пикосекундные времена переключения между цифровыми состояниями и малое энерговыделение – порядка аттоджоуля на одно переключение. Долгое время развитие RSFQ-логики сдерживалось большим размером логических элементов, необходимым для хранения кванта магнитного потока, необходимостью использования криогенных жидкостей и отсутствием джозефсоновской магнитной памяти технологически совместимой с Nb-Al-технологией изготовления туннельных контактов. Первые две проблемы к настоящему времени уже решены путём разработки сухих рефрижераторов и джозефсоновских пи-контактов с отрицательным знаком ток-фазового соотношения. Данная разработка призвана решить третью проблему и открыть путь к реализации более практических сверхпроводниковых вычислителей.

www.expoelectronica.ru

АУО

LCD-панели AU Optronics

Высокое качество по лучшим ценам

Области применения:

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



PROCHIP
POWERED BY PROSOFT

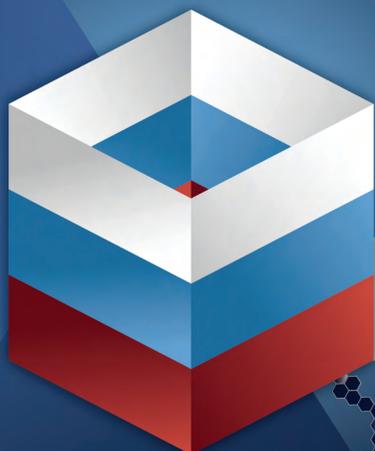
Активный компонент вашего бизнеса

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



Реклама

3-я специализированная выставка



ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

12-14 сентября 2017 года

МВЦ «Крокус Экспо»

- станкостроение
- машиностроение
- металлургия
- топливно-энергетический комплекс
- атомная промышленность
- химико-технологический комплекс
- сельское хозяйство
- производство, переработка и хранение продуктов питания
- информационные технологии, связь
- радиоэлектроника
- лесопромышленный комплекс и деревообработка
- строительная индустрия
- лёгкая промышленность
- локализация производства
- наука
- медицина
- фармацевтика
- банки и финансовые структуры
- православные традиции
- регионы России

Организатор:

 **Крокус Экспо**
Международный выставочный центр

www.imzam-expo.ru

12+
реклама

Применение инструментального усилителя для мостового включения двух мощных ОУ

Часть 2

Алексей Кузьминов (Москва)

Во второй части статьи представлены схемы мостового УМЗЧ, пик-детектора и тонкомпенсированного регулятора громкости, а также рассказывается о проблемах, возникающих при проектировании подобных устройств, и методах их решения.

В работе [1] была описана принципиальная схема двухканального усилителя, использующая инструментальный усилитель AD8295 для работы двух мощных ОУ LM4780, включённых по стандартной схеме инвертирующего ОУ. Эта схема показала хороший результат работы. Тем не менее, использование двух отдельных ОУ LM3886 вместо одной микросхемы LM4780 (двухканальная версия LM3886) в мостовом включении более предпочтительно, поскольку ОУ в LM4780 работают «друг на друга» и имеют один общий источник питания.

В схеме, показанной на рисунке 6, в отличие от предыдущего варианта [1], изменены номиналы некоторых компо-

нентов, исключены компоненты, существенно не влияющие на качество выходных сигналов, и добавлены новые, улучшающие показатели усилителя. Кроме того, схема разведена более компактно, размер платы составляет всего 20 × 30 мм.

Схемы каналов представляют собой два идентичных классических инвертора с коэффициентом усиления, равным отношению номиналов резисторов обратной связи R2 к номиналам входных резисторов R1, равных, соответственно, 20 и 2 кОм, т.е. $K_u = -10$. Для компенсации напряжения сдвига от тока смещения сопротивление резистора R3, подключённого к неинвертирующему входу, составляет $R2 \parallel R1 = 1,8$ кОм.

Цепочка R4C1 предотвращает самовозбуждение усилителя на ВЧ. Цепочка R5R6C2 служит той же цели и, кроме того, препятствует проникновению ВЧ составляющих сигнала в акустическую систему (АС), т.к. проволочный резистор R5 (0,1 Ом марки KNP500) имеет индуктивность около 1 мкГн. В цепочке R6C2 номинал резистора R6 уменьшен в два раза (до 1,2 Ом), а номинал ёмкости конденсатора увеличен в два раза (до 0,22 мкФ). Таким образом, ёмкостное сопротивление уменьшено в два раза по сравнению со стандартным включением [1]. Эти изменения связаны с тем, что при мостовом включении такая же цепочка R6C2, расположенная на выходе усилителя A-, оказывается включена последовательно с цепочкой усилителя A+, в связи с чем общее активное и реактивное сопротивление двух цепочек оказывается равным 2,4 Ом + 0,11 мкФ, т.е. соответствует рекомендуемым номиналам (2,7 Ом + 0,1 мкФ). Конденсаторы (C3, C6 – керамические; C4, C7 – плёночные; C5, C8 – электролитические с низким последовательным сопротивлением) подавляют шум источника питания в звуковом диапазоне частот.

Входные сигналы (InA- и InA+), поступающие с предварительного усилителя, подключаются к двум двухконтактным цанговым штыревым разъёмам XinA+ и XinA- типа PSLM-2. С платы предварительного усилителя (см. рис. 5) эти сигналы поступают по кабелю, показанному в пунктирном прямоугольнике в нижней правой части схемы.

Выходные сигналы канала A (OutA+ и OutA-) выведены на двухконтактный разъём XoutA типа XS16JK-2P, рассчитанный на максимальный ток 20 А.

Кабель питания ($\pm 12,5$ В и «земля») обоих каналов A и B подключается к БП с помощью четырёхконтактного разъёма XP типа XS20JK-4P, рассчитанного на максимальный ток 25 А на контакт, и представляет собой трёхжильный провод в поливинилхлоридной оплётке с площадью поперечного сечения каждой жилы 2,5 мм² (например, ПВС 3 × 2,5).

При питании $\pm 12,5$ В и сопротивлении нагрузки 4 Ом напряжения отсе-

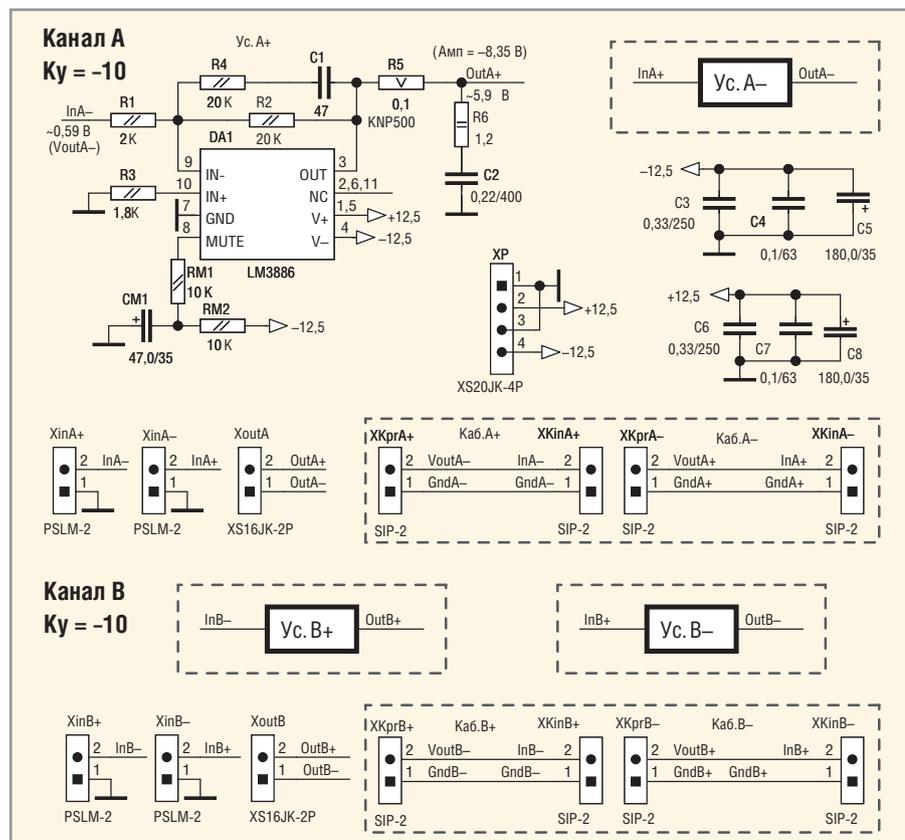


Рис. 6. Принципиальная схема двухканального мостового УМЗЧ на базе четырёх ОУ LM3886

чения для ОУ LM3886, согласно данным производителя, составляют 2,38 и 2,25 В, соответственно, для положительного и отрицательного напряжений питания. Взяв заведомо большее значение, например, 2,5 В, и вычтя его из напряжения питания, можно заключить, что максимальная амплитуда выходного сигнала не должна превышать $12,5 \text{ В} - 2,5 \text{ В} = 10 \text{ В}$. Это означает, что если амплитуда выходного сигнала каждого из ОУ в схеме на рисунке 6 выйдет за пределы 10 В, то верхушки синусоид будут «срезаны» и появятся искажения, воспринимаемые на слух. Однако, как упоминалось в первой части статьи, максимальная амплитуда сигнала в данной схеме не превышает 8 В. Таким образом, в схеме имеется запас по амплитуде, который составляет $10 \text{ В} - 8 \text{ В} = 2 \text{ В}$, и искажения по напряжениям отсечения полностью исключены.

Схема для канала В полностью идентична схеме канала А и условно показана в нижней части рисунка 6.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ПИК-ДЕТЕКТОРА

Как уже упоминалось, если амплитуда выходного сигнала при мостовом включении ОУ кратковременно выйдет за разумные пределы (например, 16 В), искажений, воспринимаемых на слух, не возникнет. Однако если эта амплитуда будет превышать предельный уровень достаточно длительное время, радиаторы блока питания и самого усилителя могут сильно разогреться, что приведёт к непредсказуемым последствиям. Для того чтобы проинформировать о выходе амплитуды за установленные пределы, используют различного рода устройства с индикацией. Так, практически во всех звуковых мониторах есть индикатор, обозначаемый как Limit, который выполняет подобную функцию. Зачастую схемы таких устройств, часто называемых сир-детекторами, пик-детекторами, достаточно сложны. В связи с этим была разработана новая, относительно простая и компактная ($26 \times 30 \text{ мм}$) схема. Несмотря на свою простоту, предлагаемый пик-детектор способен реагировать даже на самую короткую «иглолку».

Обычно для сравнения уровня сигнала с каким-либо значением применяют различного рода компараторы. Однако компараторы, как правило, предназначены для работы в цифровой технике и работают на частотах до десятков мега-

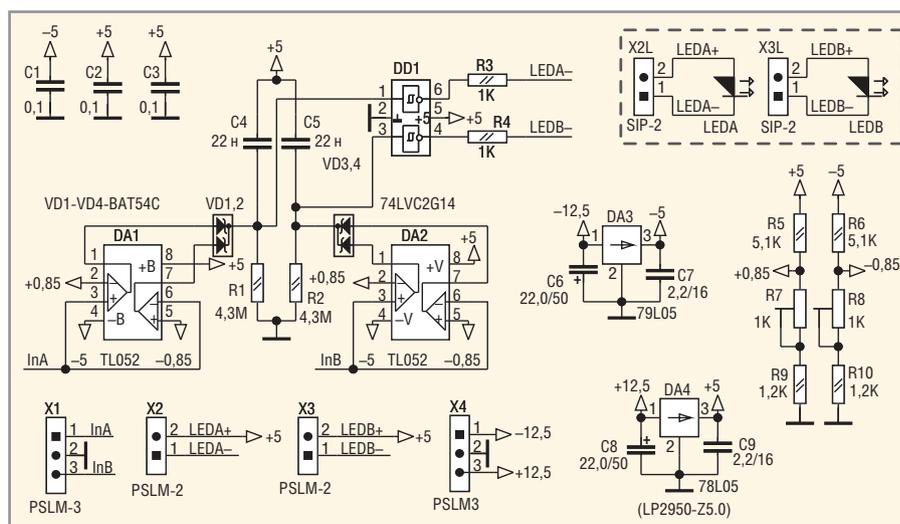


Рис. 7. Принципиальная схема пик-детектора

герц, в связи с чем имеют очень высокое быстродействие (до 200–300 В/мкс). В звуковом диапазоне применение микросхем компараторов нецелесообразно. Поэтому в качестве компаратора может использоваться обычный ОУ с несколько повышенным быстродействием TL052 (16 В/мкс при питании $\pm 5 \text{ В}$). Популярны ОУ TL072 и TL082 имеют чуть меньшее быстродействие (8 В/мкс и 10 В/мкс), однако это быстродействие указано при питании напряжениями $\pm 5 \text{ В}$ их быстродействие в спецификациях не отражено. Тем не менее, на взгляд автора, эти микросхемы вполне пригодны для использования в подобном устройстве.

Схема пик-детектора, представленная на рисунке 7, работает следующим образом. Два входных сигнала InA и InB, соответственно для каналов А и В, поступающие с трёхконтактного штыревого разъёма из цанговых штырей X1 типа PSLM-3, подключены к инвертирующим и неинвертирующим входам ОУ DA1 и DA2, реализованным на микросхеме TL052. Инвертирующие входы левых верхних ОУ (второй вывод) DA1 и DA2 подключены к постоянному напряжению $+0,85 \text{ В}$, а неинвертирующие входы правых нижних ОУ DA1 и DA2 – к постоянному напряжению $-0,85 \text{ В}$. Если, например, напряжение сигнала InA будет больше, чем $+0,85 \text{ В}$, то выходное напряжение верхнего ОУ DA1 станет равным $+5 \text{ В}$ (т.е. будет почти равно положительному напряжению питания). Если напряжение InA будет меньше $-0,85 \text{ В}$, то выходное напряжение правого нижнего ОУ DA1 тоже станет равным $+5 \text{ В}$. Если же напряжение InA будет находиться в пределах $\pm 0,85 \text{ В}$, то выходные напряжения обоих ОУ будут

почти равны -5 В (т.е. напряжению отрицательного источника питания).

Оба выхода ОУ DA1 подключены к анодам диодов VD1 и VD2, катоды которых соединены и одновременно подключены к RC-цепочке R1C4 и к входу верхнего триггера Шмитта DD1. Выход триггера Шмитта подключён к токоограничительному резистору R3, второй вывод которого (сигнал LEDA-) через двухконтактный цанговый штыревой разъём X2 типа PSLM-2 и кабель с ответным разъёмом X2L типа SIP-2 подсоединён к катоду светодиода LEDA. Анод этого светодиода подключён к напряжению питания $+5 \text{ В}$ (сигнал LEDA+).

При включении питания конденсатор C4 разряжен, и напряжение на входе триггера Шмитта станет равным положительному напряжению питания $+5 \text{ В}$ (логическая 1). Поскольку триггер Шмитта является ещё и инвертором, то на его выходе будет нулевой потенциал (логический 0). В связи с этим светодиод LEDA загорится и будет гореть до тех пор, пока конденсатор C4 не зарядится через резистор R1, т.е. на его нижней обкладке не появится нулевой потенциал. Как только это произойдёт, триггер Шмитта переключится, на его выходе установится логическая 1 (т.е. $+5 \text{ В}$), и светодиод погаснет. Время заряда конденсатора определяется постоянной времени R1C4 и составляет несколько десятых долей секунды.

Если сигнал InA выйдет за пределы $\pm 0,85 \text{ В}$, то один из диодов VD1, VD2 (или сразу оба) откроется и напряжение $+5 \text{ В}$ попадёт на конденсатор C4 (отчего он быстро разрядится) и на вход триггера Шмитта, который переключится. Светодиод LEDA загорится. Если сигнал InA имеет малую длительность («иглолка»), то

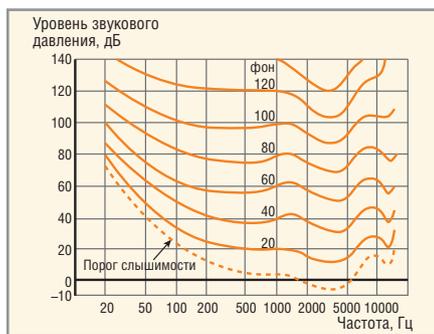


Рис. 8. Линии равной громкости

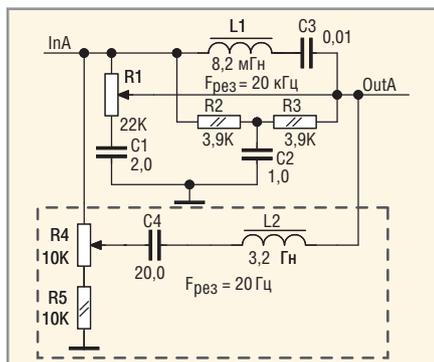


Рис. 9. Схема одноканального ТКРГ

при его пропадании выходное напряжение ОУ станет равным -5 В, отчего соответствующий диод (VD1 или VD2) закроется и конденсатор C4 будет медленно (с постоянной времени $R1C4$) заряжаться через R1 до потенциала «земли». Таким образом, с помощью описанной схемы даже самая короткая «иголка» заставит светодиод светиться несколько десятых долей секунды, что вполне достаточно для восприятия глазом.

В схеме в качестве источника питания используются два стабилизатора. Первый, 79L05 (DA3), выдаёт на выходе -5 В, второй, 78L05 (DA4), $+5$ В. Напряжения питания $\pm 12,5$ В поступают на схему с трёхконтактного цангового штыревого разъёма X4 типа PSLM-3.

Конденсаторы C1, C2 и C3 подключены к выводам питания $+5$ В DA1, DA2 и DD1 и служат для их надёжной работы в штатном режиме. Конденсаторы C6–C9 обеспечивают корректную работу стабилизаторов DA3 и DA4.

Для формирования напряжений $+0,85$ и $-0,85$ В используются делители напряжения R5R7R9 и R6R8R10 с подстроечными резисторами R7 и R8.

Поясним, откуда взялись напряжения $\pm 0,85$ В. Согласно схеме предварительного усилителя (см. рис. 5), при максимальном действующем значении входного напряжения V_{inA} , равном $\sim 0,3$ В, максимальное действующее значение выходного напряжения

V_{out+} составит $\sim 0,6$ В, а его амплитудное значение — $0,835$ В. При усилении этого напряжения в 10 раз амплитудное значение каждого из ОУ будет составлять $8,35$ В, а амплитудное значение выходного сигнала всего мостового усилителя будет составлять $16,7$ В (т.е. в два раза больше). Поэтому при амплитудном значении входного сигнала $0,85$ В амплитудное значение выходного сигнала будет составлять 17 В. Этот порог и был выбран в качестве напряжения, при котором срабатывает схема пик-детектора.

Необходимо отметить, что в ОУ LM3886 установлено внутреннее ограничение максимального тока выходного сигнала в 7 А, при превышении которого выходной сигнал ОУ отключается. Это означает, что если амплитудное значение выходного сигнала превысит 28 В, то при номинальном значении сопротивления нагрузки 4 Ом амплитудное значение тока будет как раз составлять 7 А. Этот факт ещё раз указывает на то, что динамический диапазон мостового усилителя достаточно широк.

Тонкомпенсированный регулятор громкости

В ходе эксплуатации тонкомпенсированного регулятора громкости (ТКРГ) [2], применённого в усилителе, описанном в [1], был выявлен ряд недостатков. Тонкомпенсация осуществлялась преимущественно по низким частотам, а по высоким она была недостаточна, что отражалось на слабой слышимости ударных инструментов при низком уровне громкости. Кроме того, уровень средних частот был достаточно высоким и часто «забивал» низкие и высокие частоты. И, наконец, подобный ТКРГ при малом уровне громкости обеспечивал подъём низких и высоких частот не более 20 дБ, чего явно недостаточно для высококачественного воспроизведения звука.

Если посмотреть на хорошо известные кривые равной громкости (Флетчера-Мэнсона, Робинсона-Дадсона, ГОСТ Р ИСО 226-209), показывающие, какое звуковое давление необходимо создать, чтобы различные частоты воспринимались человеком как одинаково громкие (см. рис. 8), то можно заметить следующее:

- значительно больший диапазон уровня звукового давления (по крайней мере, до 60 дБ при разумных уровнях громкости);
- кривые смещены в область средних частот (их минимум приходится на $3-5$ кГц);
- линии имеют специфическую форму, которая существенно отличается

от формы кривых, соответствующих АЧХ указанного регулятора громкости.

ТКРГ, в котором АЧХ при регулировке громкости более приближены к кривым равной громкости, был описан в работе [3]. Этот регулятор основан на резонансном контуре, настроенном на частоту 20 Гц. Снижение добротности контура позволило получить кривые резонанса, форма которых близка к кривым равной громкости. Однако из-за того, что частота резонанса $F_{рез}$ очень мала (20 Гц), для создания подобного резонансного контура потребуется применение ёмкостей и индуктивностей очень больших номиналов, а именно — их произведение должно быть $6,33 \times 10^{-5}$ Гн·Ф. Учитывая, что $F_{рез} = 1 / (2\pi)\sqrt{LC}$, при $L = 3,2$ Гн, ёмкость C составит 20 мкФ. В связи с этим вместо индуктивности был использован так называемый гиратор, т.е. схема на ОУ, моделирующая индуктивность. Однако сложность схемы, масса дополнительных регулировок, недостаточная коррекция (менее 30 дБ), существенное отклонение АЧХ от кривых равной громкости в области ВЧ, а главное — применение дополнительного ОУ, который неизбежно будет «шуметь», вызывают сомнения в высоком качестве подобного регулятора громкости.

В другой версии ТКРГ [4] резонансный принцип был использован совершенно другим образом: контур настраивался на частоту 20 кГц, т.е. на другой конец звукового диапазона частот. В верхней части рисунка 9 показана схема такого одноканального ТКРГ. Несмотря на свою простоту, схема обеспечивает существенное приближение АЧХ регулятора к кривым равной громкости и заметно больший диапазон уровня звукового давления (до 60 дБ). Результаты тестирования данного ТКРГ оказались очень впечатляющими: высокие частоты отчётливо прослушивались даже при самом малом уровне громкости, а средние частоты не «забивали» низкие и высокие. На низких частотах существенных недостатков выявлено не было, за исключением самого крайнего участка от 20 до 100 Гц. В этом диапазоне частот АЧХ регулятора, согласно данным [4], имеют отклонения от кривых равной громкости, т.е. они ниже на 4 дБ на частоте 100 Гц, на 10 дБ — на частоте 50 Гц и на 28 дБ — на частоте 20 Гц. На слух этот недостаток воспринимается лишь при определённом положении регулятора громкости.

В данной схеме можно заметить некоторое противоречие, связанное с номиналами L1 и C3 резонансного контура.

Если подставить значения номиналов $L1 = 8,2$ мГн и $C3 = 0,01$ мкФ в формулу $F_{рез} = 1 / (2\pi) \sqrt{LC}$, то получим $F_{рез} \approx 17,6$ кГц, а не 20 кГц. Это означает, что резонансный пик приходится на более низкую частоту, и АЧХ такого ТКРГ будет отличаться от приведённой в [4]. Для получения значения 20 кГц при $L1 = 8,2$ мГн ёмкость конденсатора $C3$ должна составлять 7,72 нФ. Ближайший номинал к 7,72 нФ – 7,5 нФ, тогда при $L1 = 8,2$ мГн частота резонанса будет равна 20,2 кГц, что намного ближе к 20 кГц. С другой стороны, если $C3 = 10$ нФ, то при $F_{рез} = 20$ кГц индуктивность $L1$ должна быть равной 6,33 мГн. В стандартном ряду номиналов такая индуктивность отсутствует, однако её легко изготовить на миниатюрных ферритовых кольцах. Для подобных целей хорошо подходят кольца Epcos R6.30x3.80x2.50 (размером $6,3 \times 3,8 \times 2,5$ мм) из материала N87 с магнитной проницаемостью $\mu = 2200$ (B64290P0037X087) и коэффициентом одновитковой индуктивности $AL = 0,56$ мкГн/вит². Индуктивность такого кольца легко подсчитать: $L = AL \times W^2$, где W – количество витков. Если, например, $W = 100$, то $L = 5,6$ мГн. Существуют и более миниатюрные кольца, например, Ferroxcube R5x3x2 DMR40 (размером $5 \times 3 \times 2$ мм) из материала с магнитной проницаемостью $\mu = 2200$, $AL = 0,37$ мкГн/вит². Оба кольца имеют скруглённые кромки и диэлектрическое покрытие.

Измерения с помощью RLC-метра показали, что для получения индуктивности около 8 мГн на кольцо R6.30x3.80x2.50 N87 требуется намотать 114–115 витков проводом ПЭЛ-0,12 или ПЭПШО-0,08. Для получения индуктивности 6,3 мГн на это же кольцо необходимо намотать приблизительно 105 витков, а на кольцо R5x3x2 DMR40 – приблизительно 120 витков такого же провода. После намотки необходимо измерить полученную индуктивность RLC-метром и, если требуется, скорректировать количество витков. Более подробно о технологии намотки подобных миниатюрных колец написано в статье [5].

Кроме того, в продаже можно найти готовую катушку индуктивности 8,2 мГн в корпусе для поверхностного монтажа (CM565050 822J).

Таким образом, для получения $F_{рез} = 20$ кГц можно использовать значения $L1 = 8,2$ мГн и $C3 = 7,5$ нФ или $C3 = 10$ нФ и $L1 = 6,3$ мГн.

Для повышения качества работы регулятора на низких частотах в схему был

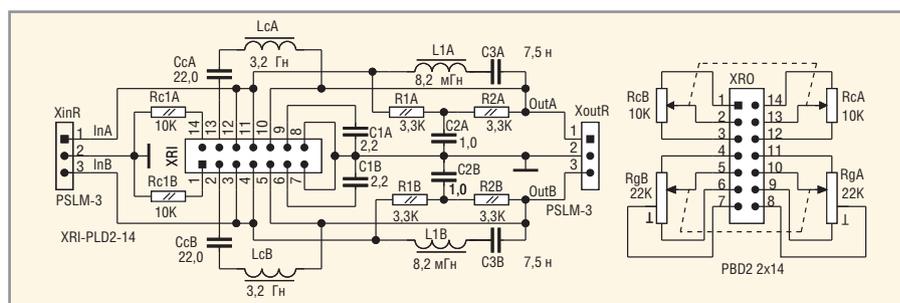


Рис. 10. Принципиальная схема двухканального ТКРГ с НЧ-катушками на ферритовых кольцах T2010 CF199

включён контур $L2C4$, показанный в упрощённом виде на рисунке 9 (обведён пунктиром). С помощью этого контура можно, не трогая СЧ- и ВЧ-диапазоны, поднять уровень низких частот. Однако здесь возникает проблема, связанная с большой индуктивностью $L2$, составляющей 3,2 Гн. Для получения такой индуктивности было использовано кольцо из материала CF199 с магнитной проницаемостью $\mu = 10\,000$ размером $20 \times 10 \times 10$ мм, $AL = 12,4$ мкГн/вит² (Ferroxcube T2010CF199), на которое было намотано 530 витков провода ПЭПШО 0,08. Сопротивление обмотки составило 44 Ом. Подобное решение выгодно отличается от аналогичного регулятора, предложенного в [6].

На форму АЧХ ТКРГ влияет большое количество факторов, которые сложно или невозможно учесть при помощи расчётов или моделирования. Значение номиналов резисторов $R4 = R5 = 10$ кОм (см. рис. 9) было получено опытным путём, посредством измерения реальной АЧХ ТКРГ при включённой и отключённой цепочке $L2C4$ и замены $R4, R5$ одним подстроечным резистором.

На рисунке 10 приведена принципиальная схема двухканального ТКРГ. В схеме используются кольца T2010CF199 (LcA, LcB) и катушки индуктивности 8,2 мГн для поверхностного монтажа CM565050 822J ($L1A, L1B$). Входные сигналы InA и InB подаются на входной трёхконтактный цанговый штыревой разъём $XinR$ типа PLSM-3. Выходные сигналы $OutA$ и $OutB$ выведены на такой же разъём $XoutR$. В схеме применён 14-контактный разъём XRI типа PLD2-14 (двухрядные штыри с шагом 2 мм), к которому подключается ответный разъём XRO типа PBD2 2x14 с подключёнными к нему двоянными переменными резисторами $RcA-RcB$ (НЧ-коррекция) и $RgA-RgB$ (регулировка громкости). Подключение выполнено двумя 6-проводными кабелями в экранирующей оплётке, которая заземлена.

В качестве переменного резистора $RgA-RgB$ использован двоянный потенциометр СПЗ-33-25 с функциональной характеристикой «В» (показательной или обратногологарифмической). Для корректировки НЧ используется двоянный переменный резистор с линейной характеристикой номиналом 10 кОм ($RcA-RcB$). Дополнительные резисторы $Rc1A$ и $Rc1B$ имеют сопротивление 10 кОм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьминов А. Применение инструментального усилителя в усилителе низкой частоты. Современная электроника. 2016. №6.
2. Шихатов А. Тонкомпенсированные регуляторы громкости. Радио. 2000. №10.
3. Пахомов А. Тонкомпенсированный регулятор громкости с активной бас-коррекцией. Радио. 2003. №6.
4. Демченко Б. Тонкомпенсированный регулятор громкости с переменным резистором без отводов. Радио. 2015. №12.
5. Кузьминов А. Сверхминиатюрные изолированные DC/DC-преобразователи со стабилизированным выходом и ультранизким уровнем пульсаций. Современная электроника. 2012. №8.
6. Стародуб Д. Блок регуляторов тембра высококачественного усилителя НЧ. Радио. 1974. №5.
7. Кузьминов А. Использование мощных полевых транзисторов и операционных усилителей в регуляторах и стабилизаторах напряжения. Современная электроника. 2012. №7.
8. Кузьминов А. Импульсный ИП со стабилизированным выходом и низким уровнем пульсаций. Часть 3. Современная электроника. 2015. №5.
9. Кузьминов А. Активный фильтр на мощном полевом транзисторе и ОУ с защитой от превышения тока. Современная электроника. 2016. №3.
10. Елютин А., Ефремов Н. Let'sTest! Автозвук. 2002. №7.
11. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. Мир. 1982.

Автономное применение интеллектуальных дисплейных модулей от 4D Systems

Часть 2

Павел Редькин (г. Ульяновск)

В первой части статьи были изложены сведения об архитектуре графических процессоров дисплейных модулей 4D Systems и встроенных функциях графического языка программирования 4DGL. Во второй части описан процесс создания и отладки приложения, реализующего цифровой милливольтметр на базе модуля μ OLED-128-G2.

Концепция типового приложения

Исходя из имеющегося набора ресурсов и поддерживаемых функций процессора GOLDELOX, типовыми приложениями для дисплейного модуля μ OLED-128-G2 с этим процессором могут стать, например, мини-терминал для обмена данными с внешними устройствами через UART, музыкальный звонок с возможностью выбора мелодий, встраиваемый измеритель электрических величин. Созданию такого измерителя, а именно – милливольтметра постоянного тока, посвящена данная статья. Помимо измерения и индикации, разрабатываемый прибор будет оснащён функцией сигнализации при превышении измеряемым напряжением заданного порога. По умолчанию базовый диапазон входного напряжения составит от 0 В до опорного напряжения АЦП, равному напряжению питания модуля +3,3 В. Расширить этот диапазон можно либо

аппаратно – применением внешних резистивных делителей, либо программно – заданием требуемых коэффициентов преобразования АЦП. Для максимально полного использования возможностей платформы значение измеряемого напряжения будет отображаться на дисплее в текстовом виде (подгружаемым с карты памяти шрифтом) и на графической шкале, а также передаваться через порт COM0 на внешние устройства. Сигнализация выхода измеряемого напряжения за заданные пределы будет реализована посредством подачи звуковых сигналов, отображения на дисплее соответствующей графической индикации и посылки через порт COM0 соответствующих символов-признаков. Значение порога срабатывания сигнализации будет считываться программой из ОЗУ. После включения или сброса программа загрузит некоторую заданную по умолчанию величину в соответствующую ячейку памяти. Значение

этой переменной в ОЗУ может быть изменено пользователем путём передачи в устройство соответствующих команд через порт COM0. О факте приёма корректной команды устройство будет оповещать пользователя звуковым музыкальным сигналом. На подключаемой к устройству карте памяти будут храниться используемые при отображении данных графические (изображения графической шкалы, символа «светодиода») и текстовые объекты (шрифты). Указанные медийные объекты будут созданы и записаны на карту памяти в ходе разработки проекта.

Принципиальная схема встраиваемого милливольтметра на базе дисплейного модуля μ OLED-128-G2 изображена на рисунке 4 (исходный текст программы см. в дополнительных материалах к статье на сайте www.soel.ru).

Входное измеряемое напряжение через фильтр низких частот на элементах R1, C1 поступает на линию IO1, программно сконфигурированную как аналоговый вход 10-разрядного АЦП. Линия IO2 сконфигурирована как цифровой выход ШИМ для генерации звука. Сигналы с неё поступают на вход усилителя звуковой частоты на транзисторах VT1, VT2, нагруженного на электромагнитный звуковой излучатель BA1. Порт COM0 модуля (линии RX, TX, неподключённая линия GND) используется для программирования флеш-памяти графического процессора на этапе разработки приложения и для обмена данными с внешними устройствами. Тип окончательного интерфейса для порта COM0 при эксплуатации (UART, RS-232 или USB) определяется конкретными условиями его применения.

Блок-схема алгоритма встроенной управляющей программы показана на рисунке 5. Как можно видеть из рисунка, ввиду отсутствия в системе прерываний, все функциональные возможности устройства реализуются в основном цикле алгоритма. Основной цикл разделён на три секции:

- секция 1 – считывание данных АЦП, их преобразование и отображение на дисплее вместе с действующим значением порога превышения;

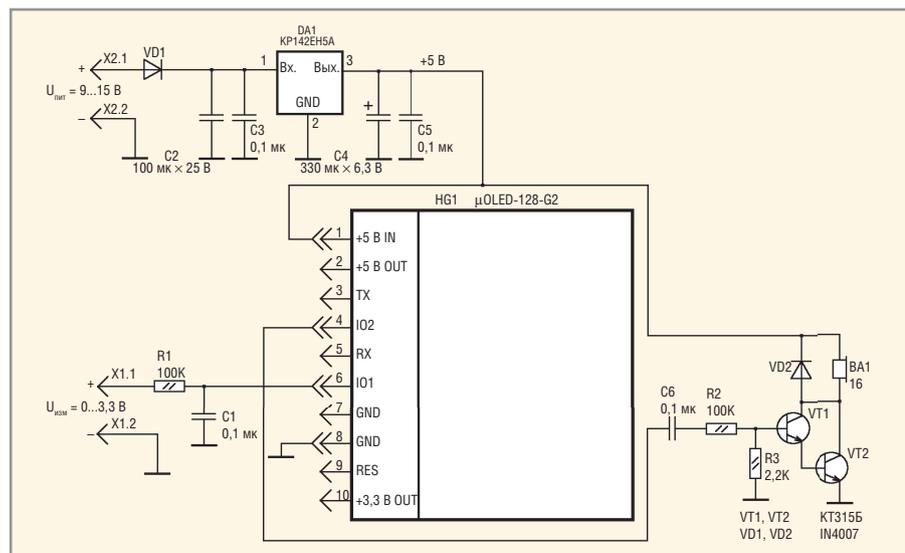


Рис. 4. Принципиальная схема встраиваемого милливольтметра на базе модуля μ OLED-128-G2

- секция 2 – передача результата АЦП и признака превышения порога через UART во внешнее устройство;
- секция 3 – приём значения порога превышения от внешнего устройства через UART.

Периодичность передачи управления внутрь первых двух секций задаётся таймерами 0 и 1. Третья секция выполняется асинхронно, по факту поступления данных от внешнего устройства.

РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

Для написания встроенной управляющей программы графического процессора необходимо в Workshop4 IDE создать ViSi-проект, предварительно подключив дисплейный модуль к USB-порту компьютера через адаптер μ USB-PA5. После обнаружения ОС Windows USB-подключения требуется уточнить номер созданного в системе виртуального COM-порта.

Для создания ViSi-проекта в главном окне Workshop4 IDE следует выбрать Create a new Project, после чего задать целевой дисплейный модуль (в нашем случае – μ OLED-128-G2), как показано на рисунке 6, и нажать кнопку Next. Затем в открывшемся окне выбора вида проекта нажать кнопку со стрелкой около иконки ViSi, как показано на рисунке 7.

В окне редактора в центре располагается созданный по умолчанию шаблон исходного кода программы (Program Skeleton) на языке 4DGL, справа сверху – поле дисплея выбранного модуля, справа снизу – область диспетчера объектов проекта (см. рис. 8). Созданный ViSi-проект рекомендуется сразу же сохранить в отдельном каталоге.

Номер COM-порта выбирается из выпадающего списка в меню Comms (см. рис. 9). При установлении соединения между компьютером и модулем кружок в поле Comms сменит цвет с красного сначала на жёлтый, а затем – на синий. Здесь же появится информация о подключённом модуле и карте памяти (при наличии последней). Однако вставлять карту памяти в модуль на данном этапе не следует, так как на неё будет производиться первоначальная запись медийных объектов. Если планируется использовать в приложении медийные функции, осуществлять вывод на дисплей сложных графических объектов, изображений, воспроизводить видео, отображать текстовую информацию пользовательским шрифтом, то их

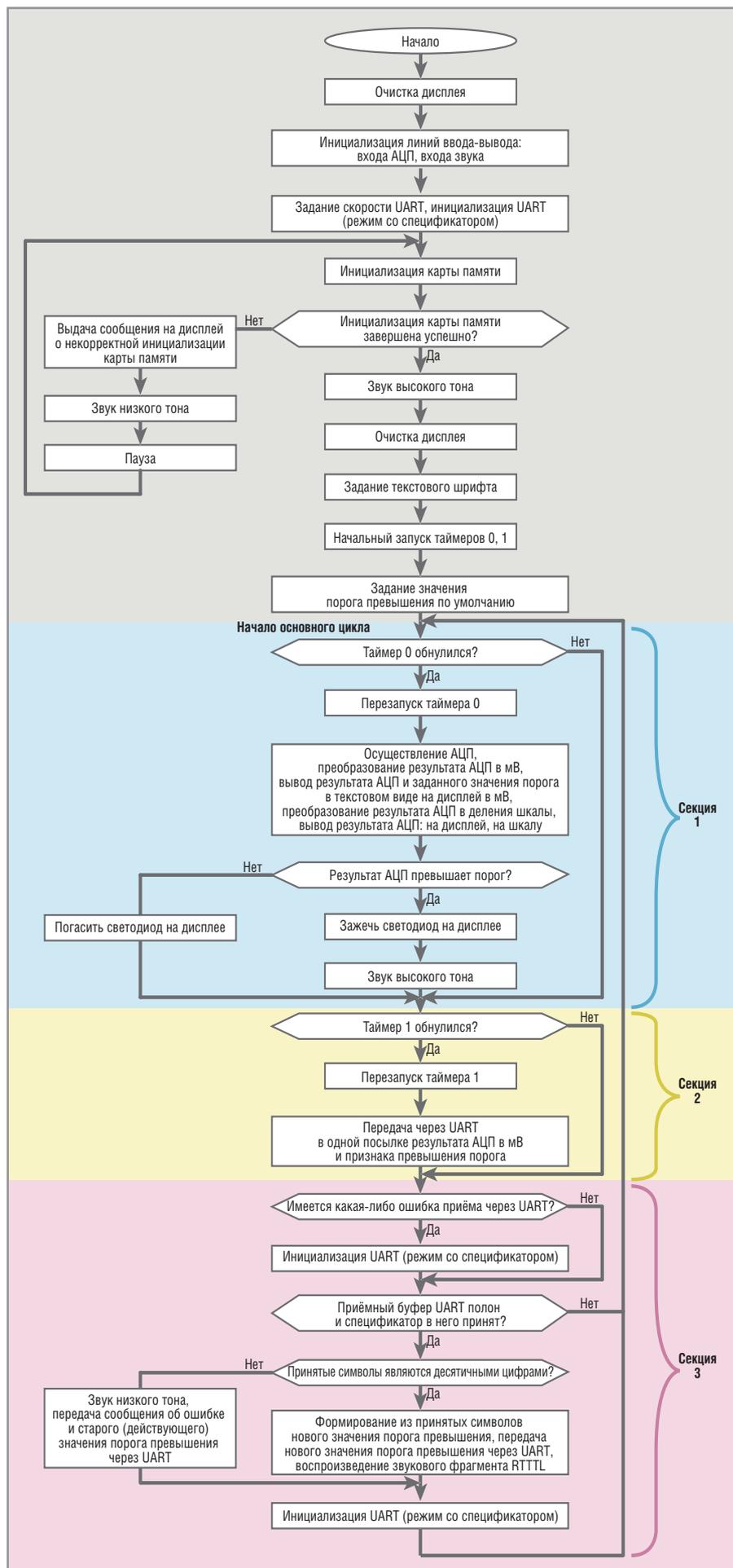


Рис. 5. Блок-схема алгоритма встроенной управляющей программы



Рис. 6. Задание целевого дисплейного модуля при создании проекта



Рис. 7. Выбор вида проекта – ViSi-проект

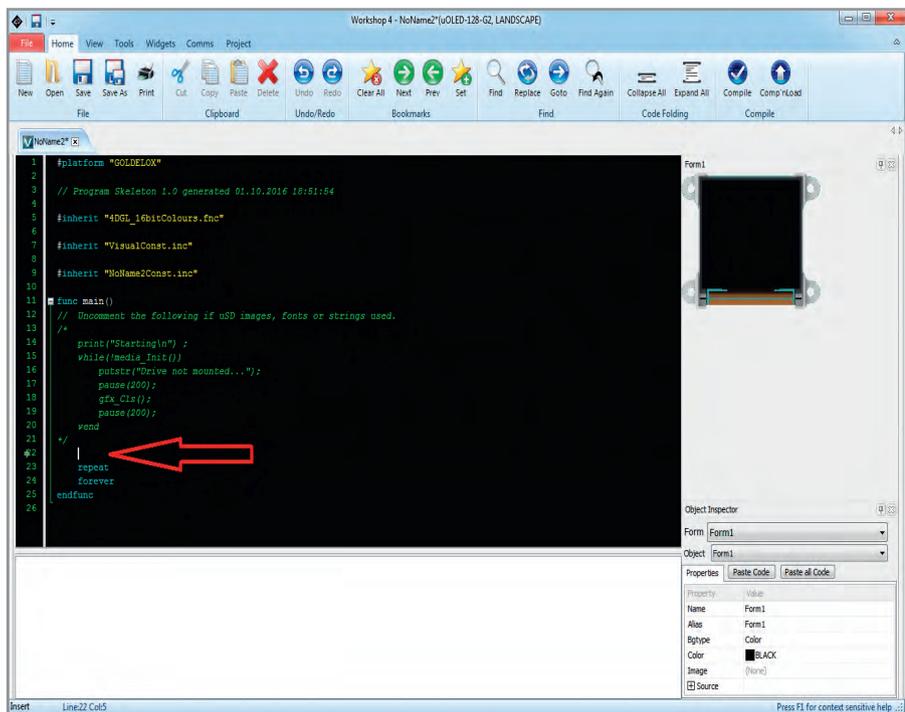


Рис. 8. Окно редактора с шаблоном исходного кода ViSi-проекта

следует предварительно записать на µSD-карту, воспользовавшись, например, кардридером. На этом подготовку аппаратной части к созданию встраиваемого приложения можно считать завершённой.

Как можно видеть из рисунка 8, в шаблоне исходного кода имеется закомментированный программный блок, осуществляющий начальную инициализацию карты памяти. В случае использования карты его необходимо раскомментировать. В данном варианте программы в этот блок, наряду с командами вывода на дисплей текстовых сообщений, добавлены команды генерации звука (см. рис. 5). Звуком высокого тона пользователь оповещается об успешной инициализации µSD-карты и передаче управления в следующий блок программы, низкого – об

ошибке инициализации или отсутствии карты в слоте модуля, после чего следует новая попытка инициализации.

Блоку инициализации карты памяти в программе предшествует блок инициализации UART и линий GPIO: IO1 сконфигурирован как аналоговый вход, а IO2 – как выход звука.

Основная функция программы, располагается в шаблоне между командами `func main()` и `endfunc`. Заполнить шаблон программным кодом разработчику предстоит вручную, за исключением блоков описания медийных объектов, которые создаются Workshop4 IDE автоматически. Медийных объектов в нашем приложении будет три: шрифт, графическая шкала и символ «светодиода». Начнём их создание со шрифта.



Рис. 9. Установленное соединение между компьютером и графическим модулем

В шаблоне исходного кода следует установить курсор в позицию, отмеченную на рисунке 8 красной стрелкой. Необходимо отметить, что инициализация объекта в коде всегда должна предшествовать первому обращению программы к нему. В случае инициализации шрифта лучше расположить этот блок до начала основного цикла.

Затем в главном меню следует выбрать пункт **Widgets** и далее – вкладку **Labels**, из которой при помощи мыши перетащить иконку **String** на область дисплея, после чего выбрать в перечне параметров диспетчера объектов для объекта **Strings1** строку позиции **Strings**, как показано на рисунке 10. В столбце **Value**, щёлкнув на кнопке выпадающего меню, открыть редактор шрифтов **Strings Editor** (см. рис. 11). В поле **Font** открывшегося редактора необходимо выбрать из выпадающего списка нужный шрифт. Для выбора доступны все шрифты Windows. В поле **Size** задаётся размер шрифта. Выбранный шрифт в дальнейшем будет сохранён в памяти µSD-карты только с заданным размером. После нажатия на кнопку **Paste Code** диспетчера объектов в заданном месте области редактора появится блок кода примерно такого вида, как в листинге 1.

Из этого блока нужно убрать строки с функциями `gfx_MoveTo(...)`, `print(...)`, которые в приложении не потребуются. Цвет шрифта можно задать в диспетчере объектов или же непосредственно

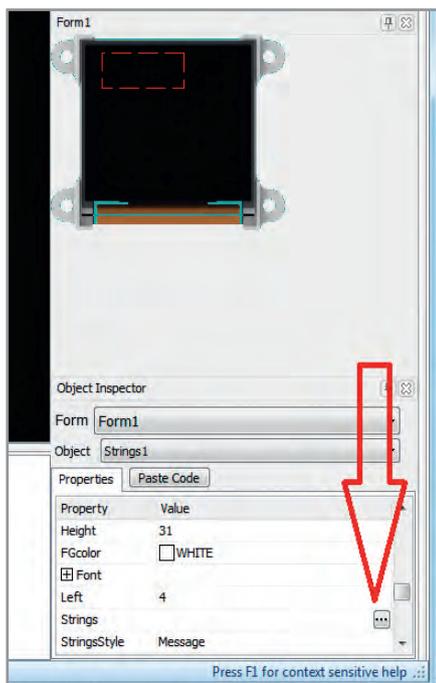


Рис. 10. Создание объекта «текстовый шрифт» Strings1

в исходном тексте, как аргумент функции `txt_FGcolour(...)`. После задания шрифта вывод на дисплей текстовых данных с помощью функций `putnum(...)`, `putstr(...)`, `print(...)` и т.п. будет осуществляться именно этим шрифтом.

Теперь создадим объект «графическая шкала». Блок кода, который будет автоматически вставлен в программу, однократно выводит на дисплей изображение шкалы с количеством засвеченных штрихов, соответствующим значению входной переменной. По этой причине указанный блок следует разместить внутри основного цикла и передавать на него управление с требуемой частотой обновления показаний шкалы.

В окне редактора открытого файла исходного текста выбираем в главном меню пункт `Widgets`, затем – вклад-

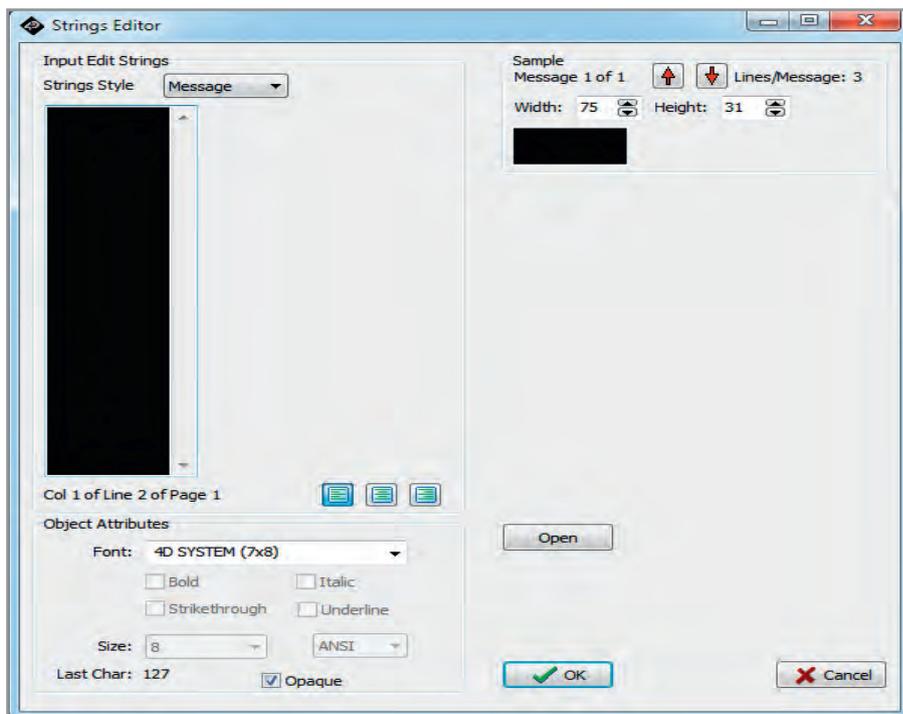


Рис. 11. Окно редактора шрифтов Strings Editor

Листинг 1

```
// Strings1 1.0 generated 25.09.2016 13:23:05
media_SetSector(0, Strings1FontStartL) ; // must come b4 setting
fontID
txt_FontID(MEDIA) ; // Font index correct at time of code generation
txt_FGcolour(RED) ;
txt_BGcolour(BLACK) ;
gfx_MoveTo(4 , 4) ;
print(«Your text goes here») ;
```

ку `Gauges`, из которой перетаскиваем мышью на область дисплея модуля иконку шкалы `Gauge` (см. рис. 12). При помощи мыши можно скорректировать размеры изображения шкалы и расположить его на дисплее нужным образом. Затем в диспетчере объектов можно изменить различные параметры

объекта `Gauge1` (цвет и т.д.). Как можно видеть, по умолчанию шкала имеет три области, каждой из которых задано по два цвета, соответствующие засвеченному и не засвеченному состояниям. Информация о цветах располагается в папках `Palette1–Palette3`. В нашем варианте во всех трёх папках исполь-



НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

РОССИЙСКИЙ РАЗРАБОТЧИК И ПРОИЗВОДИТЕЛЬ

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

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИЛЕР НПП «АРБЕЛОС»



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

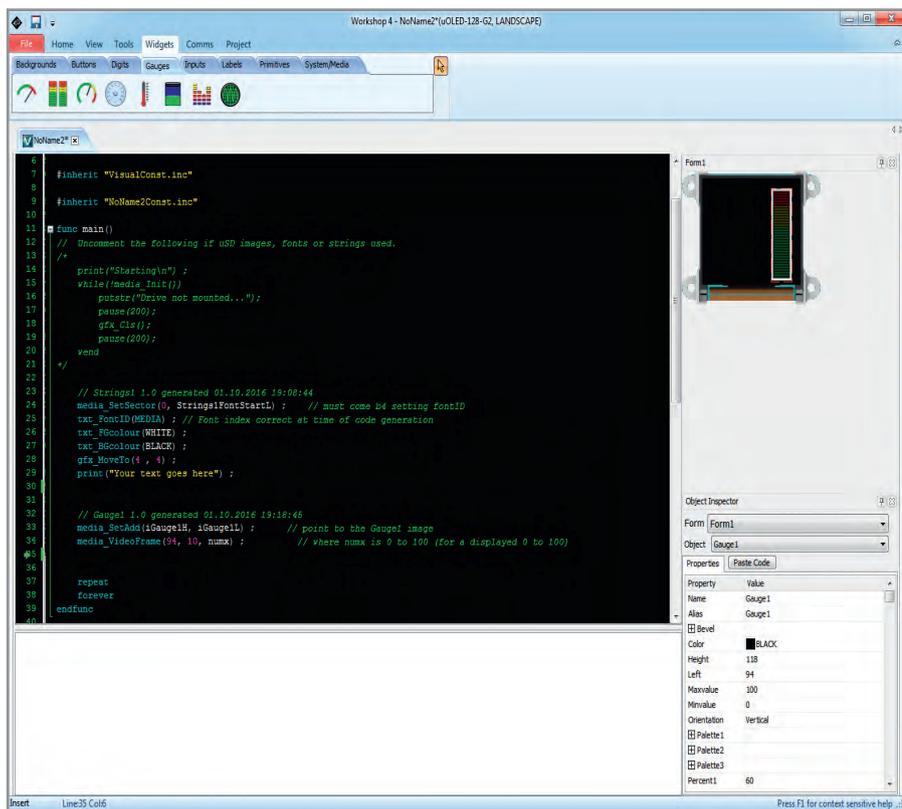


Рис. 12. Создание объекта «графическая шкала» Gauge1

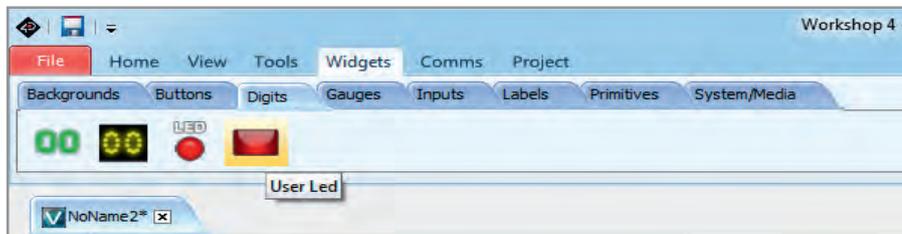


Рис. 13. Создание объекта «светодиод» User Led1

Листинг 2

```
// Gauge1 1.0 generated 01.10.2016 19:18:45
media_SetAdd(iGauge1H, iGauge1L) ; // point to the Gauge1 image
media_VideoFrame(94, 10, numx) ; // where numx is 0 to 100
```

Листинг 3

```
// Userled1 1.0 generated 01.10.2016 19:26:08
media_SetAdd(iUserled1H, iUserled1L) ; // point to the Userled1 image
media_VideoFrame(15, 84, numx) ; // where numx is 0 (Off) or 1 (On)
```

зуется одинаковая пара цветов, поэтому на дисплее шкала будет выглядеть однородной. Здесь же при необходимости можно скорректировать параметры Minvalue и Maxvalue, определяющие диапазон входной переменной шкалы.

По завершении редактирования и нажатии на кнопку Paste Code диспетчера объектов в области редактора появится код, приведённый в листинге 2.

Пользовательское редактирование этого фрагмента состоит в указании входной переменной вместо заданной по умолчанию переменной numx. Значения констант iGauge1H, iGauge1L, определяющих местоположение объекта в памяти носителя, генерируются автоматически в заголовочном файле констант проекта. Созданная по умолчанию в шаблоне ссылка на заголо-

вочный файл выглядит как #inherit "voltmeter_1Const.inc". В этом файле ранее была сгенерирована константа Strings1FontStartL, определяющая местоположение заданного ранее шрифта. Нажав правой кнопкой мыши на ссылку, при необходимости можно командой Open file at Cursor открыть этот файл для просмотра и редактирования.

Для создания объекта «светодиод» в шаблоне исходного кода нужно поместить курсор в соответствующее место в программе. Блок кода, который будет туда автоматически вставлен, выводит на дисплей изображение светодиодного индикатора. В зависимости от значения входной переменной (0 или 1) индикатор будет погашен или зажжён. Управление должно передаваться в этот блок только тогда, когда требуется зажечь или погасить «светодиод».

В окне редактора следует выбрать в главном меню пункт Widgets, затем – вкладку Digits, из которой перетащить мышью на область дисплея модуля иконку прямоугольного светодиода User Led (см. рис. 13). Позже можно изменить размеры и местоположение изображения.

По завершении редактирования нажатием на кнопку Paste Code диспетчера объектов в программу добавится код, показанный в листинге 3.

В добавленном коде необходимо указать входную переменную вместо установленной по умолчанию переменной numx.

Для удаления какого-либо графического объекта с дисплея и из диспетчера объектов, нужно выделить его изображение на дисплее и нажать на клавиатуре клавишу Del, после чего удалить вручную соответствующий этому объекту блок кода.

Часть графических объектов, например, табло семисегментных индикаторов Led Digits, Custom Digits с вкладки Digits, для корректной компиляции требуют наличия в программе ссылки #inherit "LEDDIGITSDISPLAYGOLDELOX.INC". Если в приложении эти объекты используются, а в ходе проектирования указанная ссылка не создалась автоматически, её следует создать вручную.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.4dsystems.com.au/product/4D_Workshop_4_IDE.
2. 4DGL Programmers Reference Manual and Language Specifications[®] 2009 4D Labs.
3. 4D Systems Goldelox 4DGL Internal Functions.
4. 4D Systems Goldelox Serial Environment Command Set. Part of the Workshop 4 IDE.



Новости мира News of the World Новости мира

Altium Форум 2017 «Инновации в проектировании электроники»

Компания Altium, ведущий мировой разработчик программного обеспечения для проектирования электронных устройств, приглашает принять участие в одном из самых значимых мероприятий в радиоэлектронной отрасли России.

Ежегодный Altium Форум 2017 – это замечательная возможность для живого общения, знакомства разработчиков и пользователей программных продуктов для проектирования электронных устройств.

В рамках форума вы сможете:

- из первых уст узнать о новых возможностях Altium Designer® 17.1 и Altium Vault® 3.0, а также о идеологии развития программных решений, ознакомиться с другими решениями компании Altium Limited;
- задать интересующие вопросы непосредственно создателям и продакт-менеджерам компании Altium (эта уникальная возможность доступна только в рамках мероприятия);
- в течение форума будет действовать «User-zone» – площадка с рабочими местами, где можно лично опробовать и оценить все функциональные возможности Altium Designer® 17.1 и получить индивидуальную консультацию от технических экспертов компании Altium.

Участие в форуме бесплатное. Количество участников ограничено.

Для регистрации участия необходимо представить заявку на официальном бланке предприятия (заявки принимаются до 12 мая 2017 г. включительно).

В заявке следует указать название организации, контактный телефон, факс, e-mail, а также список лиц (ФИО полностью и должности), направляемых на форум.

Заявка направляется по форме на сайте или на электронный адрес altium.ru@altium.com.

www.altium.com

Генераторы сигналов SALUKI серии S1103 внесены в Госреестр СИ

Синтезированные генераторы сигналов SALUKI серии S1103 с диапазоном частот 250 кГц – 20/40 ГГц успешно прошли государственные испытания и внесены в Госреестр СИ за номером 67302-17, приказ №777 от 14.04.2017.

Генераторы SALUKI серии S1103 (диапазон частот 250 кГц – 20/40/50/67 ГГц) являются синтезированными микровол-

новыми генераторами сигналов, обладающими характеристиками высшего уровня. Интегрированный двухканальный генератор модулирующего сигнала позволяет осуществлять амплитудную, частотную, фазовую и импульсную модуляции выходного сигнала.

Генераторы SALUKI серии S1103 созданы для наиболее полного исследования

характеристик электронных систем. В то же время эти генераторы могут использоваться в качестве локальных осцилляторов в приёмниках и передатчиках. Генераторы серии S1103 широко используются в авиации, системах радиолокации, космических системах, системах связи и навигации.

www.intermera.ru



ХОРОШО ПОД СОЛНЦЕМ, ЕСЛИ ТЫ LITEMAX!

Дисплеи сверхвысокой яркости

- ЖК-дисплеи серии DURAPIXEL™ с яркостью от 800 до 2000 кд/м²
- Размеры по диагонали от 6,5" до 60"
- Разрешение от 640×480 до 1910×1080 (FHD)
- Угол обзора 178° (во всех плоскостях)
- Диапазон рабочих температур (некоторых моделей) –30...+85°C
- Возможна установка сенсорного экрана, защитного стекла
- Разнообразные конструктивные исполнения
- Ресурс до 70 000 часов

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ LITEMAX

PROSOFT®

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



Реклама

Два режима 8-разрядного ШИМ в микроконтроллере ATtiny2313

Сергей Шишкин (г. Саров, Нижегородская область)

В статье представлено устройство, реализующее ШИМ на базе микроконтроллера ATtiny2313. В микроконтроллере задействован таймер/счётчик, работающий в режимах Phase Correct PWM (ШИМ, корректный по фазе) и Fast PWM (быстрый ШИМ).

В предыдущей статье [1] уже рассказывалось о структуре микроконтроллера ATtiny2313, тем не менее, стоит сделать ряд дополнений. В микроконтроллере имеется два таймера счётчика общего назначения: 8-разрядный таймер/счётчик 0 (T/C0) и 16-разрядный таймер/счётчик 1 (T/C1). Оба таймера могут работать в режиме ШИМ. Модуль 16-разрядного таймера/счётчика 1 позволяет с высокой точностью формировать временные интервалы, генерацию периодических сигналов, импульсы заданной длительности. Отметим основные особенности T/C1:

- 16-разрядная структура;
- два независимых модуля совпадения;
- двойная буферизация регистров совпадения;
- модуль захвата;
- схема фильтрации помех в режиме захвата;

- режим сброса при совпадении (автоперезагрузка);
- помехозащищённый, фазонезависимый широтноимпульсный модулятор (ШИМ);
- изменяемый период ШИМ;
- генератор сигналов;
- счётчик внешних событий;
- четыре независимых источника прерывания (TOV1, OCF1A, OCF1B, ICF1).

В ATtiny2313 таймер/счётчик 1 был модифицирован и улучшен по сравнению с предыдущими версиями этого счётчика (например, в микросхеме AT90S2313). Новый T/C1 полностью совместим с более ранними версиями по следующим параметрам:

- все 16-разрядные регистры управления T/C1 имеют те же самые адреса в адресном пространстве микроконтроллера, включая регистр прерывания таймера;

- сохранено расположение всех битов во всех 16-разрядных регистрах T/C1, включая регистр прерывания по таймеру;
- сохранены адреса всех векторов прерываний.

И всё же, несмотря на предпринятые меры по совместимости нового 16-разрядного таймера/счётчика 1 со старым вариантом, в некоторых случаях совместимость будет неполная.

Изменили своё название, но имеют те же функциональные возможности и местоположение в регистрах, следующие служебные биты:

- PWM10 изменён на WGM10;
- PWM11 изменён на WGM11;
- CTC1 изменён на WGM12.

Использованы следующие новые биты в регистрах управления:

- биты FOC1A и FOC1B введены дополнительно в регистр TCCR1A;
- бит WGM13 введён дополнительно в регистр TCCR1B.

Рассмотрим подробнее все особенности работы T/C1 указанного микроконтроллера в режиме ШИМ. Модуль T/C1 поддерживает следующие режимы работы:

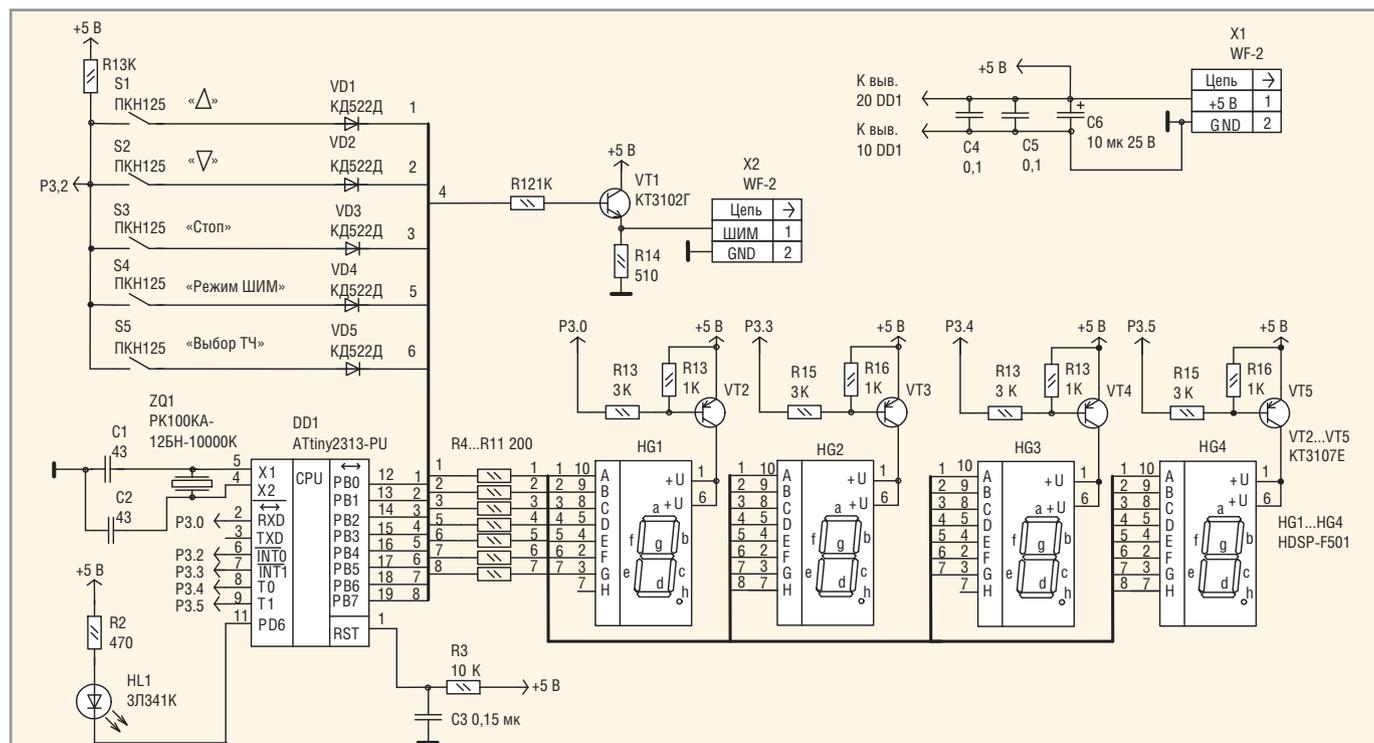


Рис. 1. Принципиальная схема устройства

- режим Normal;
- режим сброса при совпадении (СТС);
- режим Phase Correct PWM (ШИМ, корректный по фазе);
- режим Phase Correct and Frequency Correct PWM (ШИМ, корректный по фазе и частоте);
- режим Fast PWM (быстрый ШИМ).

Микроконтроллер в представленном устройстве, как уже упоминалось, работает в режиме Phase Correct PWM (ШИМ, корректный по фазе) и Fast PWM (быстрый ШИМ). Общая информация о настройках режимов микроконтроллера была приведена в [1].

Различные режимы работы Т/С1, в зависимости от устанавливаемых битов регистров TCCR1A, TCCR1B, приведены в таблице, где BOTTOM = 0x0000, MAX = 0xFFFF. Значение TOP зависит от выбранного режима и может иметь одно из трёх фиксированных значений: 0x00FF, 0x01FF, 0x03FF, также оно может определяться значением регистра OCR1A или регистра ICR1.

В режиме Phase Correct PWM и Fast PWM таймер/счётчик Т/С1 можно использовать как 8-, 9- или 10-разрядный широтно-импульсный модулятор. В этом случае счётчик и регистр OCR1A (OCR1B) работают как защищённый от дребезга независимый ШИМ с отцентрированными импульсами.

Принципиальная схема широтно-импульсного модулятора (далее – устройство) на базе микроконтроллера ATtiny2313-PU представлена на рисунке 1.

В устройстве задействован 8-разрядный Phase Correct PWM с выходом OCA1, а также 8-разрядный Fast PWM с выходом OCA1. Поэтому в регистр TCCR1A загружается число 0b11000001. В указанных режимах для Т/С1 можно задать тактовый сигнал: СК, СК/8, СК/64, СК/256, СК/1024.

Для согласования двухразрядного числа, индицируемого на индикаторах HG1, HG2 с конечным значением Т/С1, в программе заложена формула: $Y = 2,5 \times X$, где X – число, индицируемое на индикаторах, а Y – число, загружаемое в счётчик Т/С1. На дисплее в этом случае индицируется относительная величина (в %) загрузки числа в счётчик. Реально в счётчик загружается число от 0 до 247.

Индикатор HL1 включается с вывода 11 микроконтроллера DD1. Через порт В микроконтроллер DD1 управляет клавиатурой (кнопки S1...S5) и динамической индикацией. Динамическая индикация собрана на транзисторах VT2...VT5, цифровых семисег-

Режимы работы таймера/счётчика 1

Номер бита	WGM13	WGM12	WGM11	WGM10	Режим работы таймера/счётчика 1	TOP	Источник загрузки регистра OCR1x	Флаг TOV1 устанавливается по достижению счётчиком значения
0	0	0	0	0	Normal	0xFFFF	Непосредственно	MAX
1	0	0	0	1	PWM, Phase Correct, 8-bit	0x00FF	TOP	BOTTOM
2	0	0	1	0	PWM, Phase Correct, 9-bit	0x01FF	TOP	BOTTOM
3	0	0	1	1	PWM, Phase Correct, 10-bit	0x03FF	TOP	BOTTOM
4	0	1	0	0	CTC	OCR1A	Непосредственно	MAX
5	0	1	0	1	Fast PWM, 8 bit	0x00FF	TOP	TOP
6	0	1	1	0	Fast PWM, 9 bit	0x01FF	TOP	TOP
7	0	1	1	1	Fast PWM, 10 bit	0x03FF	TOP	TOP
8	1	0	0	0	PWM, Phase and Frequency Correct	ICR1	BOTTOM	BOTTOM
9	1	0	0	1	PWM, Phase and Frequency Correct	OCR1A	BOTTOM	BOTTOM
10	1	0	1	0	PWM, Phase Correct	ICR1	TOP	BOTTOM
11	1	0	1	1	PWM, Phase Correct	OCR1A	TOP	BOTTOM
12	1	1	0	0	CTC	ICR1	Непосредственно	MAX
13	1	1	0	1	Зарезервировано	–	–	–
14	1	1	1	0	Fast PWM	ICR1	TOP	TOP
15	1	1	1	1	Fast PWM	OCR1A	TOP	TOP

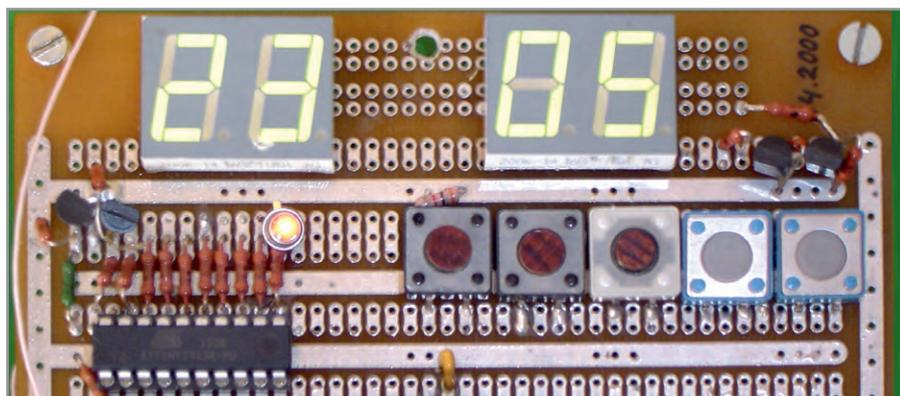


Рис. 2. Фотография устройства на макетной плате

ментных индикаторах HG1, HG2. Резисторы R4...R11 – токоограничительные для сегментов индикаторов HG1...HG4. Коды для включения данных индикаторов при функционировании динамической индикации поступают на порт В микроконтроллера DD1. Для функционирования клавиатуры задействован также вывод 6 микроконтроллера DD1. Выходной сигнал ШИМ поступает на контакт 1 соединителя X2 с выхода эмиттерного повторителя, собранного на транзисторе VT1.

Элементы интерфейса устройства: клавиатура (кнопки S1...S5), индикатор HL1 и блок индикации (дисплей) из четырёх цифровых семисегментных индикаторов HG1...HG4. Кнопки клавиатуры имеют следующие назначения:

- S1 (Δ) – увеличение на единицу значения ШИМ (в %) при удержании дан-

ной кнопки в нажатом состоянии более двух секунд (значение ШИМ, индицируемое на дисплее, увеличивается на 5 единиц за одну секунду);

- S2 (V) – уменьшение на единицу значения ШИМ (в %) при удержании данной кнопки в нажатом состоянии более двух секунд (значение ШИМ, индицируемое на дисплее, уменьшается на 5 единиц за одну секунду);
- S3 (C) – выключения ШИМ (при выключении ШИМ выключается индикатор HL1, на выводе 15 микроконтроллера DD1 логическая 1);
- S4 (Реж. ШИМ) – выбор режима работы Phase Correct PWM или Fast PWM;
- S5 (Выбор Ч) – выбор частоты тактового генератора (СК, СК/8, СК/64, СК/256, СК/1024).

Разряды индикации интерфейса имеют следующие назначения:

- 1 разряд (индикатор HG1) отображает «десятки» относительного значения ШИМ;
 - 2 разряд (индикатор HG2) отображает «единицы» относительного значения ШИМ;
 - 3 разряд (индикатор HG3) отображает «1» в режиме Phase Correct PWM и «2» в режиме Fast PWM;
 - 4 разряд (индикатор HG4) отображает «1» при заданной тактовой частоте СК, «2» – при СК/8, «3» – при СК/64, «4» – при СК/256, «5» – при СК/1024.
- Фотография устройства на макетной плате приведена на рисунке 2.

Системный сброс микроконтроллера DD1 осуществляется сигналом низкого уровня, через RC-цепь (резистор R3, конденсатор C3). При инициализации индикатор HL1 отключён. На индикаторах HG1...HG4 индицируются нули. Для перевода устройства в рабочий режим необходимо кнопками S1 (Δ) и S2 (∇) установить необходимое значение ШИМ, при этом включится индикатор HL1. Для отключения ШИМ нажать на кнопку S3 (C), на выводе 15 микроконтроллера при этом установится логическая 1.

Программа состоит из трёх основных частей: процедура инициализации, основная программа, работающая в замкнутом цикле, и подпрограмма обработки прерывания от таймера T/C0 (соответственно, метки INIT, SE1 и S0).

В основной программе происходит инкремент и декремент заданного значения ШИМ.

В подпрограмме обработки прерывания от таймера/счётчика T/C0 происходит опрос клавиатуры и перекодировка двоичного числа значений времени в код для отображения информации на

семисегментных индикаторах и отображения разрядов в динамической индикации. В памяти данных микроконтроллера с адреса \$60 по \$63 организован буфер отображения для динамической индикации.

Каждый байт из функциональной группы в цикле, в подпрограмме обработки прерывания таймера T/C0 (метка S0), после перекодировки выводится в порт PB микроконтроллера DD1. В процессе обработки подпрограммы прерывания происходит опрос клавиатуры. Выводимый при этом в порт PB микроконтроллера байт для клавиатуры представляет собой код «бегущий ноль». После записи данного байта в порт PB, микроконтроллер DD1 анализирует сигнал на входе 6 порта D. В рамках указанной подпрограммы, при любой нажатой кнопке, на входе 6 микроконтроллера присутствует логический 0. Таким образом, каждая кнопка клавиатуры привязана к своему разряду в выводимом байте данных.

При нажатии на кнопку S1 текущее значение ШИМ на дисплее увеличивается на единицу и устанавливается флаг, разрешающий увеличивать значение ШИМ, индицируемое на дисплее. Одновременно запускается счётчик, организованный на регистре R2, формирующий интервал в две секунды. Если кнопка удерживается более двух секунд, значение ШИМ, индицируемое на дисплее, увеличивается на 5 единиц за одну секунду. Интервал времени, в течение которого происходит увеличение, организован в регистре R1. При отпускании кнопки S1 все указанные счётчики обнуляются.

Аналогичным образом организована работа кнопки S2 для уменьшения зна-

чения ШИМ, индицируемого на дисплее. При нажатии на кнопку S2 текущее значение на дисплее уменьшается на единицу. Если кнопка удерживается более двух секунд, значение, индицируемое на дисплее, уменьшается на 5 единиц за одну секунду. Счётчики приведённого алгоритма для кнопки S2 организованы, соответственно, в регистрах R3 и R4.

В регистре R22 осуществляется выбор разрядов в динамической индикации. При инициализации в регистр R22 заносится число 0b00000001. При каждом обращении к подпрограмме обработки прерывания единица сдвигается влево, подготавливая включение следующего разряда. В подпрограмме также осуществляется проверка: не вышла ли единица за пределы разрядной сетки, т.е. после числа 0b00010000 в R22 загружается снова 0b00000001. Все флаги, которые используются при работе программы, выполнены на регистрах R24 и R25. Назначение каждого флага приведено в тексте программы, которую можно найти в дополнительных материалах к статье на сайте журнала (www.soel.ru).

Разработанная программа на ассемблере занимает порядка 0,7 Кбайт памяти программ микроконтроллера. Потребление тока по каналу напряжения +5 В составляет не более 100 мА. В схеме, представленной на рисунке 1, применены конденсаторы C1...C5 типа K10-17а. Конденсатор C6 – типа K50-35. Применены резисторы типа C2-33H-0.125.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шшикин Сергей. ШИМ на микроконтроллере ATTINY2313-PU. Современная электроника. 2017. №3.



Новости мира News of the World Новости мира

Foxconn привлечёт Sharp к торгам за производство чипов Toshiba

Согласно данным Nikkei, Hon Hai Precision Industry (бренд Foxconn) рассматривает возможность включения своего японского дочернего предприятия Sharp в команду по приобретению производства чипов памяти Toshiba, выделенного в отдельную компанию.

Предполагается, что Foxconn уже пригласила присоединиться к участию в торгах японского гиганта SoftBank Group и своего контрактного партнёра Apple.

Высокая заинтересованность Foxconn в покупке бизнеса Toshiba вызвала опасе-

ния, что японская технология может уйти в Китай или на Тайвань. Тайваньский сборщик iPhone, похоже, пытается избавиться от таких опасений с помощью привлечения японского предприятия, более 60% которого принадлежит Foxconn, к участию в торгах, чтобы переговоры с Toshiba прошли более гладко.

Foxconn, как считается, успешно прошла первый раунд торгов с предложением около 3 трлн иен (\$27,5 млрд). Toshiba планирует закрыть второй раунд торгов в середине мая и выбрать участников для приоритетных переговоров. Foxconn пока не уточнила подробности своего предложения.

В дополнение к выпуску жидкокристаллических дисплеев, Sharp стремится к увеличению производства комплектующих для смартфонов. Приобретение конкурентоспособного производства чипов памяти Toshiba, которая поставляет комплектующие для iPhone, откроет новые возможности для группы Hon Hai по расширению своего бизнеса.

Toshiba стремится продать долю в производстве чипов за 2 трлн иен или более, чтобы заполнить финансовую брешь, появившуюся в её финансах из-за огромных потерь ядерного бизнеса в США.

3DNEWS со ссылкой на Nikkei Asian Review



ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ ОТВЕТСТВЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ
ДЛЯ СЛОЖНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ



**15 ЛЕТ ПЕРЕДОВЫМ
СТАНДАРТАМ
ПРОИЗВОДСТВА**

*Экспериментируя с новым, мы сохраняем лучшее,
развиваясь в соответствии с задачами партнеров и заказчиков.*

*Благодарим всех участников сложного, общего для всех нас дела –
внедрения ответственной отечественной электроники –
и приглашаем вас в следующее «пятнадцатилетие»!*



1100 проектов



72 000 наименований



2 100 000 изделий

Доработка домофона CYFRAL

Сергей Абрамов (г. Оренбург)

Длительное использование домофона натолкнуло автора на интересную доработку, которая в значительной степени улучшила потребительские качества устройства. С помощью несложной схемы и доступного модуля электронных часов предлагается оснастить трубку таймером включения/выключения домофона.

Не секрет, что при всём удобстве использования домофона в нём имеется один недостаток. Это – ручное подключение/отключение от линии. Если домовладелец забыл отключить домофон вечером, то его могут разбудить в ночное время желающие войти в подъезд соседи и иные лица без ключей. Если же домовладелец забыл включить домофон утром, то в квартиру могут не попасть, например, род-

ственники. Доработка заключается в установке модуля электронных часов KG316 (см. рис. 1, 2) и схемы управления включением/отключением трубки домофона. Данный модуль позволяет программировать до 10 индивидуальных таймеров.

Принципиальная схема устройства приведена на рисунке 3, а внутренняя доработка домофона – на рисунке 4. При срабатывании таймера на выхо-

де J1 модуля A1 появляется уровень около 1 В, который через резистор R3 открывает транзистор VT2 и, затем, через резистор R2 будет закрыт транзистор VT1. Домофон будет отключён. При пропадании уровня на выходе модуля или при выходе из строя батареи GB1 ключ на VT2 закрывается, а транзистор VT1 откроется через резистор R1 только в случае появления напряжения в линии во время вызова или разговора. Домофон будет подключён к линии. Если домофон отключён в вечернее или ночное время, его можно активировать принудительно выключателем SA1.

На рисунке 5 приведена схема похожего решения, реализованного на основе модуля M1616C. Дан-



Рис. 1. Модуль электронных часов KG316

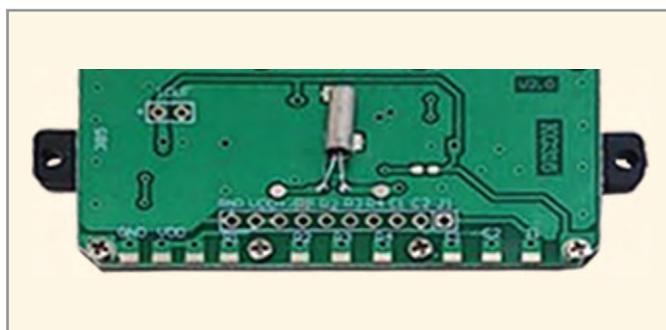


Рис. 2. Плата управления включением/отключением трубки домофона

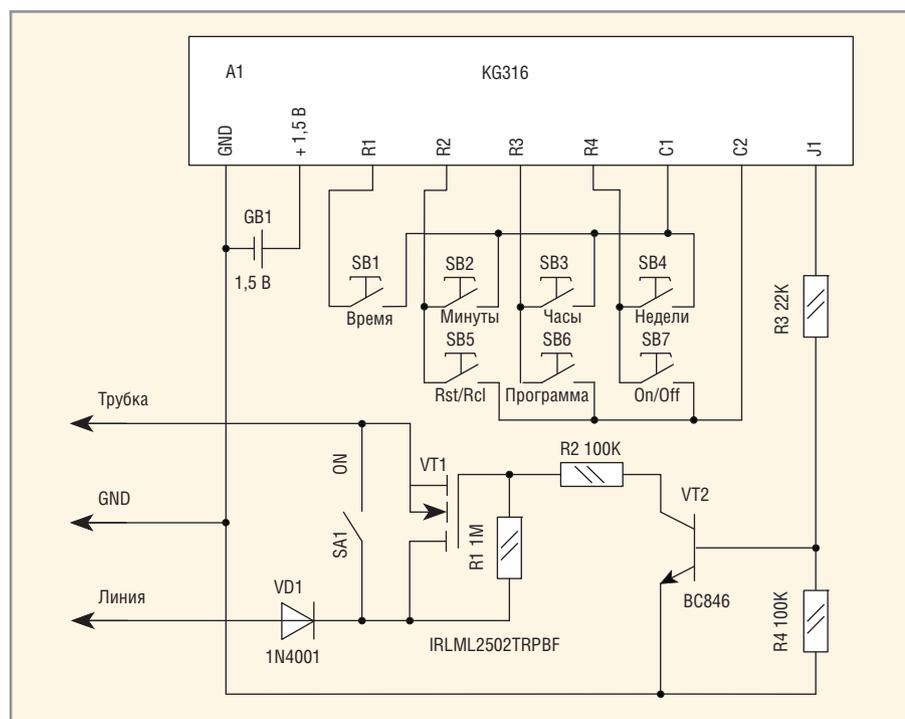


Рис. 3. Схема подключения модуля KG316 к домофону

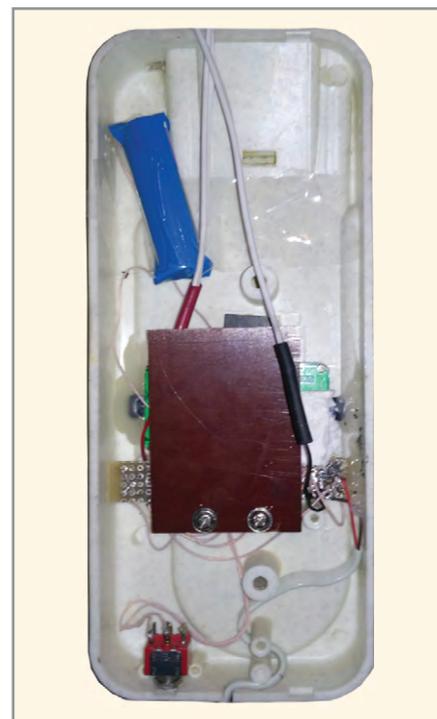


Рис. 4. Домофон после доработки

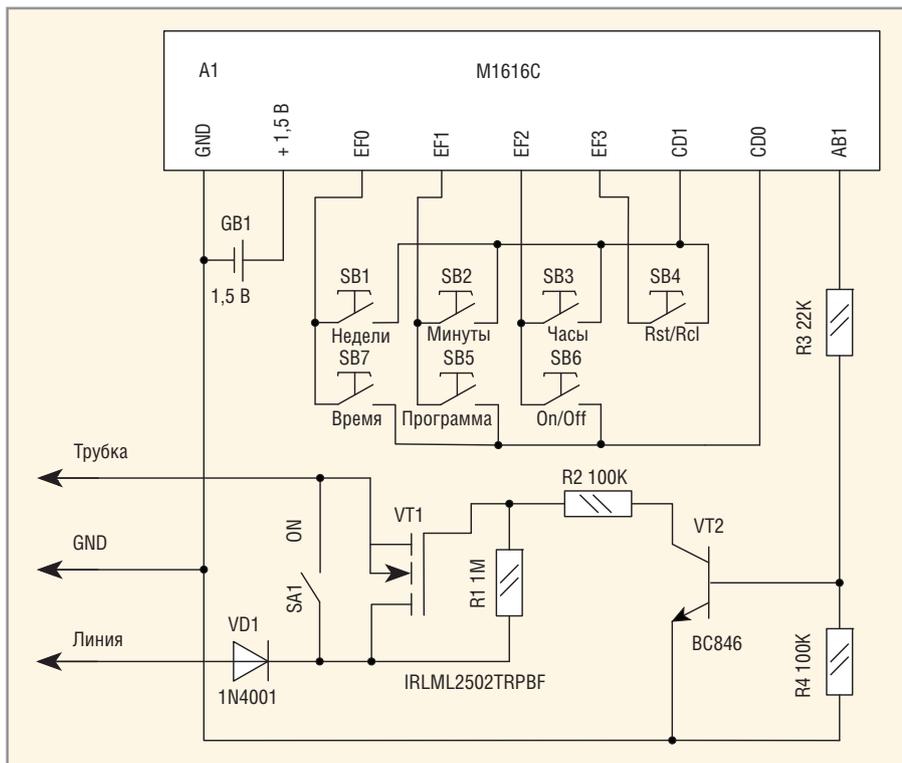


Рис. 5. Схема подключения модуля MC1616C к домофону



Рис. 7. Внешний вид домофона с таймером

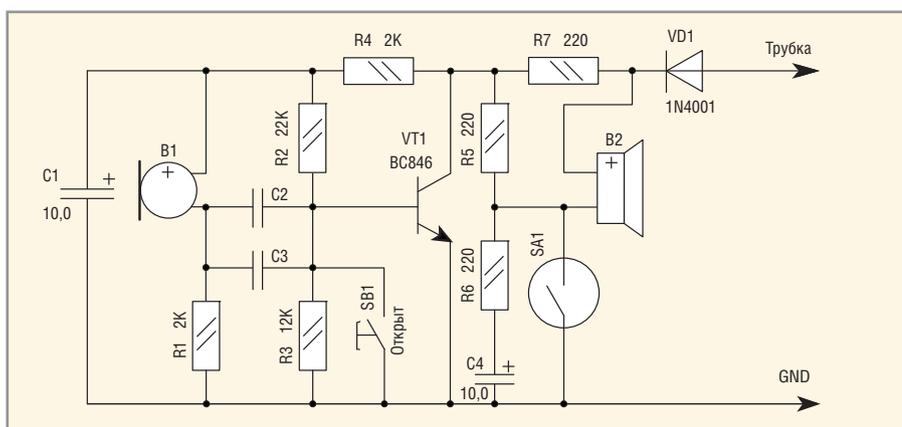


Рис. 6. Принципиальная схема трубки домофона CYFRAL

ный модуль позволяет программировать уже до 16 индивидуальных таймеров.

Схема типовой трубки домофона CYFRAL показана на рисунке 6. При под-

ключении трубки диод VD1 желатель- но убрать.

Программируется модуль KG316 следующим образом. Текущее вре- мя часов выставляется при одновре-

менном нажатии кнопок Clock и Min (минуты), Hour (часы) или Week (день недели), которые показаны на рисунке 7. Переход в режим программирования таймеров осуществляется нажатием кнопки On/Off. Все 10 таймеров можно запрограммировать на включение/выключение домофона в заданное время. Выбор номера таймера осуществляется при помощи кнопки Prog. Время и день недели программируются соответствующими кнопками Min, Hour и Week. Ключ на VT1, VT2 работает в инверсном режиме, поэтому состояние индикатора Off соответствует подключённой трубке, а On – отключённой.

Таким образом, с помощью довольно простой схемы и некоторой доработки трубки можно реализовать дополнительные удобные функции в домофонах CYFRAL.



Новости мира News of the World Новости мира

Микрон подписал партнёрское соглашение с РАЭК

Ведущий производитель и технологический лидер российской микроэлектроники ПАО «Микрон» заключил партнёрское соглашение с Ассоциацией электронных коммуникаций «РАЭК». Подписание документа состоялось 19 апреля 2017 г. в рамках 21 Российского интернет-форума «РИФ+КИБ 2017».

Соглашение предусматривает взаимодействие между ПАО «Микрон» и НП «РАЭК» в области популяризации эффективного использования технологий радиочастотной идентификации (RFID).

Согласно документу «Микрон» предоставляет RFID-метки собственного производства для использования в системах контроля и мониторинга поведения участников на образовательных, научных

и выставочных программах, конференциях, форумах и симпозиумах, которые будет организовывать РАЭК. Со своей стороны РАЭК обещает всестороннюю информационную поддержку RFID-технологий «Микрона», в том числе на своих мероприятиях для демонстрации аудитории, работающей в информационной сфере и в интернет-сервисах.

www.mikron.ru

Средства программирования PIC-контроллеров

Часть 2

Владимир Давыдов* (Санкт-Петербург)

Статья продолжает (см. №4, 2017) описание средств программирования PIC-контроллеров MPLAB IDE компании Microchip и MATLAB Simulink компании MathWorks, описывается процесс компиляции программы и её загрузки в микроконтроллер.

Установка Си-компилятора MPLAB

Компиляторы MPLAB находятся на сайте Microchip [1].

Для установки демонстрационной версии компилятора C30 необходимо его скачать по ссылке PIC24/dsPIC v3.25 и запустить полученный файл mplabc30-v3.25-comboUpgrade.exe.

При написании статьи использовался компилятор C30 для PIC24/dsPIC версии v3.25. Проверка показала, что следующая версия v3.30 не поддерживает совместную компиляцию моделей MATLAB R2012a (dsPIC Toolbox) без ошибок.

Установочный exe-файл создаёт в разделе C:\Program Files (x86)\Microchip\ новый каталог mplabc30 с файлами.

Последовательность SIMULINK-ПРОГРАММИРОВАНИЯ для PIC-КОНТРОЛЛЕРОВ

Создайте рабочий каталог и скопируйте в него *.mdl-примеры из раздела Example (устанавливаются в текущую папку MATLAB при выполнении install_dsPIC_R2012a.m).

Запустите MATLAB. Настройте его на рабочий каталог.

Включите в переменную окружения путь к MPLAB с высшим приоритетом путь к MPLAB: >>path('c:\Program Files (x86)\Microchip\MPLABIDE\Tools\MATLAB\',path).

Использование команды >>path без аргументов приводит к отображению списка путей переменной path в окне команд (Command Window). Удалить путь из переменной path можно командой rmpath, например, >>rmpath('c:\Program Files\Microchip\MPLAB IDE\Tools\MATLAB\').

Создайте Simulink-модель для PIC-контроллера, используя блоки библиотеки Embedded Target for Microchip dsPIC, или загрузите готовую модель, например, Servo_ADC.mdl. Тип контроллера, для которого разрабатывается Simulink-модель, выбирается из списка в блоке Master > PIC (см. рис. 10), который должен быть включён в состав модели.

Проверьте настройки конфигурации модели: Simulation > Configuration Parameters. В строке ввода System

target file раздела Code Generation должен быть указан компилятор S-функций dspic.tlc (см. рис. 11). Выбор компилятора S-функций dspic.tlc для моделей PIC-контроллеров в разделе Основное меню > Simulation > Configuration Parameters > Code Generation. Выбор dspic.tlc настраивает все остальные параметры конфигурации модели, включая шаг и метод интегрирования.

Откомпилируйте модель tmp_Servo_ADC.mdl (Tools > Code Generation > Build Model). В результате успешной компиляции в текущем каталоге создаются HEX-файл для прошивки PIC-контроллера и MCP-проект среды MPLAB. Параметры моделирования задаются в разделе Simulation > Model Configuration Parameters. Запуск модели в MATLAB Simulink выполняется в окне модели зелёной кнопкой Run или клавишей F5.

УПРАВЛЕНИЕ КОМПИЛЯЦИЕЙ SIMULINK-МОДЕЛЕЙ ИЗ СРЕДЫ MPLAB

Управление компиляцией Simulink-модели можно выполнять командами раздела MATLAB Simulink среды MPLAB, например, в следующем порядке.

1. Разработайте модель PIC-контроллера в MATLAB Simulink. Сохраните модель.
2. Запустите MPLAB.

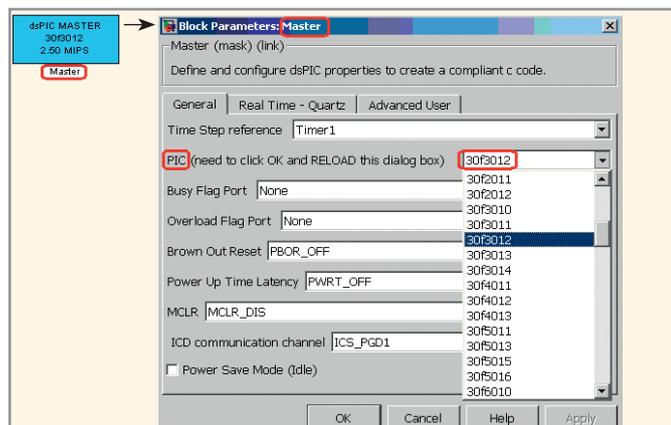


Рис. 10. Выбор типа контроллера в блоке Master-модели

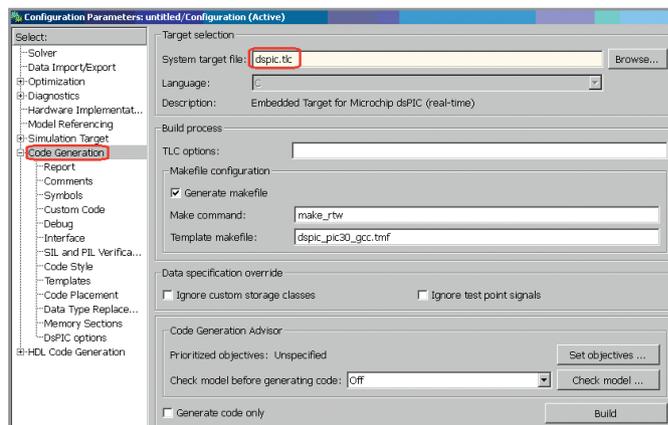


Рис. 11. Выбор компилятора S-функций dspic.tlc для моделей PIC-контроллеров

*Dr. Bob Davidov.



Рис. 12. Перечень программаторов для прошивки микроконтроллера: верхний – PIC12C508A, нижний – PIC12F629

3. Выберите Tools > MATLAB/Simulink и новый раздел появится в составе меню.
4. В разделе Matlab/Simulink откройте Simulink-модель, например, Servo_ADC, командой Matlab/Simulink > Specify Simulink Model Name > Open > File name > Servo_ADC.mdl > Open. Команда Open запускает MATLAB и открывает модель.
5. Откомпилируйте модель и создайте MCP-проект командами Generate Codes или Generate Codes and Import Files. Перевод MDL-модели в MCP-проект выполняется TLC-компилятором MATLAB.
6. В результате создаётся проект MPLAB с расширением MCP, который включает скрипты модели на языке Си.
7. Откройте проект: Project > Open > Servo_ADC.mcp.

Проект Simulink-модели готов для редактирования, отладки и компиляции в машинные коды контроллера средствами MPLAB.

ПОДКЛЮЧЕНИЕ ПРОГРАММАТОРА PIC-KIT3

Узнать, какие программаторы записывают бинарный код в конкретный микроконтроллер, можно в меню Configure > Select Device среды MPLAB 8.92. Например, программатор PIC-KIT3 не поддерживает контроллер PIC12C508A, но работает с контроллером PIC12F629 (см. рис. 12).

Схема подключения микроконтроллера PIC12F629 к программатору PIC-KIT3 показана на рисунке 13.

Вывод PGM-программатора для прошивки контроллеров PIC12F629 не используется. Наличие вывода PGM для разных типов PIC-контроллеров показано на рисунке 14. Вывод PGM рекомендуется «притягивать» к общему проводу (GND) через резистор номиналом 1 кОм [2]. Индикация светодиодов программатора Olimex PIC-KIT3 показана в таблице 3.

Не следует подключать питание микроконтроллера VDD (см. рис. 13) к програм-

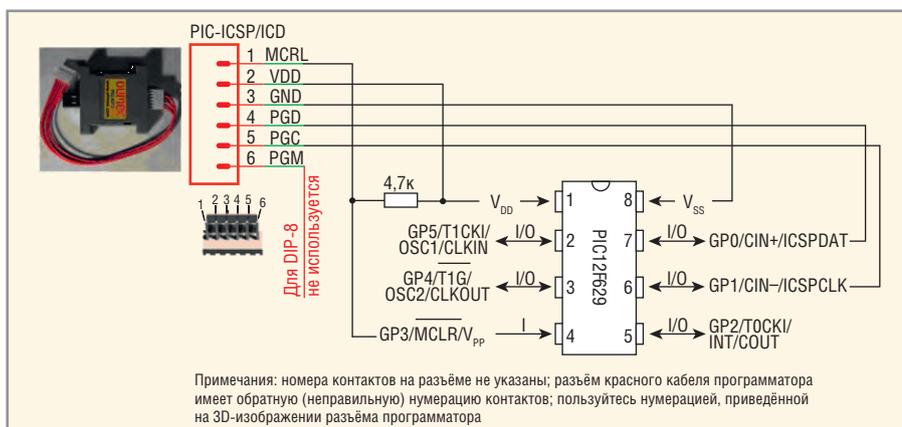


Рис. 13. Схема подключения микроконтроллера PIC12F629 к программатору Olimex PIC-KIT3

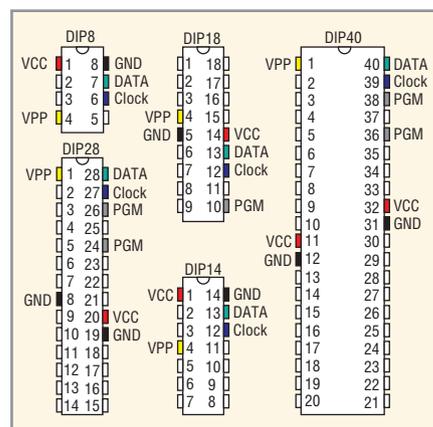


Рис. 14. Выводы PGM PIC-контроллеров

Таблица 3. Индикация светодиодов программатора Olimex PIC-KIT3

Жёлтый	Красный	Состояние программатора
Вкл.	Выкл.	Подключён к USB-линии
Вкл.	Вкл.	Взаимодействие с MPLAB
Мигает	Вкл.	Прошивка микроконтроллера

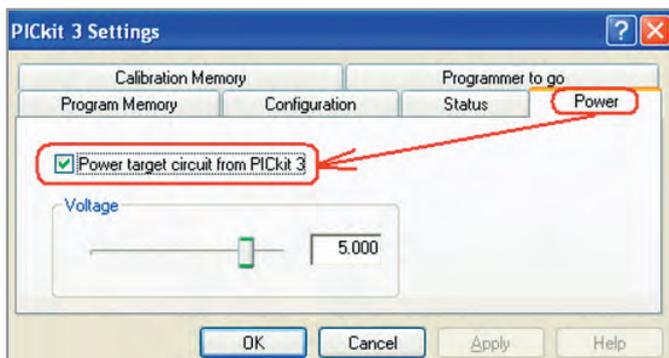


Рис. 15. Установка напряжения V_{DD} на программаторе PIC-KIT3 программой MPLAB IDE

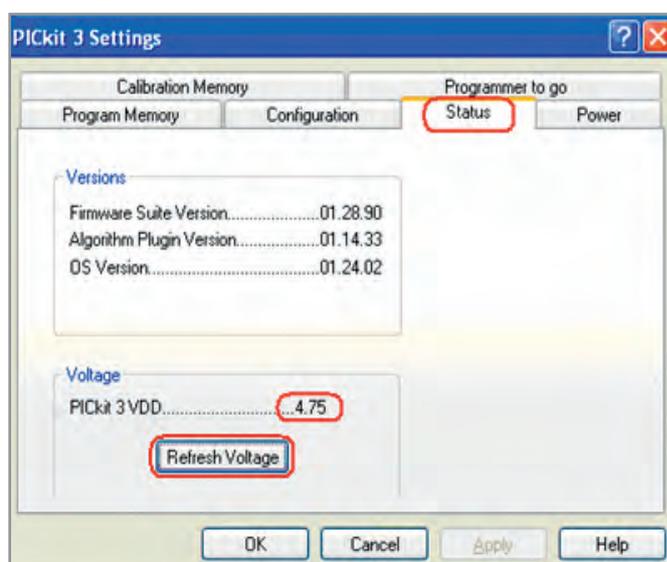


Рис. 16. Измерение и установка напряжения V_{DD} на программаторе PIC-KIT3 программой MPLAB IDE v8.92

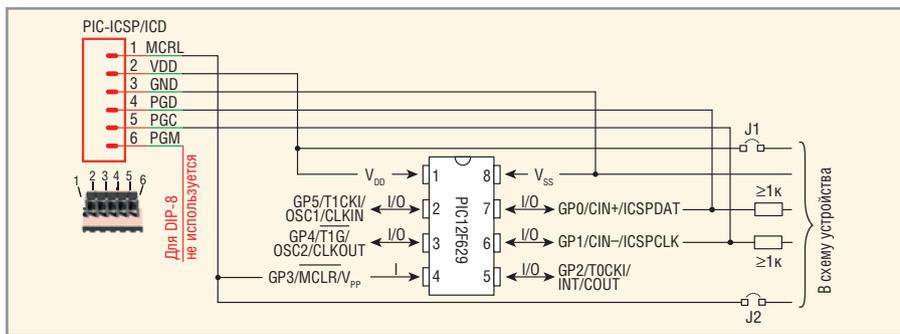


Рис. 17. Подключение контроллера в составе электронного устройства к программатору

матору, если контроллер запитывается от собственного источника питания.

При питании микроконтроллера от программатора на линии VDD необходимо установить рабочее напряжение, например, 5 В. Это можно сделать в среде MPLAB IDE v8.92 (Programmer > Settings > Power), как показано на рисунке 15.

При отсутствии напряжения на линии VDD MPLAB IDE выдаёт сообщение об ошибке: PK3Err0045: You must connect to a target device to use.

Если программатор не может установить требуемое напряжение, например, 5 В при его питании от USB, в которой напряжение меньше 5 В, MPLAB IDE

выдаёт сообщение: PK3Err0035: Failed to get Device ID. В этом случае сначала необходимо измерить напряжение программатора – считать его в меню Programmer > Settings > Status (см. рис. 16), а затем установить напряжение (не больше измеренного) в меню Programmer > Settings > Power.

Можно программировать не только отдельный PIC-контроллер, но и контроллер, находящийся в составе рабочего устройства. Для программирования PIC-контроллера в составе устройства необходимо предусмотреть установку перемычек и токоограничивающих резисторов, как показано на рисунке 17 [2].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Малоразрядные PIC-контроллеры имеют широкий диапазон питания, низкое потребление и малые габариты. Они программируются на языках низкого уровня. Разработка программ на языке графического программирования Simulink с использованием многочисленных библиотек значительно сокращает время разработки и отладки, в сравнении с программированием на уровне ассемблера. Разработанные для PIC-контроллеров Simulink-структуры можно использовать и для компьютерного моделирования динамических систем с участием контроллеров. Однако, из-за избыточности кода, такой подход применим только для семейств PIC-контроллеров с достаточными ресурсами.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.microchip.com/mplab/mplab-x-ide > Download Archive > MPLAB C Compiler for PIC24 and dsPIC DSCs.
2. ICSP. Внутрисхемное программирование PIC-контроллеров DOC Rev 1.03 (последнее обновление 19.05.2005). www.5v.ru/icsp.htm.






personal automated design system

23 мая, Санкт-Петербург
24 мая, Москва

ПРИГЛАШАЕМ НА СЕМИНАРЫ

«Автоматизация процессов проектирования РЭУ. Концепция единой платформы проектирования ECAD-MCAD-PLM на базе программных решений Mentor Graphics и Siemens PLM Software»

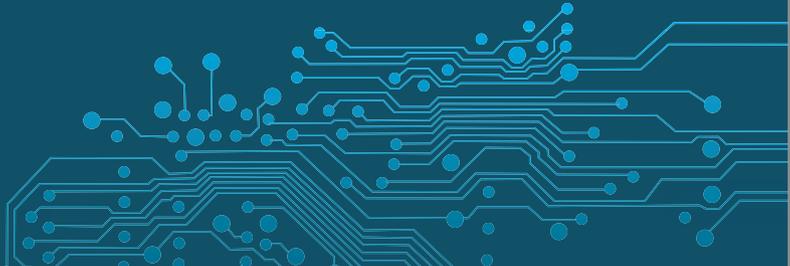
Мероприятия предназначены для разработчиков РЭУ и ИТ-директоров, решающих задачи автоматизации и управления жизненным циклом изделий.

Организаторы: компания «Нанософт» совместно с лидерами в разработке САПР, компаниями Mentor Graphics и Siemens PLM Software.

УЧАСТИЕ БЕСПЛАТНОЕ. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ОБЯЗАТЕЛЬНА.

Подробная информация на сайте: mentor.cad-expert.ru





КАЧЕСТВО —
наша сила

Разъёмы Кабельные сборки Переключатели



Дискретная настройка многономинальных резистивных микрочипов

Борис Бавыкин, Иван Воробьёв, Владимир Бугров
(г. Нижний Новгород)

В статье рассматривается возможность шунтовой настройки многономинальных резистивных микрочипов методами нелинейного булева программирования. Приводится структурно-функциональное описание тонкоплёночных многономинальных микрочипов меандрового типа, рассматриваются их основные функциональные показатели, а также обобщённая эквивалентная схема замещения, составленная на базе конформного отображения топологии проводников. Приведён пример дискретной настройки многономинального резистивного микрочипа по заданному ряду номиналов.

ВВЕДЕНИЕ

Резистивные микрочипы широко используются в радиоэлектронике для измерения и калиброванного ослабления мощности радиосигналов, взаимной развязки трактов, измерения направленности и в качестве согласованных нагрузок. В настоящее время ЧИП-резисторы, как правило, выполняются на базе тонких поглощающих плёнок, наносимых на диэлектрическую подложку [1–3].

Основными конструктивными элементами микрочипа являются подложка, резистивный слой и контакты к нему (см. рис. 1). Наиболее часто используется поликоровая подложка, имеющая малые диэлектрические потери, высокую механическую прочность, достаточную теплопроводность и высокий класс чистоты поверхности. Резистивный материал, применяемый в качестве резистивной плёнки, должен обладать соответствующим удельным сопротивлением, высокой стабильностью, хорошей адгезией с подложкой, способностью к образованию однородной структуры. Для получения прецизионных свойств резисторов в настоящее время наиболее часто используют керметные резистивные материалы на основе силицидов хрома с диэлектриком, позволяю-

щие получать плёнки с широким диапазоном удельных сопротивлений.

Относительная производственная погрешность сопротивления тонкоплёночного резистора определяется выражением:

$$\Delta R/R = \Delta \rho/\rho + \Delta l/l + \Delta b/b, \quad (1)$$

где $\Delta \rho/\rho$, $\Delta l/l$, $\Delta b/b$ – относительные погрешности воспроизведения удельного поверхностного сопротивления, длины и ширины резистивного проводника, а $\Delta \rho$, Δl , Δb – абсолютные погрешности воспроизведения этих параметров.

Погрешности сопротивления резистора (1) напрямую определяются погрешностью воспроизведения удельного поверхностного сопротивления и размеров плёнки. Именно они задают технологические ограничения и допуски на параметры микрочипа и определяют необходимость подстройки сопротивления резистора под заданный номинал. Топология, приведённая на рисунке 1, позволяет реализовать лишь один требуемый номинал, используя при этом весьма затратную лазерную коррекцию [2, 4] производственной погрешности сопротивления. Для реализации заданного номенклатурного ряда сопротивлений потребуется большое количество фотошаблонов, что экономически весьма невыгодно.

Существенное уменьшение числа фотошаблонов может быть обеспечено при использовании многономинальных тонкоплёночных топологий, имеющих элементы дискретной настройки сопротивления резистора под различные номиналы. Это позволяет при помощи одного фотошаблона увеличивать сопротивление метал-

лизированной заготовки в десятки раз путём последовательного размыкания настроечных перемычек, что даёт весьма ощутимый экономический эффект.

При использовании многономинальных топологий с перемычками основной проблемой является методология определения статуса корректирующих перемычек, обеспечивающих реализацию заданного номинала сопротивления резистора с необходимой точностью. Так как статус каждой i -й перемычки шаблона может иметь только два состояния, то естественно его оценивать соответствующей булевой переменной bx_i , принимающей значение 1, если перемычка замкнута, и значение 0 – если перемычка разомкнута. Поэтому наиболее эффективно задачу определения статуса корректирующих перемычек решать методами дискретного математического программирования [5–7].

Математическое программирование – это инвариантная и эффективная методология проектирования, общая идея которой состоит в привязке решения проектной задачи к чёткому инвариантному математическому признаку – экстремуму функции качества проектируемого устройства (целевой функции) $F(X)$, где X – вектор искомых параметров устройства. Для любой проектной задачи такую функцию всегда можно сформировать исходя из заданных требований. Имея такую функцию, решение проектной задачи сводят к процедуре минимизации $F(X)$, т.е. отысканию координат глобального экстремума, что обычно делается поисковыми методами [7]. При решении задачи дискретной настройки многономинальных топологий резистивных микрочипов с шунтовыми перемычками целевая функция записывается относительно вектора булевых переменных $BX (bx_1, bx_2, \dots, bx_N)$ (N – число перемычек), определяющих статус корректирующих перемычек фотошаблона при его шунтовой настройке на заданный номинал сопротивления.

В данной статье рассматриваются вопросы моделирования низкочастотных многономинальных резистив-

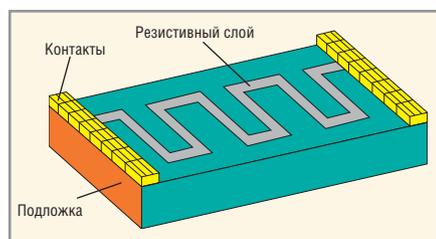


Рис. 1. Тонкоплёночный резистивный микрочип

ных микрочипов, а также возможность определения статуса их корректирующих перемычек методами нелинейно-гобулевого программирования (НБП).

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЗИСТИВНОГО МИКРОЧИПА

Структурно-функциональный подход, лежащий в основе моделирования и настройки многономиального резистивного микрочипа, является реализацией системного подхода, излагаемого в теории познания [8, 9]. Согласно структурно-функциональному подходу, резистивный микрочип может быть охарактеризован с двух принципиальных сторон. Внутреннее его состояние описывается на двух иерархических уровнях – структурном и параметрическом. Что касается структуры построения микрочипа S , определяемой числом проводников микрочипа и их взаимосвязью, то в настоящее время наиболее часто используется топология токнесущих проводников типа «меандр», пример которой приведён на рисунке 1. С помощью топологии меандрового типа могут легко быть реализованы резисторы весьма больших номиналов. Параметрический уровень X при этом определяет геометрические размеры отдельных проводников микрочипа заданной топологии построения.

Внешнюю, функциональную сторону резистивного микрочипа характеризует вектор его текущих функциональных показателей или характеристик $Y(y_1, y_2, \dots, y_m)$ (m – количество характеристик) с указанием их требуемых значений. Текущее функционирование связано с внутренним состоянием математической модели резистивного микрочипа: $Y = MM(S, X)$.

На рисунке 2 приведено схематическое изображение многономиальных топологий микрочипов меандрового и решётчатого типа, которые содержат базовые контактные площадки и резистивные проводники двух типов:

- основные проводники в форме меандра, разрыв которых приводит к прекращению функционирования устройства, ток перестанет протекать через резистор;
- шунтовые проводники (перемычки), разрыв которых не прекращает протекания тока, а приводит лишь к изменению (перестройке) сопротивления резистора под заданный номинал в заданном поле допуска. При этом перемычки для снижения затрат часто выполняются из того

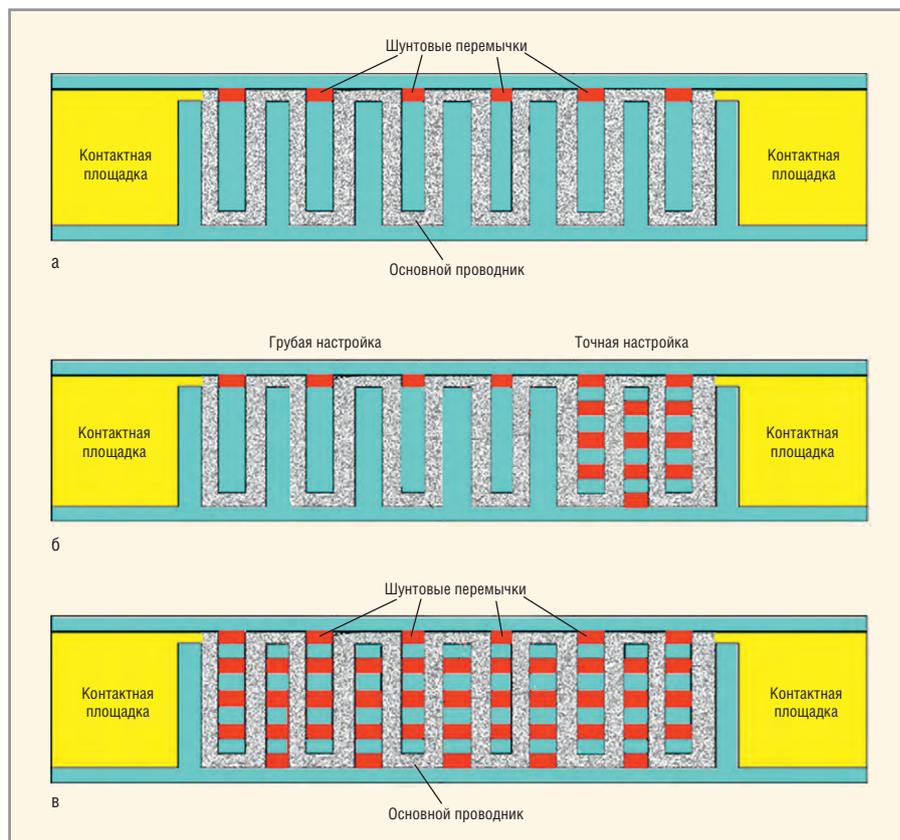


Рис. 2. Многономиальные топологии микрочипов: а – простой меандр; б – меандр с зоной грубой и точной настройки; в – решётчатая топология микрочипа

же материала, что и основной токнесущий проводник, хотя возможна их реализация тонкоплёночными проводниками с другими удельными сопротивлениями и размерами.

В топологии простого регулярного меандра на рисунке 2а шунтовые перемычки расположены по одной координате вдоль верхней кромки меандра, а в решётчатой топологии (см. рис. 2в) перемычки расположены по двум координатам, когда основной проводник имеет шунты по всей глубине меандра.

Топология меандра, отображённая на рисунке 2б, имеет отдельные зоны грубой и точной настройки. Точную настройку обеспечивают шунтовые перемычки, расположенные по всей глубине меандра, разрыв которых вызывает весьма малое изменение сопротивления резистора, обеспечивая тем самым плавную настройку сопротивления под заданный номинал в заданном поле допуска.

Таким образом, меандровые топологии многономиальных резистивных микрочипов характеризуют следующие функциональные показатели:

- кривая перестройки – зависимость полного электрического сопротивления $R(i)$, где i – шаг перестройки;

- коэффициент перекрытия при шунтовой перестройке:

$$K_n = \frac{R_{\max}}{R_{\min}}, \quad (2)$$

где R_{\max} – максимальное сопротивление (сопротивление резистора при всех разомкнутых перемычках), а R_{\min} – минимальное сопротивление (база) – сопротивление при всех замкнутых перемычках;

- нелинейность кривой шунтовой перестройки определяет отклонение кривой шунтовой перестройки от линейного закона R_L :

$$\Delta L = \max_i \left(\frac{R(i) - R_L}{R_L} \right); \quad (3)$$

- процент приращения сопротивления на i -м шаге перестройки:

$$PR(i) = \left| \frac{R(i+1) - R(i)}{R(i)} \right|, \%; \quad (4)$$

- мощность рассеяния в j -ом проводнике:

$$P_j = r_j \times i_j^2, \quad (5)$$

где r_j – эквивалентное сопротивление проводника, а i_j – ток в проводнике.

На рисунке 3а в качестве примера приведена кривая шунтовой пере-

стройки для структуры простого регулярного меандра. Как видно, в данной структуре шаг приращения сопротивления при вскрытии любой перемычки постоянен, что не позволяет произвести настройку сопротивления микрочипа под заданный номинал без весьма затратной процедуры лазерной коррекции (юстировки), обеспечивающей плавное увеличение сопротивления вплоть до его попадания в поле допуска заданного номинала (см. рис. 2а). В структурах с зонами точной настройки (см. рис. 2б) и решётчатых структурах (см. рис. 2в) процент приращения сопротивления при шунтовой настройке может быть очень малым (см. рис. 3б), что полностью исключает необходимость применения этапа лазерной юстировки при настройке многономинального микрочипа.

При моделировании многономинальных резистивных микрочипов меандрового типа на первом этапе необходимо иметь их обобщённую

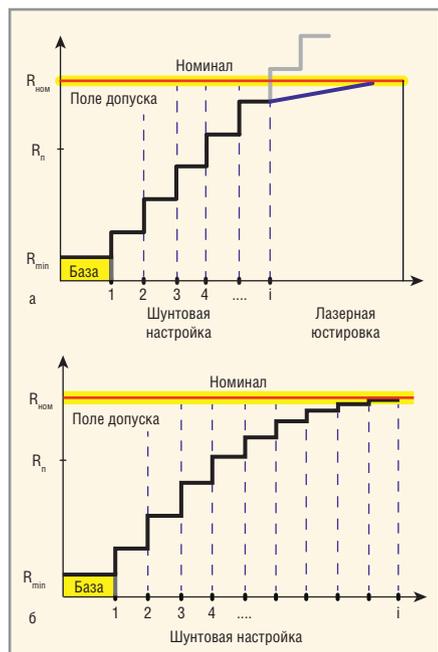


Рис. 3. Кривая настройки: а – простой регулярный меандр; б – решётчатая структура
Примечания: $R_{ном}$ – номинальное сопротивление; $R_{мин}$ – базовое сопротивление

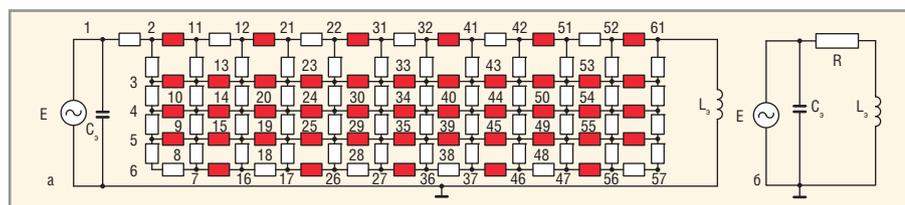


Рис. 4. Обобщённая эквивалентная схема замещения микрочипа: а – с подробной топологией; б – в общем виде
Примечания: E – источник ЭДС; C_s – эквивалентная шунтирующая ёмкость; L_s – эквивалентная полная индуктивность микрочипа; R – активное сопротивление микрочипа

эквивалентную схему. В приближении сосредоточенной стационарной модели на низких частотах каждый j-й резистивный проводник микрочипа может быть представлен эквивалентным ему по конформному отображению [1, 2, 4] резистивным двухполюсником r_j , электрическое сопротивление которого равно сопротивлению реального проводника микрочипа. Тогда совокупность всех таких эквивалентных сопротивлений и формирует эквивалентную схему замещения резистивного микрочипа заданной топологии. На рисунке 4 приведена обобщённая эквивалентная схема замещения резистивного многономинального микрочипа в стационарном RLC-приближении (эквивалентные сопротивления шунтовых перемычек выделены цветом).

С помощью данной эквивалентной схемы можно моделировать как решётчатые топологии резистивных микрочипов, так и самые разнообразные топологии меандрового типа. На низких частотах реактивности проводников (индуктивности проводников и межвитковые ёмкости) можно не учитывать, т.к. их вклад в модуль полного импеданса крайне незначителен, особенно учитывая очень малые габариты всех типов микрочипов. При более высоких частотах необходим учёт эквивалентных реактивностей L_s и C_s микрочипа. Так, полная индуктивность микрочипа представляется следующей формулой по [1]:

$$L_s = \frac{3 \times \mu_0 \times l_1}{2\pi} \left\{ \ln \left[\frac{(2 \times l_1)^{1/3} (\omega_1 + \omega_s)^{2/3}}{\omega_1} \right] + \frac{7}{6} \right\}, \quad (6)$$

где l_1 – длина каждого звена резистора, ω_1 – ширина резистивной линии, ω_s – ширина промежутка между линиями, μ_0 – магнитная постоянная.

Полная шунтирующая ёмкость равна:

$$C_s \approx \frac{\epsilon_0 \times \epsilon_r \times \omega_p \times d_s}{l_p}, \quad (7)$$

где ϵ_0 – диэлектрическая постоянная, ϵ_r – диэлектрическая проницаемость материала подложки, d_s – толщина подложки, ω_p – ширина резистивной линии, l_p – расстояние между линиями.

Задача компьютерного анализа резистивного микрочипа по его обобщённой эквивалентной схеме состоит в определении токов во всех её ветвях (проводниках). Компьютерной программой дискретной настройки данная эквивалентная схема трактуется как линейная стационарная цепь с численным расчётом полного сопротивления микрочипа в заданном частотном диапазоне методом узловых потенциалов [10]. Числами на рисунке 4а обозначены номера независимых узлов эквивалентной схемы микрочипа. Для ввода выбранной структуры в программу используется встроенный топологический редактор, позволяющий сформировать файл исходных данных с указанием числа варьируемых параметров (шунтовых перемычек), их начальных значений и границ изменения, а также возможного дублирования параметров в случае необходимости. Зная входной ток, полное сопротивление микрочипа, как двухполюсника (см. рис. 4б), рассчитывается так:

$$\hat{Z} = \frac{\hat{E}}{\hat{I}} = R + j \times X, \quad (8)$$

где R – активное сопротивление, X – реактивное сопротивление, j – мнимая единица, \hat{E} и \hat{I} – комплексные амплитуды напряжения и тока.

Для построения кривой шунтовой перестройки $R(i)$ программно реализуется цикл шунтовой перестройки с заданным законом вскрытия перемычек. Точно так же производится расчёт характеристики процентного приращения сопротивления $PR(i)$ для заданного цикла перестройки.

На рисунке 5 приводится пример исследования частотной зависимости модуля полного сопротивления для меандрового микрочипа P1–8. Как видно, реактивности проводников начинают влиять на модуль полного сопротивления только в мегагерцовом диапазоне, а на низких частотах (до 100 кГц) их вклад в модуль полного сопротивления можно не учитывать. Зная токи в проводниках и их сопротивление, легко рассчитать мощность рассеяния в j-м проводнике. По мощности рассеяния может быть оценена температура каждого проводника, т.е. может быть осуществлён кон-

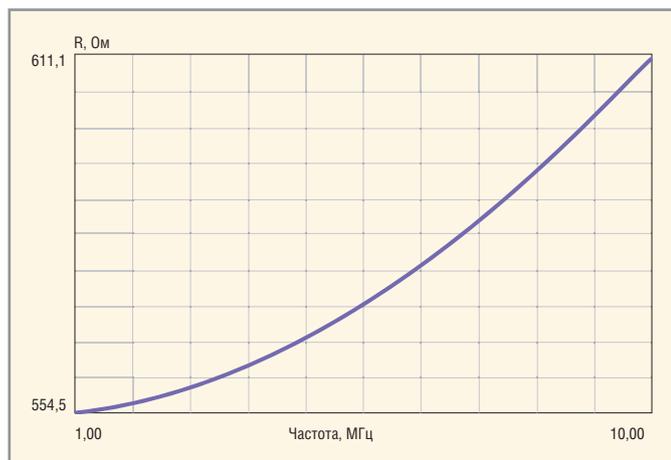


Рис. 5. Частотный анализ полного сопротивления микрочипа

троль температурного режима всего микрочипа.

ШУНТОВАЯ НАСТРОЙКА МИКРОЧИПА

При определении статуса шунтовых переключателей поисковыми методами нелинейного булева программирования целевым функционалом является квадратичное отклонение модуля текущего сопротивления микрочипа от требуемого номинала:

$$F(BX) = [R^{BX} - R_H]^2, \quad (9)$$

где R^{BX} – текущее сопротивление микрочипа при данном состоянии булевых переменных, R_H – требуемое номинальное сопротивление.

Относительно данной вещественной целевой функции экстремальная задача НБП может быть записана так:

$$\hat{F}(BX) = \min F(BX) = \min [R^{BX} - R_H]^2 \quad (10)$$

$$\begin{cases} BX \in B^N & BX = \{0,1\} \\ R^{BX} < R_H \end{cases}, \quad (11)$$

где $BX(bx_1, bx_2, \dots, bx_N)$ – вектор состояния шунтовых переключателей, B^N – множество булевых переменных, N – число переключателей (порядок микрочипа).

Таким образом, экстремальная задача (10) записана относительно многомерного булева пространства состояний шунтовых переключателей B^N размерностью N . Функциональное ограничение (11) реализует технологическое условие нахождения сопротивления микрочипа в нижней области поля допуска для заданного номинала (см. рис. 3б). Вектор BX , минимизирующий скалярную целевую функцию $F(BX)$ на множестве булевых переменных B^N , является эффективным решением задачи НБП (10) и определяет статус пере-

чек многономинального микрочипа, обеспечивающий требуемое значение сопротивления R_H .

Поскольку порядок N многономинального микрочипа является размерностью пространства булевых переменных B^N , то возможное число его состояний (по значению сопротивления) при перестройке будет равно 2^N . Для простого регулярного меандра (см. рис. 2а) большинство из этих состояний вырождено – одни и те же значения сопротивления могут достигаться вскрытием различных переключателей, так как приращение сопротивления при вскрытии любой переключательки в данной структуре одинаково.

В качестве примера проведём шунтовую настройку методом НБП микрочипа, топология которого отображена на рисунке 2б. Настройку проводим по номиналам ряда Е96 с допустимой погрешностью в 1% от номинального значения сопротивления [11]. Эквивалентная схема для данной топологии микрочипа (см. рис. 6) содержит 16 шунтовых переключателей (номера переключателей – булевых переменных – указаны цифрами) в зонах грубой и точной настройки.

Таким образом, данным микрочипом можно реализовать 2^{16} состояний – значений полного сопротивления. Некоторые из этих состояний, очевидно, являются вырожденными. Предположим, что для заданного удельного поверхностного сопротивления резистивной плёнки и размеров проводников по конформному отображению проводников (см. рис. 2б) все эквивалентные сопротивления r_i в схеме замещения данного шаблона микрочипа (см. рис. 6) определены и находятся в интервале от 1,822 до 22,473 Ом. Тогда методом узловых потенциалов определя-

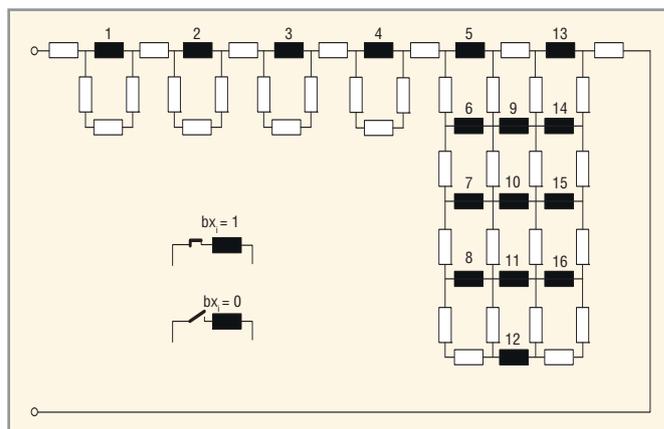


Рис. 6. Эквивалентная схема замещения микрочипа

Примечание: bx_i – булева переменная состояния i -ой переключательки

ем сопротивление данного микрочипа при всех замкнутых переключателях $R_{min} = 23,9$ Ом и при всех разомкнутых переключателях $R_{max} = 289,4$ Ом. Поэтому коэффициент перекрытия по сопротивлению данного многономинального микрочипа равен $K_H = 12,1$. В интервале данного перекрытия находятся 103 номинала сопротивления ряда Е96 (погрешность 1%): {24,3; 24,9; 25,5; 26,1; 26,7; 27,4; 28,0; 28,7; 29,4; 30,1; 30,9; 31,6; 32,4; 33,2; 34,0; 34,8; 35,7; 36,5; 37,4; 38,3; 39,2; 40,2; 41,2; 42,2; 43,2; 44,2; 45,3; 46,4; 47,5; 48,7; 49,9; 51,1; 52,3; 53,6; 54,9; 56,2; 57,6; 59,0; 60,4; 61,9; 63,4; 64,9; 66,5; 68,1; 69,8; 71,5; 73,2; 75,0; 76,8; 78,7; 80,6; 82,5; 84,5; 86,6; 88,7; 90,9; 93,1; 95,3; 97,6; 98,8; 100; 102; 105; 107; 111; 114; 117; 120; 123; 126; 129; 132; 135; 138; 142; 145; 150; 154; 158; 162; 165; 169; 174; 178; 182; 187; 191; 196; 200; 205; 210; 215; 221; 226; 232; 237; 243; 249; 255; 261; 267; 274; 280; 287}.

С помощью компьютерной программы шунтовой настройки попробуем реализовать последовательно все эти номиналы данным шаблоном микрочипа. На рисунке 7 приведён пример шунтовой настройки микрочипа на номинал сопротивления $R_H = 25,5$ Ом. В начальной точке поиска в булевом пространстве (см. рис. 7а) все шунтовые переключатели открыты, текущее сопротивление микрочипа равно R_{max} , а погрешность достижения требуемого значения очень велика. В промежуточной точке после четырёх шагов поиска (см. рис. 7б) текущее сопротивление равно 24 Ом, а погрешность реализации требуемого номинала составляет 5,8%, т.е. находится вне заданного поля допуска. Полная настройка микрочипа под требуемый номинал 25,5 Ом в заданном поле допуска 1% потребовала всего 13 шагов поиска (см. рис. 7в) при полном выполнении технологи-



Рис. 7. Шунтовая настройка микрочипа на номинал сопротивления $R_n = 25,5 \text{ Ом}$: а – в начальной фазе; б – в промежуточной фазе; в – в конечной фазе

ческого условия (11). Время решения задачи на стандартном персональном компьютере при этом не превышало одной минуты.

Аналогичным образом осуществлялась шунтовая настройка данного микрочипа по всей приведённой линейке номиналов ряда E96. В таблице приводятся примеры настройки в разных участках данной линейки номиналов сопротивления микрочипа. Естественно, наиболее сложно реализовать шунтовую настройку в начале и в конце линейки, т.к. в данном случае практически все шунтовые переключатели либо замкнуты, либо разомкнуты, и нечем фактически осуществлять настройку. Для данного микрочипа из

всех возможных 103 значений линейки номиналов в процессе шунтовой настройки методом НБП удалось реализовать 84 номинала сопротивления в допуске 1%. Таким образом, своеобразный коэффициент настройки микрочипа данной топологии по номиналам ряда E96 составлял 81,5%. Естественно, что с увеличением порядка микрочипа, сложности его топологии шунтовая настройка может быть осуществлена в гораздо более широком диапазоне сопротивлений и в меньшем поле допуска. Так, решётчатая многономинальная топология микрочипа (см. рис. 2в) порядка $N = 44$ может обеспечить коэффициент перекрытия по сопротивлению более 20, что позволяет реализо-

Настройка микрочипа по номиналам ряда E96

$R_{ном}, \text{ Ом}$	Номера шунтовых переключателей и их статус															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
24,9	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1
25,2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
25,5	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
31,6	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1
32,4	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
33,2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
34,8	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0
...
48,7	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0
49,9	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
51,1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
53,6	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1
...
88,7	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1
90,9	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1
95,3	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
98,8	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1
...
200	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
226	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1
243	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
280	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

вать настройку на заданную линейку номиналов сопротивления с допуском 0,1% и менее.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многономинальные тонкоплёночные топологи микрочипов, имеющие элементы дискретной настройки сопротивления под заданный номинал, позволяют полностью исключить из технологического процесса производства резистивного микрочипа этап лазерной юстировки, что обеспечивает существенное снижение себестоимости его изготовления. При этом с помощью одного фотошаблона многономинального микрочипа можно получать увеличение сопротивления металлизированной заготовки в десятки раз путём последовательного размыкания шунтовых переключателей.

Решение основной проблемы определения статуса корректирующих переключателей наиболее целесообразно осуществлять методами нелинейного булева программирования, как задачи минимизации вещественной функции цели в многомерном пространстве булевых переменных, определяющих статус шунтовых переключателей. Для низкочастотных многономинальных микрочипов адекватная математическая модель может быть построена в стационарном RLC-приближении. Погрешности такой модели напрямую определяются производственной погрешностью воспроизведения удельного поверхностного сопротивления и размеров плёнки, а также погрешностью конформного отображения реального проводника микрочипа эквивалентным ему резистивным двухполюсником. С уменьшением этих погрешностей при использовании многономинальных микрочипов сложной топологии и высокого порядка шунтовая настройка методами НБП может быть осуществлена в весьма широком диапазоне сопротивлений и с необходимой точностью. Современные алгоритмы минимизации вещественных функций в многомерном пространстве булевых переменных позволяют решать такую задачу весьма надёжно при выполнении всех внешних требований к работе многономинального резистивного микрочипа.

Многолетний опыт применения методологии НБП для решения задач настройки многономинальных микрочипов показал её высокую надёж-

ность и эффективность. Стоит отметить, что изложенная методология может быть с успехом применена и для настройки многоминальных ёмкостных и индуктивных микрочипов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берри Р., Холл П., Гаррис М. Тонкоплёночные технологии. М. Энергия. 1972.
2. Гурский Л.И., Зеленин В.А., Жебин А.П., Вахрин Г.Л. Структура, топология и свойства плёночных резисторов. Минск. Наука и техника. 1987.
3. Уткин В.Н., Исаков М.А., Ханугин О.Е. Сравнение методов химического и ионного травления при формировании топологии резистивного слоя ЧИП-резисторов. Современные наукоёмкие технологии. 2007. №11.
4. Садков В.Д., Подмогаев В.Е., Моругин С.Л., Перепонов Ф.Д. Математическая модель ЧИП-резистора типа «меандр». Конструирование и исследование радиоэлементов и узлов на основе машинного проектирования. М. Радиотехнический институт АН СССР. 1987.
5. Корбут А.А., Финкельштейн Ю.Ю. Дискретное программирование. М. Наука. 1969.
6. Мину М. Математическое программирование. Теория и алгоритмы. М. Наука. 1990.
7. Воинов Б.С., Бугров В.Н., Воинов Б.Б. Информационные технологии и системы: поиск оптимальных, оригинальных и рациональных решений. М. Наука. 2007.
8. Штофф В.А. Введение в методологию научного познания. Ленинград. Издательство Ленинградского государственного университета. 1972.
9. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества. М. Машиностроение. 1988.
10. Нереттер В. Расчёт электрических цепей на персональной ЭВМ. М. Энергоатомиздат. 1991.
11. Резисторы. Справочник. Под ред. И.И. Четверткова. М. Энергоиздат. 1981. 

Новости мира News of the World Новости мира

Автоматизация процессов проектирования РЭУ



Компания Нанософт совместно с лидерами в разработке САПР, компаниями Mentor Graphics и Siemens PLM Software, приглашает принять участие в семинарах в Санкт-Петербурге (23 мая) и Москве (24 мая) «Автоматизация процессов проектирования РЭУ. Концепция единой платформы проектирования ECAD-MCAD-PLM на базе программных решений Mentor Graphics и Siemens PLM Software».

Мир стоит на пороге четвёртой промышленной революции (Индустрия 4.0). Важными составляющими её успеха станут автоматизация физических операций, ускорение процессов проектирования и соответствие современным требованиям.

Технологии проектирования электроники меняются с космической скоростью. Сегодня многие радиоэлектронные устройства (РЭУ) уже включают в себя высокоскоростные интерфейсы HDMI, DDR3, DDR4, USB 3.0, PCI Express. Индустрия 4.0 будет способствовать развитию таких направлений, как Интернет вещей и Киберфизические системы. В свою очередь, это предъявит новые требования к РЭУ и станет новым вызовом для их разработчиков.

Успешно выполнять постоянно усложняющиеся задачи помогут интегрированные между собой профессиональные программные решения.

Семинары интересны тем, что рассмотрят концепцию единой платформы проектирования ECAD-MCAD-PLM на базе программных решений Mentor Graphics и Siemens PLM Software.

Мероприятие будет интересно разработчикам РЭУ и ИТ-директорам, перед которыми стоит задача по автоматизации и управлению жизненным циклом изделия.

В рамках семинара выступят представители Mentor Graphics и Нанософт.

Участие в семинаре бесплатное. Предварительная регистрация обязательна.

www.nanocad.ru

Новые разработки от ИФТТ РАН

Институт физики твёрдого тела Российской академии наук (ИФТТ РАН) представил на выставке «ЭкспоЭлектроника» свои разработки.

Тонкоплёночные преобразователи ультрафиолетового излучения в видимый свет. В качестве материалов для таких преобразователей использовались в основном люминофоры молибдатов европия, тербия и тулия, преобразующие УФ в красный, зелёный и синий свет, соответственно. Разработанная в ИФТТ РАН технология создания тонкоплёночных систем подсветки и освещения имеет низкую стоимость по основному компоненту и может быть использована при создании различных по своей форме и размерам изделий.

Маломасштабный образец батареи твёрдооксидных топливных элементов планарной конструкции мощностью до 500 Вт для высокоэффективных энергоустановок различного назначения. В ИФТТ РАН разработана батарея твёрдооксидных топливных элементов (ТОТЭ) планарной геометрии электролит-поддерживающей структуры. Мембранно-электродные блоки ТОТЭ изготовлены на базе трёхслойных мембран анионного проводника производства АО «НЭВЗ-Керамикс» (г. Новосибирск). Многослойные электроды с перемен-

ным составом и микроструктурой наносятся дешёвым и технологичным методом трафаретной печати (шелкография). Оптимизированная структура МЭБ позволяет получать высокие электрохимические характеристики (выше 250 мВт/см²), отвечающие мировому уровню развития технологии. Батареи ТОТЭ были испытаны в сертифицированном газо-температурном стенде.

Джозефсоновская магнитная память для сверхпроводниковой электроники. Переход к сверхпроводниковым логическим элементам является одним из перспективных направлений развития высокопроизводительных вычислительных систем. Существующие реализации элементов быстрой однокуантовой логики (БОК, RSFQ) основаны на туннельных джозефсоновских переходах, в которых ниобиевые сверхпроводящие берега соединены через туннельный слой оксида алюминия. Преимуществами таких контактов являются пикосекундные времена переключения между цифровыми состояниями и малое энерговыделение – порядка аттоджоуля на одно переключение. Долгое время развитие RSFQ-логики сдерживалось большим размером логических элементов, необходимым для хранения кванта магнитного потока, необходимостью использования криогенных жидкостей и отсутствием джозефсоновской магнитной памяти, технологически совместимой с Nb-Al-технологией изготовления туннельных контактов. Первые две проблемы к настоящему времени уже решены путём разработки сухих рефрижераторов и джозефсоновских пи-контактов с отрицательным знаком ток-фазового соотношения. Данная разработка призвана решить третью проблему и открыть путь к реализации более практических сверхпроводниковых вычислителей.

www.expoelectronics.ru

Применение командного подхода к анализу системы питания на ПП

Брэд Брим, Cadence Design Systems

Перевод: Антон Супонин

Для того чтобы система питания правильно работала на печатной плате (ПП), требуется участие команды инженеров, обладающих знаниями в разных областях проектирования электронных устройств. Обычно эксперт по проектированию системы питания приступает к работе с уже законченным устройством, не принимая непосредственного участия в его разработке. Такая организация работы не всегда является оптимальной. В данной статье рассматривается иной, коллективный подход к проектированию системы питания, который позволяет более эффективно использовать имеющиеся ресурсы и оперативно устранять выявляемые ошибки ещё в ходе проектирования.

ВВЕДЕНИЕ

Обычно инженеры-разработчики принимают участие в проектировании устройств лишь на определённых этапах. При таком подходе типична ситуация, когда инженер-схемотехник и инженер-трассировщик работают на разных стадиях реализации проекта, взаимодействуя друг с другом лишь эпизодически. Причём проверка результатов работы осуществляется постфактум.

При коллективном подходе в разработке участвует ещё один инженер, который отвечает за систему питания в целом. Он несёт ответственность за весь проект и вступает в игру на самых ранних стадиях проектирования для того, чтобы направлять остальных членов команды. В данной статье мы рассмотрим эффективный и популярный в настоящее время командный подход к проектированию системы питания, который позволяет добиться хороших результатов в минимальные сроки. При таком подходе действия разработчиков могут быть быстро скорректированы в нужном направлении, согласно промежуточным результатам анализа.

Традиционный метод анализа целостности системы питания

Существует две совершенно различных области, определяющих целостность системы питания на ПП – питание по постоянному току и по переменному току. Целостность системы питания по постоянному току означает, что каждый потребитель на ПП

получает необходимый уровень питающего напряжения, установленный в техническом задании (ТЗ). Для того чтобы гарантировать, что все условия ТЗ по постоянному току соблюдаются, часто используют анализ IR Drop (анализ падения напряжений). Этот метод позволяет гарантированно подтвердить, что плотность тока в полигонах питания не превышает критических значений, а конфигурация и число переходных отверстий достаточны для тока, текущего по полигонам. Также гарантируется, что значения температуры в подложке платы и в металле не превышают указанных в ТЗ величин. Целостность системы питания по переменному току – это способность системы питания надёжно проводить переменный ток от источника до потребителя во всём диапазоне частот, на которых работает устройство. Система питания по переменному току включает в себя не только полигоны, но и фильтрующие конденсаторы. Нестабильность питания неизбежно вносит свой вклад в искажения передаваемых по плате сигналов. Вносимые системой питания искажения приводят к снижению напряжения питания в районе потребителя. Кроме того, существует и другой источник искажений – высокочастотные шумы по переменному току.

Долгое время инженеры были вынуждены аппроксимировать систему питания к резистивной модели для проведения анализа целостности питания по постоянному току. Теперь, когда доступны большие вычислительные

мощности, можно наблюдать бурное развитие конкурирующих между собой систем численного анализа, моделирующих ПП по постоянному току с учётом всех неоднородностей трассировки системы питания. В расчётах становится всё меньше допущений и упрощений, соответственно возрастает и точность результатов. Полная автоматизация симуляции проектов и автоматическая генерация отчётов делают анализ ПП коммерчески выгодным. В настоящее время анализ целостности системы питания по постоянному току на ПП является обязательным условием для всех производителей электронного оборудования.

Токопроводящие свойства металлов зависят от температуры, и падение напряжения на потребителе описывается нелинейными функциями от температуры. Результаты анализа по постоянному току могут отличаться более чем на 20% в зависимости от того, принимается ли во внимание влияние температуры или нет. Существует способ корректно рассчитать падение напряжения питания на ПП по постоянному току в предположении, что критический уровень шумов не превышен. Этот способ заключается в применении программных средств анализа платы, которые могут одновременно выполнять электрическое и термическое моделирование. На первом этапе программа выполняет линейный электрический анализ при заданной начальной температуре окружающей среды. Подсчитывается потеря энергии при начальной заданной температуре окружающей среды, и затем это значение используется для выполнения линейного термического анализа. Поскольку вся потерянная при передаче энергия выделяется в тепло, необходимо скорректировать расчёты. На следующем этапе, используя данные термического анализа, программа рассчитывает новое электрическое состояние системы при температуре, с учётом выделяемого тепла. Таким образом, мы получаем несколько циклов вычислений,

результаты которых образуют быстро сходящуюся к одному числу последовательность. Число, к которому стремятся результаты вычислений от итерации к итерации, и есть искомое значение падения напряжения.

Анализ целостности системы питания на ППП по переменному току главным образом сводится к определению петлевых индуктивностей в определённом диапазоне частот. Учитывается влияние развязывающих конденсаторов, ёмкостная связь между полигонами земли и питания. Процессы, происходящие в плате в определённом частотном диапазоне (резонансы, взаимодействия между площадками и плоскостями и т.п.), охватывают всю плату целиком. По этой причине для полномасштабного анализа требуются значительные вычислительные мощности и более сложные методы расчётов. Для симуляции ППП по переменному току применяется комбинация теоретических методов анализа электрических цепей и методов электромагнитного анализа. При помощи программы Cadence Sigrity PowerSI™ можно получить S-параметры линии передачи для заданного диапазона частот. Эти же методы используются и при временном анализе, позволяющем напрямую получать формы сигналов с помощью программы Cadence Sigrity Speed2000™. Имея в своём распоряжении Cadence Sigrity PowerSI™ и Cadence Sigrity Speed2000™, инженер может за пару десятков минут корректно смоделировать всю систему питания на ППП в интересующем его диапазоне частот. При этом для проведения расчётов будет достаточно компьютера средней производительности.

Временной анализ, на первый взгляд, может показаться более удобным, чем частотный, поскольку позволяет получить форму шумовых сигналов. Однако в реальности этот метод применяется не так часто, как частотный. Ориентировочные профили импедансов служат ограничивающими факторами при анализе целостности системы питания. Чем ниже импеданс, тем ниже переходные помехи. При отсутствии данных по импедансам, их оценка может быть произведена с использованием значений пульсаций напряжения и переменного тока переключения, указанных в спецификации. На рисунке 1 показано сравнение результатов частотного и временного анализа, выполненное в программе Cadence Sigrity OptimizePI™.

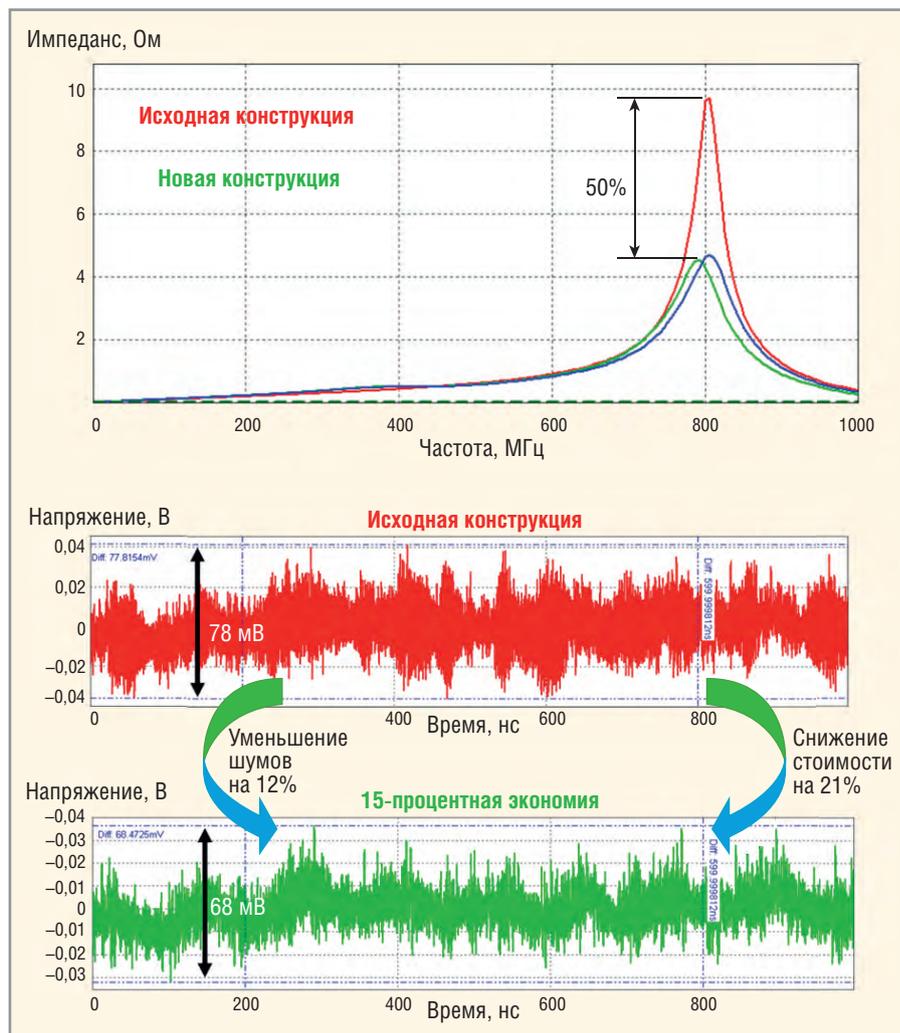


Рис. 1. Профиль импеданса и шумов, вносимые системой питания, до и после проведения оптимизации номиналов развязывающих конденсаторов на модуле DIMM

В приведённом примере удалось значительно понизить скачок импеданса системы питания на ППП в районе 800 МГц путём установки дополнительных развязывающих конденсаторов на DIMM-модуле. Это позволило уменьшить шумовые вносимые системой питания, на 12%. Кроме того, плата с новым набором конденсаторов оказалась более простой в изготовлении и на 21% дешевле, чем оригинальный вариант.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМАНДНОГО МЕТОДА РАБОТЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ЦЕЛОСТНОСТИ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ

Обычно специалисты по проектированию систем питания проводят предварительный выбор номиналов развязывающих конденсаторов и первичный анализ падения напряжения ещё до выполнения разводки ППП. Работая в команде, специалисты могут более рационально использовать свои рабочие ресурсы и добиваться более высо-

ких результатов. Оптимальная команда проектировщиков системы питания должна состоять из трёх человек: схемотехник, трассировщик и специалист по целостности системы питания. Схемотехник приступает к работе на стадии разработки схемы ППП, с помощью программы Power Feasibility Editor выбирает номиналы развязывающих конденсаторов и определяет необходимые требования к системе питания. Трассировщик планирует размещение элементов на ППП и выполняет анализ ППП. Специалист по целостности системы питания может приступать к работе на любом этапе. Он выполняет моделирование системы питания ППП по постоянному и переменному току, координирует действия других членов команды, иницируя, в случае необходимости, дополнительную оптимизацию развязывающих конденсаторов и перетрассировку ППП.

Сегодня на рынке присутствуют программы, специально разработанные

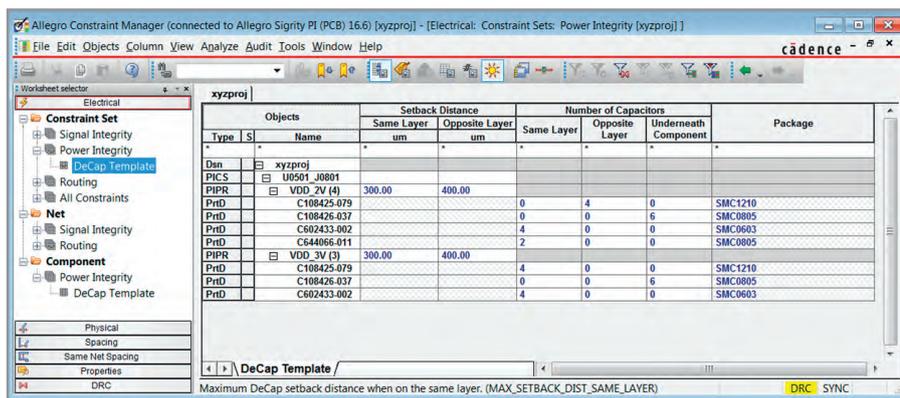


Рис. 2. Набор параметров PI Cset

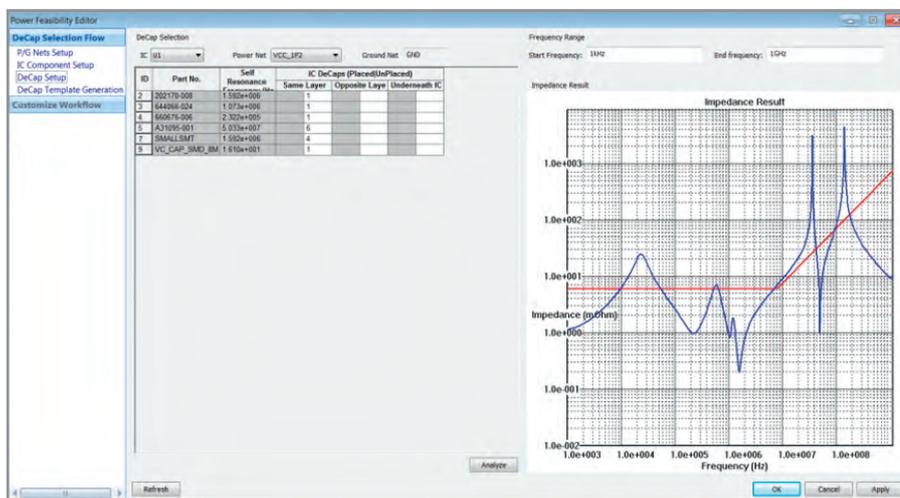


Рис. 3. Окно программы Power Feasibility Editor

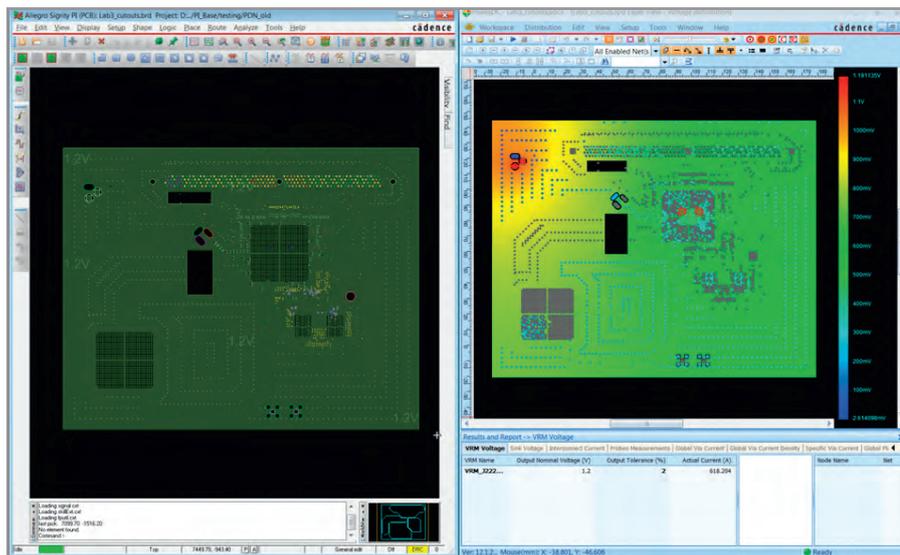


Рис. 4. Две области экрана пользователя: слева – вид на плату в PCB Editor, справа – результаты анализа в Power DC

ные для реализации командного метода проектирования систем питания на ПП. Cadence Allegro® Sigrity PI – это первое решение для комплексного подхода к проектированию питания на ПП и в корпусах интегральных схем. Программа Cadence Allegro® Sigrity PI отличается от остальных решений спо-

собом использования существующих алгоритмов анализа и тем, как могут быть применены результаты этого анализа. Кроме того, в данном инструменте реализованы различные полезные функции, напрямую не связанные с анализом системы питания. В результате схемотехник и трассировщик

могут гораздо более эффективно работать над питанием ПП на ранних стадиях проектирования. Возможности DC- и AC-анализа, описанные ранее, доступны при наличии опции Power Integrity Signoff и модуля оптимизации.

Традиционно схемотехник является специалистом, который составляет начальный вариант списка необходимых материалов и элементов, проверяет соответствие разрабатываемой ПП принципиальной схеме и рассчитывает режимы работы устройства по постоянному току. Однако для того, чтобы обеспечить работу устройства по переменному току, схемотехник должен дополнить схему развязывающими конденсаторами. Многие производители электронных компонентов предоставляют указания по установке развязывающих конденсаторов, однако есть и те, которые подобной информации не приводят. Даже имея базовые рекомендации на все применяемые компоненты, схемотехник не может учесть все взаимодействия между ними, выбрать правильное положение элементов друг относительно друга как на схеме, так и на плате. Человек не может оптимальным образом решить такую комплексную задачу, как проектирование сложного современного электронного устройства. До недавнего времени не существовало и механизма управления расстановкой элементов на ПП таким образом, чтобы она была оптимальна для конечного применения.

При использовании параметрически-ориентированных методов проектирования инженеры получают единый интерфейс, который предоставляет информацию по всему проекту и автоматизирует широкий спектр задач на всех стадиях проектирования. Наборы параметров, описывающие целостность системы питания (PI Constraint Set, или PI Csets), добавляются в проект для того, чтобы хранить всю необходимую информацию на уровне отдельных компонентов. Схемотехник может применить наборы этих параметров для того, чтобы быстро и полно определить критерии целостности системы питания изделия. Наборы параметров PI Csets также автоматизируют включение электронных компонентов в смету изделия.

На рисунке 2 приведён пример набора параметров PI Cset в Cadence Allegro® Sigrity PI. Этот набор содержит информацию по каждой шине питания, вклю-

чая развязывающие конденсаторы, их количество, тип корпуса и рекомендации по месту установки на ПП.

Набор констант PI Cset можно создать автоматически при помощи Power Feasibility Editor (см. рис. 3). Программа позволяет определять правила для типов и номиналов развязывающих конденсаторов, а также их расположения на плате. Помимо управления расстановкой PI Cset предоставляет доступ к модулю трассировки и данным по принадлежности конденсаторов к шинам питания. Это помогает инженеру выполнять наиболее оптимальную начальную расстановку конденсаторов развязки.

С помощью этого инструмента можно производить приблизительный или полный анализ расстановки развязывающих конденсаторов до стадии трассировки платы. В Power Feasibility Editor реализованы подробные спецификации электронных компонентов, позволяющие вычислять ориентировочные профили импедансов в тех случаях, когда производитель их не предоставляет.

В отличие от схемотехников, инженеры-трассировщики решают проблемы, связанные с постоянным током. Трассировщики управляют расположением и количеством связывающих слоев переходных отверстий, а также конфигурацией и формой питающих полигонов. Эти элементы ПП влияют на падение напряжения по постоянному току и на плотность тока в узких местах. Трассировщики могут интуитивно проводить оценку ПП по указанным параметрам, основываясь на личном опыте, и корректировать свои действия в ходе работы. Программа Allegro® Sigrity PI предоставляет удобные механизмы управления рабочей средой трассировщика, позволяет задавать и отображать падения напряжения, а также визуализирует данные по плотности тока. Это позволяет очень быстро проводить изменения в трассировке и тут же симулировать новую разводку повторно для анализа внесённых изменений.

В процессе работы экран пользователя разделён на две области (см. рис. 4). Трассировщики могут внести изменения в проект ПП. Эти изменения автоматически отразятся в окне Power DC, после чего сразу возможно провести повторную симуляцию проекта. Таким образом, начальная версия трассировки может быть быстро создана и протестирована ещё до того момента, как

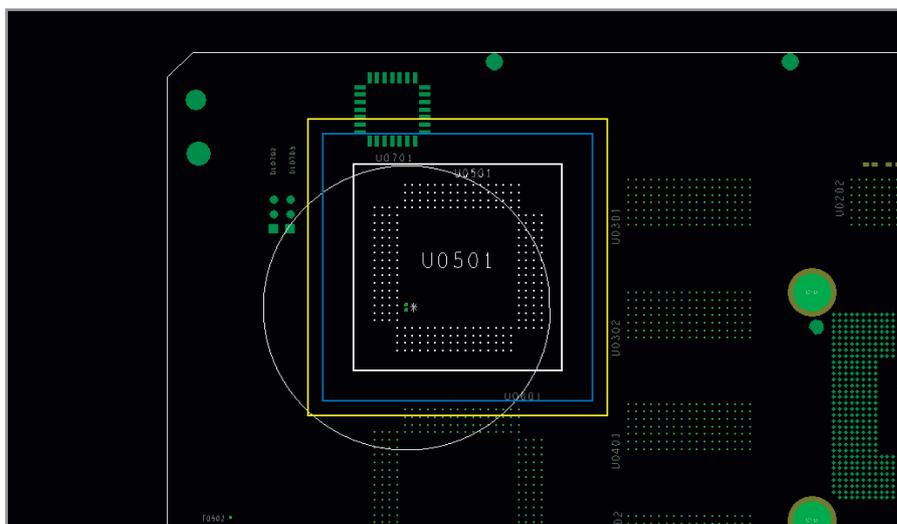


Рис. 5. Окно PCB Editor, показывающее процесс расстановки конденсаторов для ИС U0501

Примечания: белый квадрат – область расстановки конденсаторов на верхнем слое; синий квадрат – область расстановки конденсаторов на нижнем слое; белый круг – область эффективной установки конденсатора

подключится эксперт по целостности питания. Разделение экрана может быть использовано для вывода детализированных отчётов, сформированных экспертом по целостности систем питания.

Работоспособность системы питания зависит от расстановки развязывающих конденсаторов, выполненной трассировщиком. Конденсаторы, которые установлены ближе всего к потребителю, оказывают наибольшее влияние на качество системы питания. Однако переходные отверстия, связывающие конденсаторы с землёй и фильтруемым напряжением, негативно влияют на трассировку сигнальных линий из-за сокращения доступного места. Конденсаторы, установленные слишком далеко, будут неэффективны. Описываемые методы проектирования предоставляют пользователю рекомендации по расстановке конденсаторов. Вся информация, необходимая для создания хорошей расстановки, хранится в наборах правил PI Cset.

Режим расстановки конденсаторов (см. рис. 5) предназначен для облегчения работы трассировщика. Специалист выбирает интересующий его компонент, напряжение питания и расставляет конденсаторы, кликая мышкой вблизи выбранного элемента. Выбранный элемент подсвечивается, и в окне будет отображено три области: область установки конденсаторов на верхнем слое, область установки на нижнем слое и радиус эффективной установки конденсатора. Две первые области берутся из данных, находящихся в PI

Cset. Эффективный радиус установки – это область, в которой конденсатор ещё будет надёжно выполнять свою функцию. Размер эффективного радиуса зависит от конфигурации слоёв на ПП, месторасположения конденсатора и его номинала. Радиус динамически пересчитывается по мере перемещения конденсатора над доступной установочной площадкой.

Наборы PI Csets динамически обновляют информацию о месте установки развязывающих конденсаторов, их количестве и номиналах. Все изменения, внесённые на любой стадии проектирования, мгновенно отражаются на схемах, в наборах параметров и сметах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существующие инструменты проведения анализа целостности питания ПП предлагают широкие возможности инженерам при проектировании электронных устройств. Однако они становятся ещё более эффективными, если применять параметрически-ориентированный подход в коллективной работе. В этом случае каждый участник может эффективно решать поставленные перед ним задачи, а также передавать информацию другим участникам цикла разработки. Лёгкость обмена данными в единой среде проектирования позволяет эксперту по целостности системы питания подключаться к работе на самых ранних этапах, и, используя свои инструменты анализа, оказывать необходимое влияние на ход разработки.





Система управления правилами в САПР Delta Design

Часть 2

Георгий Шаманов (Москва)

В первой части статьи (см. №4, 2017) был рассмотрен редактор правил системы Delta Design: основные принципы ведения ограничений, и каким образом они реализованы на практике. Во второй части рассматриваются вопросы повторного использования данных, интеграция с другими редакторами и дополнительные возможности, облегчающие ввод данных и повышающие удобство работы.

Повторное использование данных

Ускорить работу конструктора печатных плат (ПП) можно не только с помощью удобной организации ведения данных в проекте, но и с помощью повторного использования уже проверенных на практике данных.

Каждый проект в Delta Design создаётся на основании шаблонов правил (см. рис. 8). Шаблоны содержат заранее настроенные ограничения.

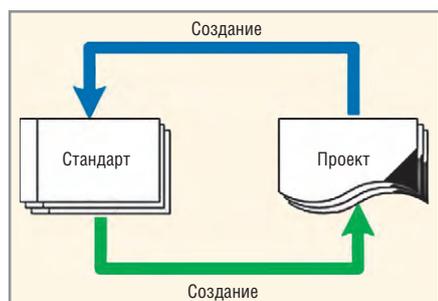


Рис. 8. Обмен данными между шаблонами и проектами

Правила в шаблонах ведутся не только для платы в целом, но и в разрезе классов цепей. Т.е. конструктор может в шаблоне создать классы цепей и настроить ограничения для них. В момент создания проекта на основании такого шаблона будут созданы все указанные классы с уже настроенными правилами из шаблона.

Поскольку шаблон может быть использован при построении платы с различной конфигурацией слоёв, то определять ограничения по слоям в шаблоне невозможно. Вместо этого конструктор может задать правила в разрезе классов слоёв. К классам слоёв относятся: верхний слой, внутренние сигнальные слои (все в целом), нижний слой (см. рис. 9) и пользовательские классы слоёв.

Delta Design позволяет добавлять пользовательские классы слоёв (именованный список). Для каждого пользовательского класса слоёв могут быть назначены свои ограничения. Затем, при описании состава слоёв платы, для

Цели	Слои и регионы	Набор пра...	Трек к:	Трек к:	СКП	ПО	ПКП
	[-] Все слои		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	[-] SIGNAL_TOP		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	[-] SIGNAL_INTERNAL		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	[-] SIGNAL_BOTTOM		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	[+] Все слои		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	[-] SIGNAL_TOP		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	[-] SIGNAL_INTERNAL		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	[-] SIGNAL_BOTTOM		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	[-] Все слои		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	[-] SIGNAL_TOP		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	[-] SIGNAL_INTERNAL		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	[-] SIGNAL_BOTTOM		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03

Рис. 9. Ведение правил в шаблоне

внутреннего сигнального слоя следует указать пользовательский класс (по умолчанию используется класс «Внутренние сигнальные»). Таким образом, можно описывать в шаблоне особые правила, которые затем будут применены для отдельных внутренних слоёв платы.

В комплекте поставки системы изначально содержатся шаблоны для пяти классов точности плат (см. рис. 10). В них уже определены соответствующие значения ограничений, что облегчает работу конструктора.

Конечно, только описанные разработчиками САПР шаблоны не могут покрыть всё разнообразие проектов. Поэтому конструктор имеет возможность создавать их самостоятельно или корректировать имеющиеся. Но самым важным является то, что шаблон может быть создан на основании уже проверенного проекта ПП. В шаблон будут скопированы все классы цепей и правила в разрезе как классов цепей, так и классов слоёв платы.

В некоторых случаях, уже в ходе проектирования ПП, может возникнуть необходимость применения другого шаблона правил. Для этого в системе реализована специальная функция (см. рис. 11). Как видно из представленной на рисунке экранной формы, Delta Design позволяет применить ограниче-

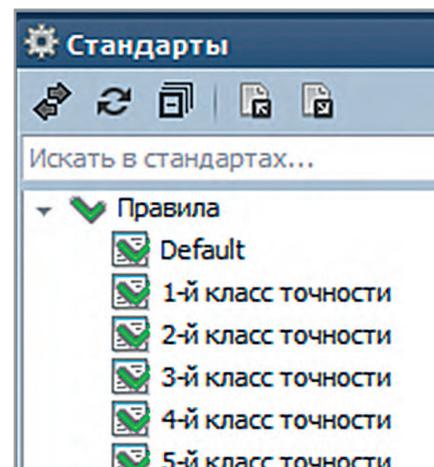


Рис. 10. Список поставляемых в комплекте шаблонов правил

ния выборочно: отобразив только нужные домены данных или только нужные классы цепей.

Таким образом, данные правил мигрируют из шаблонов в проекты и обратно, что позволяет сократить время разработки проекта за счёт регулярного повторного использования данных (см. рис. 9).

ИНТЕГРАЦИЯ С РЕДАКТОРАМИ

Одним из достоинств САПР Delta Design является глубокая интеграция всех редакторов данных проекта, что позволяет управлять проектом как единым целым. Не является исключением и редактор правил.

Уточнение ограничений проекта может выполняться уже на этапе проектирования схемы. Для этого можно открыть редактор правил, а можно изменять значения ограничений с помощью панели «Правила» для выбранной цепи в схемотехническом редакторе. При выборе пары цепей можно определять правила зазоров для них.

Но полностью функционал панели раскрывается при использовании

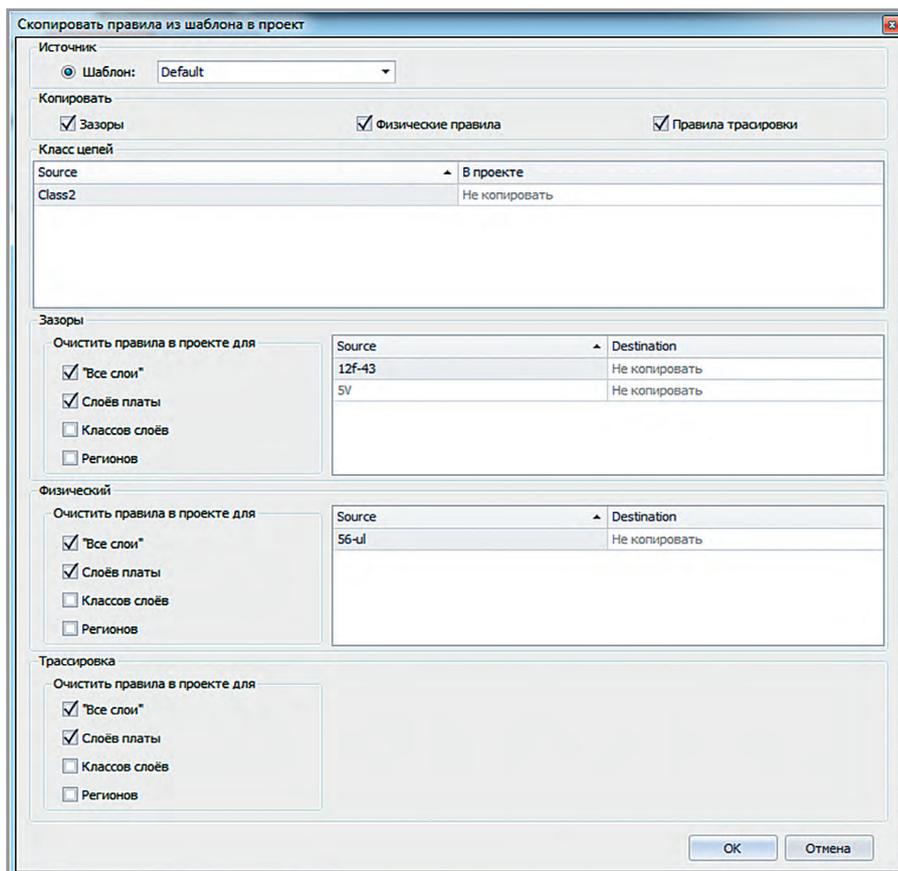


Рис. 11. Повторное получение правил из шаблона в уже существующий проект



Иновационный подход к проектированию электроники

САПР электроники

WWW.DD.RU

 **DeltaDesign** — система сквозного проектирования электронных устройств на базе печатных плат

- Менеджер библиотек LIBerty
- Схемотехнический редактор FlexyS
- Схемотехническое моделирование SimOne
- HDL-симулятор Simtera
- Ведение правил DRM
- Редактор печатных плат RightPCB
- Топологический трассировщик TopoR
- Коллективная работа "Workgroup"
- Для предприятий "Enterprise server"

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПОСТАВЩИК ПРОДУКЦИИ EREMEX



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



Реклама

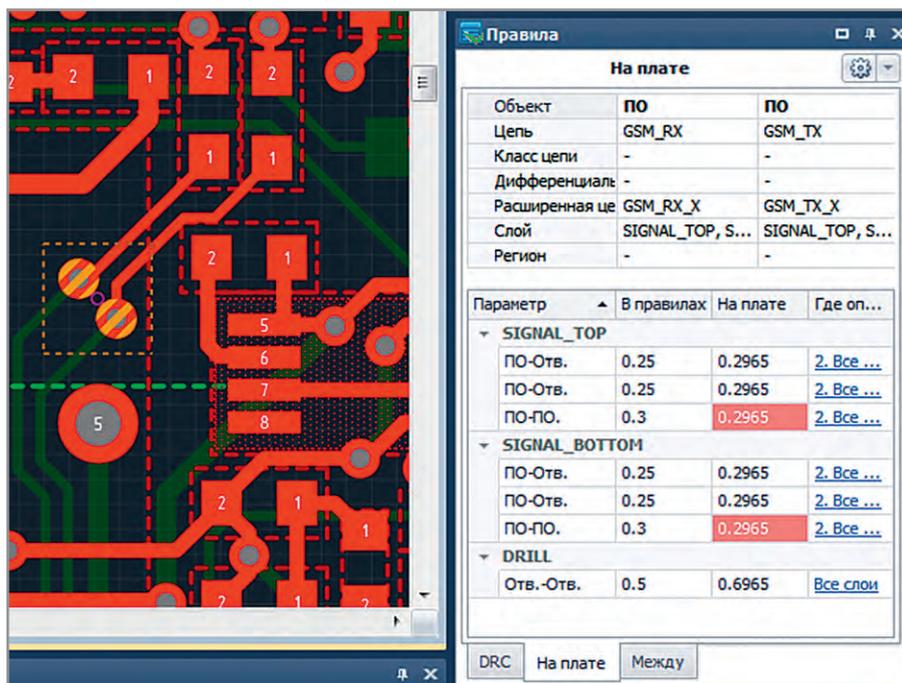


Рис. 12. Пример отображения данных в панели «Правила»

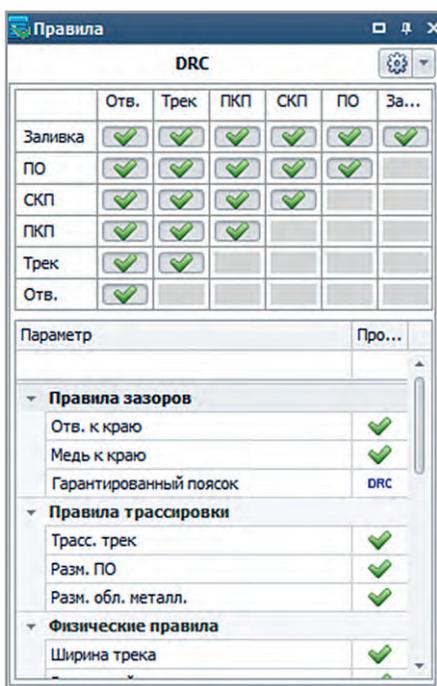


Рис. 13. Управление применимостью правил при редактировании платы

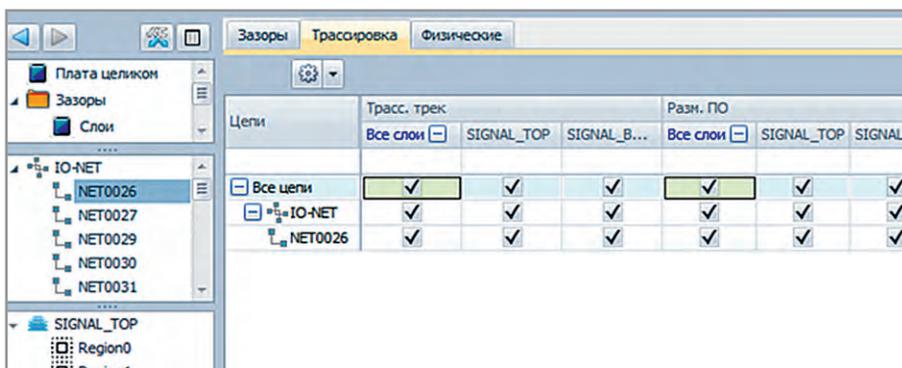


Рис. 14. Представление данных для конкретной цепи

Поскольку ограничений достаточно много, то в редакторе правил проекта реализованы специальные режимы просмотра ограничений только для конкретной цепи или для конкретного региона (см. рис. 14). В этих режимах показываются ограничения выбранного объекта. Например, для цепи показываются её зазоры ко всем другим цепям и классам цепей, а также её правила трассировки (см. рис. 14) и физические правила.

Такой подход позволяет конструктору выделить в достаточно большом массиве данных конкретные ограничения и быстро настроить их значения, исходя из требований к создаваемому устройству.

Также в редакторе правил реализована возможность перехода от правил к той цепи, для которой они определены. Переход может быть осуществлён к соответствующему участку схемы или платы.

Все описанные интеграционные возможности позволяют работать с ограничениями построения ПП не как с отдельной сущностью, а как с частью данных цепей проекта. Такой подход экономит конструктору много времени и сил, ускоряя процесс разработки ПП.

Дополнительные возможности редактора

Многие конструкторы за годы работы создали свои собственные методики работы с правилами проекта. Например, некоторые предпочитают определять ограничения только на уровне классов цепей. Для большего удобства Delta Design предоставляет визуальные настройки. Данные каждого из листов могут быть отфильтрованы для отображения (см. рис. 15).

По умолчанию система отображает все цепи, но при этом раскрывает данные для слоёв, только если имеются введённые ограничения. Возможно, что конструктор предпочтёт не видеть данных по цепям, оставив только классы цепей. Или, наоборот, предпочтёт редактировать данные в полном объёме: на уровне цепей и слоёв или даже регионов. Оба подхода могут быть реализованы с помощью настроек фильтров по данным в редакторе (см. рис. 15).

Важно, что настроенный таким образом внешний вид редактора правил может быть сохранён для использования в дальнейшем (см. рис. 16). Таким образом, конструктор работает в удобной для него парадигме, не видя всех остальных данных. Также конструктор

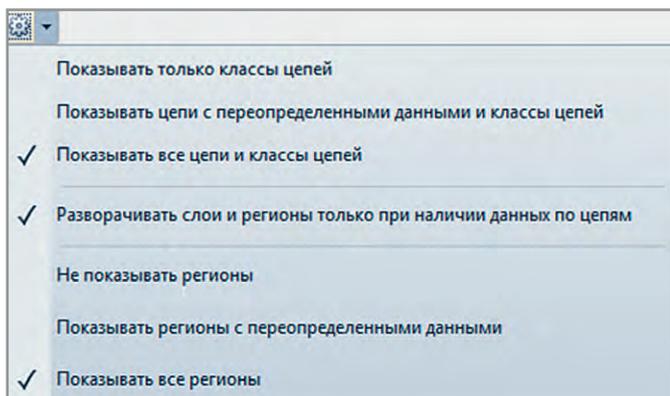


Рис. 15. Фильтр показа данных в редакторе правил

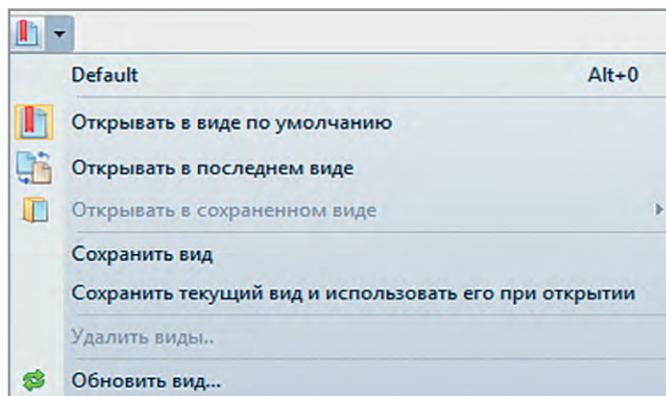


Рис. 16. Меню управления видами листов в редакторе правил

тор может для каждого листа настроить несколько разных видов и переключаться между ними с помощью «горячих» клавиш.

В целом конструктор имеет возможность настроить редактор правил для отображения данных в удобной форме. Такой подход позволяет облегчить работу и, следовательно, ускорить процесс проектирования ПП.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, редактор правил Delta Design обеспечивает ведение

достаточно большого набора различных ограничений. Система экономит время и упрощает для конструктора ввод данных. При этом у специалиста имеется возможность задавать специальные правила для конкретных цепей на определённых участках ПП.

Достигается это за счёт реализации следующих принципов:

- возможность изначально использовать готовые наборы правил;
- предоставление различных способов ведения правил для проектов разной сложности;

- иерархичность ведения правил – правила задаются вначале для платы в целом, а затем уже уточняются для определённых цепей и слоёв;
- возможность определения на плате локальных зон с переопределёнными правилами;
- высокая степень интеграции редактора правил с редакторами схемы и платы;
- возможность индивидуальной настройки внешнего вида редактора правил.



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

Wolf speed

CRANE AEROSPACE & ELECTRONICS

SHARP

BULGIN

HUMMEL

SEMILEDS

RAYSTAR OLED Display Provider

MICROMETALS HIGH PERFORMANCE COPPER

anadigm

CREE

АРБЕНОС

AUO

Grughill

HARTING Pushing Performance

PHILIPS LUMILEDS

LUMINEQ POWERED BY BEPICO

XP XP Power

MPS Monolithic Power Systems

Об истории отечественной радиотелемеханики

Владимир Бартнев (Москва)

В статье рассказывается о зарождении и основных достижениях отечественной радиоэлектроники в области радиопередачи. Основателями этого направления по праву можно считать наших соотечественников А.С. Попова и Н.Д. Пильчикова.

Сейчас, когда дистанционное управление по радио широко используется уже и в быту, и когда с помощью SMS-сообщений можно управлять Умным домом, особенно интересно узнать об истории создания дистанционно управляемых радиотелемеханических систем в нашей стране. Тем более что основоположником их по праву можно считать русского учёного профессора Николая Дмитриевича Пильчикова, со дня рождения которого в мае этого года исполняется 160 лет.

Начать статью о радиопередаче хотелось бы с описания первого радиоприёмника А.С. Попова, в котором нашли применение элементы радиотелемеханики. Напомню, что 7 мая (25 апреля по старому стилю) 1895 г. произошло историческое событие, которое по достоинству было оценено лишь спустя несколько лет. Тогда на заседании физического отделения Русского физико-химического общества (РФХО) выступил преподаватель Минного офицерского класса Александр Степанович Попов с докладом «Об отношении металлических порошков к электрическим колебаниям». Во время доклада Попов продемонстрировал рабо-

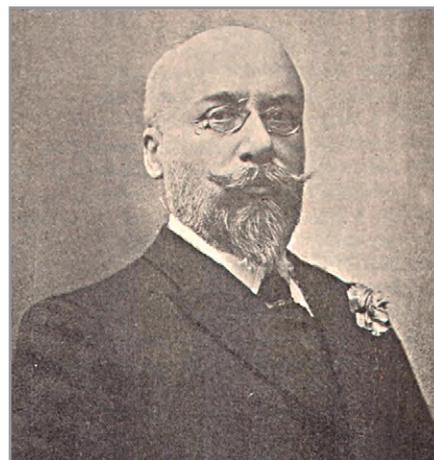


Основатель Остехбюро В.И. Бекаури

ту созданного им устройства, предназначенного для приёма и регистрации электромагнитных волн. Это был первый в мире радиоприёмник. И не только. Чутко реагируя электрическим звонком на посылки электромагнитных колебаний, которые генерировались вибратором Герца, фактически, этот прибор демонстрировал работу первой радиосистемы с автоматическим управлением. Звонком выполнял не только функцию исполнительного устройства, но и являлся элементом обратной связи: молоточком он восстанавливал чувствительность когерера приёмника. Эти опыты по сигнализации на расстоянии, т.е. в сущности, по дистанционному управлению устройством сигнализации, проводились в начале 1895 г. К концу апреля Попов счёл возможным обнародовать их результаты на заседании физического отделения РФХО. Так 7 мая 1895 г. стало днём рождения радио – одного из величайших изобретений XIX века [1].

За рубежом принято считать, что первая в мире действующая радиопередающая телемеханическая система была разработана югославом Николой Теслой в США. Действительно, весной 1898 г. им была создана модель судна, управляемого по радио, а 1 июля того же года он подал заявку на патент (US Pat. №0613809 «Methods and Apparatus for Controlling Mechanism of Moving Vehicle or Vehicles») и спустя два месяца в Нью-Йорке демонстрировал радиопередающую модель яхты.

Однако вернёмся в Россию. Автору статьи удалось найти весьма интересные исторические материалы, которые демонстрируют достижения профессора Николая Дмитриевича Пильчикова. Речь идёт о его переписке с военным министром России [2, 3]. Приведём некоторые выдержки из его письма: «... предпринятые мною работы по вопросу о беспроводной электриче-



Основоположник отечественной радиотелемеханики Н.Д. Пильчиков

ской передаче энергии привели меня к результатам, которые я не считаю себя вправе эксплуатировать за границей, не представив их прежде всего на благоусмотрение Вашего Превосходительства. В то время как Маркони и Попов стремились достичь возможно большей дистанции, я после довольно продолжительных теоретических и опытных изысканий остановился на той мысли, что прибор, воспринимающий действие электрических волн, должен быть непременно снабжён особым протектором, который, профильтровывая входящие до него электрические волны, давал бы доступ к действующему механизму лишь тем волнам, которые посланы нами. На моей публичной лекции 25 марта прошлого года (1898 г.), сведения о которой содержатся в прилагаемом при этом №425 «Одесского обозрения», мною были с помощью электронных волн, шедших сквозь стены зала, в которых стояли приборы, выполнены, между прочим, следующие опыты:

- зажжены огни модели маяка;
- вызван выстрел из небольшой пушки;
- взорвана мина в искусственном бассейне, устроенном в зале, причём затонула маленькая яхта;
- приведена в движение модель железнодорожного семафора».

Таким образом, Н.Д. Пильчиков, независимо от Николы Теслы, практически в одно и то же время, но на другом континенте, впервые в мире демонстрировал телемеханические системы радиодистанционного управления. После длительных проволочек в мае 1901 г. материалы с предложениями Н.Д. Пильчикова направляются в Морское министерство. Назначается комиссия для их рассмотрения. В состав комиссии входил профессор А.С. Попов, который дал

отзыв на предложения Пильчикова [4]. В частности, он писал: «В предложении профессора Н.Д. Пильчикова заслуживает внимания постановка вопроса о защите от перехватывания депеш беспроводного телеграфа посредством употребления телеграфного аппарата, пишущего двумя перьями и особой азбукой вместо Морзе. Пользование же электрическим резонансом не защищает вполне от перехватывания депеш и применяется всеми, употребляющими беспроводной телеграф в настоящее время. Остаётся открытым вопрос о дальности телеграфирования предложенными аппаратами и о степени технической разработки самих приборов. Желательно, чтобы профессор Н.Д. Пильчиков вполне точно указал особенности приборов, лично им изобретённых, отличие их от других систем приборов, пользующихся электромагнитными волнами и электрическим резонансом, дабы при осмотре аппаратов профессора Пильчикова не могло выйти неудобства, вследствие возможных совпадений в схемах расположения приборов с употребляемыми на судах флота и разрабатываемыми непрерывно в мастерской телеграфирования в Кронштадте».

В марте 1902 г. начальник Главного морского штаба в своём письме извещает, что управляющий Морским министерством согласился принять участие «в половине расходов, вызываемых подготовкой и производством первых опытов с протектором, изобретённым Н.Д. Пильчиковым». Несмотря на то, что к лету того года просьбы Н.Д. Пильчикова были удовлетворены, опыты на Чёрном море были отложены до лета 1903 г. Испытания состоялись в августе 1903 г. в районе Севастополя. Подробных результатов по проведённым испытаниям найти не удалось. Однако в отчёте Харьковского технологического института [5] за 1903 г. (в это время именно там работал Н.Д. Пильчиков) отмечалось: «Полученные результаты привели к возможности правильного телеграфирования на расстояниях, по крайней мере, втрое больших, чем то имело место раньше на Чёрном море».

К сожалению, последовавшая затем Русско-японская война не позволила Н.Д. Пильчикову продолжить опыты по радиоуправлению. Более того, 6 мая 1908 г. его жизнь трагически оборвалась. Имя профессора Пильчикова в наше время известно немногим, хотя среди учёных-физиков оно

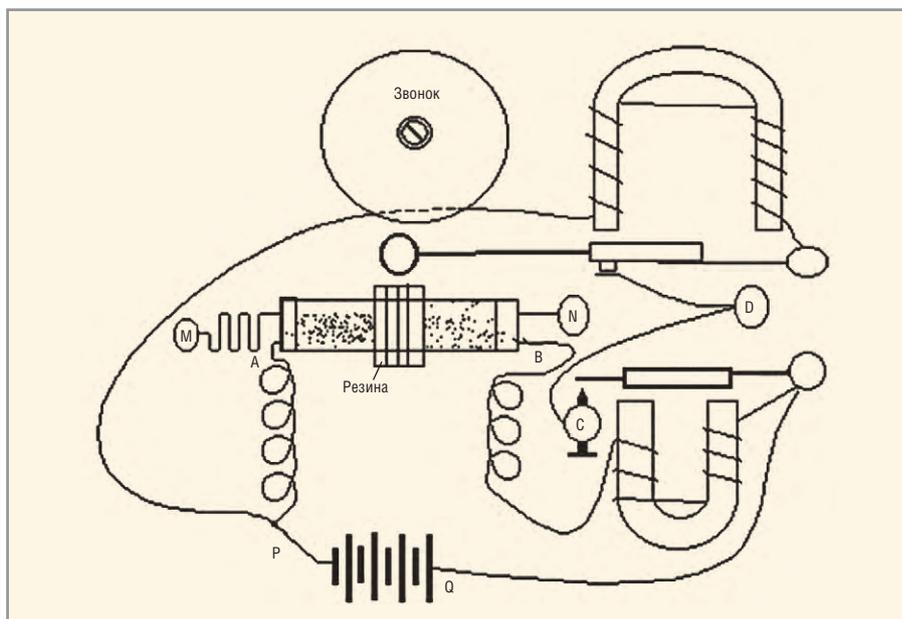


Схема радиуправляемого прибора А.С. Попова

часто на слуху. Необычная судьба этого человека, странная участь его замечательных изобретений, необъяснимая смерть – всё это до сих пор остаётся загадкой. Некоторые подробности о жизни выдающегося учёного профессора Н.Д. Пильчикова можно узнать из книги В.Н. Петрова [6].

Продолжателем дела профессора Пильчикова в России стал изобретатель Владимир Иванович Бекаури (1882–1937 гг.) – человек яркой и трагической судьбы [7]. 13 ноября 1920 г. председатель Совнаркома В.И. Ленин сделал запрос в отдел изобретений НТО ВСНХ о поступивших изобретениях и состоянии их внедрения. Ленину было сообщено о важных изобретениях, имеющих народно-хозяйственное значение, и, в том числе, о радиуправляемой мине Бекаури. 13 июля 1921 г. Совет труда и обороны (СТО) ВСН заслушал доклад В.И. Бекаури, а уже 18 июля 1921 г. заместитель председателя СТО А.И. Рыков подписывает Постановление №231/276 об организации Технического бюро во главе с В.И. Бекаури для выполнения работ «по новому военному изобретению». Малому Совнаркому предлагается под смету, составленную Бекаури, выделить 25 млн рублей и определить штат Технического бюро в количестве 77 человек (50 рабочих и 27 специалистов и служащих). 9 августа 1921 г., дополнительно к Постановлению СТО, В.И. Бекаури получает Мандат №10197 за подписями председателя СТО В.И. Ленина, председателя ВСНХ Н.П. Богданова и секретаря СТО Л.А. Фотиевой на создание Технического бюро и отдельной мастерской.

Радиуправляемая мина Бекаури, патент на которую руководитель Остехбюро получил в 1920 г. после многих доработок и усовершенствований, была принята на вооружение под названием «Мина образца 1926 г.». За свои заслуги В.И. Бекаури был награждён Почётной грамотой Реввоенсовета, орденами Ленина и Красной Звезды. Во время Великой Отечественной войны с помощью радиуправляемых мин Бекаури были подорваны несколько важных объектов на оккупированной фашистами территории Украины, в том числе ставка немецкого командования в Харькове. Об этой блестящей операции советской контрразведки в 1941 г., когда радиомина была приведена в действие радиосигналами из Воронежа, в результате чего был подорван особняк, в котором находился начальник гарнизона оккупированного Харькова – командир 68-й немецкой пехотной дивизии генерал-майор Георг фон Браун, отличавшийся по отношению к мирному населению своей особой жестокостью, В.И. Бекаури узнать уже не мог. Ещё в 1937 г. из-за доноса он был арестован и в 1938 г. расстрелян. Спустя много лет дочь Бекаури – Нина Васильевна – получила официальное извещение о невиновности своего отца. В документе говорилось: «Сообщаю, что в имеющихся у Военной коллегии Верховного суда СССР материалах содержатся материалы о том, что осуждённый 8 февраля 1938 г. Бекаури Владимир Иванович за шпионскую деятельность в пользу Германии определением Верховного Суда СССР от 9 июня 1956 г. реабилитирован».

Приговор Военной коллегии Верховного Суда СССР по вновь открывшимся обстоятельствам отменён, и дело о нём прекращено».

Большим успехом российской науки в области радиотехнических систем дистанционного управления можно считать программу управления Луноходом-1 [8]. Эта работа была выполнена большим коллективом учёных, инженеров и рабочих. Возглавлял этот многочисленный коллектив главный конструктор межпланетных дистанционно управляемых космических систем Г.Н. Бабакин (1914–1971 г.).

10 ноября 1970 г. впервые в истории космонавтики автоматическим беспилотным аппаратом «Луна-17» лунный самоходный аппарат, управляемый с Земли, был доставлен на поверхность Луны и приступил к научным исследованиям. Одной из основных задач Лунохода-1 являлось оценить точность и надёжность навигационной системы и проверить методы навигации, дистанционного управления и вождения по лунной трассе. Текущие координаты аппарата определялись с помощью бортовых навигационных приборов и периодически уточнялись по положению Солнца и Земли. Это обеспечило выведение аппарата в расчётную точку в заданное время. К 19 февраля 1971 г. запланированная трёхмесячная программа научно-технических исследований и экспериментов была выполнена полностью. Самоходная лаборатория преодолела расстояние в 5228 м. Анализ состояния и работы бортовых систем показал возможность продолжения активного функционирования автоматического аппарата на лунной поверхности. С этой целью была составлена дополнительная программа работы Лунохода-1. Успешное функционирование космического аппарата продолжалось десять с половиной месяцев и завершилось 4 октября 1971 г. Пройденное Луноходом-1 по поверхности Луны расстояние составило 10,5 км. Прекращение активной работы Лунохода-1 было вызвано выработкой ресурсов его изотопного источника тепла.

Наивысшим российским достижением в области радиоуправления является запуск, полёт и автоматическая посадка 15 ноября 1988 г. советского крылатого орбитального корабля многоцелевого использования Бурана [9]. Корабль был предназначен для решения ряда оборонных задач:

- выведение на орбиту вокруг Земли различных космических объектов и их обслуживание;
- доставка модулей и персонала для сборки на орбите крупногабаритных сооружений и межпланетных комплексов;
- возврат на Землю неисправных или выработавших свой ресурс спутников;
- освоение оборудования и технологий космического производства и доставка продукции на Землю;
- выполнение других грузопассажирских перевозок по маршруту Земля–космос–Земля.

Система управления орбитальным кораблём включала в себя БЦВК с радиальной системой связи с периферийными абонентами и комплекс командных приборов. В состав БЦВК входили две идентичные по структуре и оборудованию вычислительные системы: центральная (ЦВС) и периферийная (ПВС). Каждая из них включала в себя четыре бортовые цифровые вычислительные машины, работающие синхронно по одинаковым программам, фактически резервирующие друг друга и представляющие четыре параллельных канала, на выходе каждого из которых имелась встроенная резервированная схема сравнения, контролирующая команды, выдаваемые абонентам. В создании этой уникальной космической системы было задействовано большое количество научных и производственных коллективов. Работы над многоцелевым орбитальным кораблём были начаты в 1974 г. в рамках подготовки «Комплексной программы НПО «Энергия». Создание по техническому заданию НПО «Энергия» несущей конструкции корабля – его планера, разработка всех средств спуска в атмосфере и посадки, в том числе тепловой защиты и бортовых систем, изготовление и сборка планера, создание наземных средств его подготовки и испытаний, а также воздушная транспортировка планера, корабля и ракетных блоков были поручены специально созданному для этих целей НПО «Молния» и Тушинскому машиностроительному заводу (ТМЗ). С большим энтузиазмом, опираясь практически на вновь созданный коллектив, работы по кораблю Буран вёл генеральный директор и главный конструктор НПО «Молния» Глеб Евгеньевич Лозино-Лозинский.

В создании орбитального корабля принимали участие около 600 предприятий почти всех отраслей промышленности. Отметим лишь некоторые:

- НПО АП (Н.А. Пилюгин, В.А. Лапыгин) – система управления;
- НИИ КП (Л.И. Гусев, М.С. Рязанский) – радиокomплекс;
- НПО ИТ (О.А. Сулимов) – телеметрические системы;
- НПО ТП (А.С. Моргулев, В.В. Сусленников) – система сближения и стыковки;
- МНИИ РС (В.И. Мещеряков) – системы связи;
- ВНИИ РА (Г.Н. Громов) – система измерения параметров движения при посадке;
- МОКБ «Марс» (А.С. Сыров) – алгоритмы участка спуска и посадки;
- ЛИИ (А.Д. Миронов, К.К. Васильченко) – летающие лаборатории, горизонтальные лётные испытания;
- ИПМ РАН (А.Е. Охоцимский) – средства разработки и отладки математического обеспечения;
- Уральский электрохимический комбинат (А.И. Савчук, В.Ф. Корнилов) – электрохимический генератор.

В одной статье, конечно же, невозможно привести все примеры использования радиотелемеханики в истории отечественной науки и техники. Можно лишь надеяться, что дерзновенные проекты наших предшественников, часто опережавшие время, будут вдохновенным примером для создателей современных интеллектуальных, робототехнических и радиотелемеханических систем на благо России.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бартенев В.Г.* Россия – родина радио. Горячая линия – Телеком. М. 2016.
2. Газета «Южное обозрение». 1898. 23 марта.
3. *Роговский Е.А.* Профессор Пильчиков и его труды. Издание Общества физико-химических наук при Харьковском университете. Харьков. 1913.
4. *Полякова Н.Л., Попова-Кьяндская Е.А.* Николай Дмитриевич Пильчиков. Журнал УНФ. 1954. Т. III. Вып. 1.
5. *Кучеров Ю.С.* Основоположник радиотелемеханики русский учёный Н.Д. Пильчиков. Изобретательство. 2013. Т. XIII. №4.
6. *Петров В.Н.* Хрустальный глобус «Молодая гвардия». М. 1983.
7. *Бартенев В.Г.* 90 лет Остехбюро. Современная электроника. 2011. №4.
8. *Борисов М.* Кратеры Бабакина. Знание. М. 1982.
9. *Лукашевич В., Афанасьев И.* Космические крылья. ЛенТа Странствий. М. 2009. 

interlight

MOSCOW

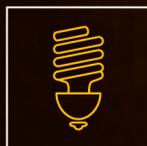
powered by light + building

Международная выставка декоративного
и технического освещения, электротехники
и автоматизации зданий

7 - 10 ноября 2017

ЦВК «Экспоцентр»

Москва



www.interlight-moscow.ru



messe frankfurt

Компьютерные модули для сокращения сроков разработки РЭА



CPB906



Компьютерный модуль стандарта FCOM на базе процессора Vortex86DX

- Процессор Vortex86DX
- DDR2 SDRAM 256 Мбайт
- 10/100 Мбит/с Fast Ethernet
- PCI 32 бит, ISA 8 бит
- 2×USB 2.0
- IDE интерфейс
- 2×RS-232, PS/2
- 8 портов дискретного ввода-вывода

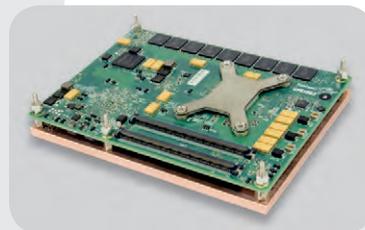
CPC1311



Компьютерный модуль стандарта COM Express mini Type 10 на базе процессоров Intel Bay Trail

- Процессор Intel Atom E38xx
- DDR3L до 4 Гбайт с поддержкой ECC
- SSD SATA Flash-диск 4 Гбайт
- Видеоконтроллер с интерфейсом LVDS/eDP (разрешение до 2560×1600 пикселей)
- Разъём COM Express COM.0 Type 10 (1×Gb Ethernet, 5×USB 2.0, 1×USB 3.0, 2×SATA II, 3×PCIe ×1, CAN 2.0 B)

CPC1302



Компьютерный модуль стандарта COM Express Basic Type 6 на базе процессоров Intel BroadWell

- Процессоры Intel BroadWell-H
- DDR3L-1600 SDRAM до 8 Гбайт с поддержкой ECC
- Разъём COM Express Type 6 (1×PCIe ×16 GEN3, 7×PCIe ×1 GEN2, 8×USB 2.0, 4×USB 3.0, 4×SATA III, 1×GbE, 1×LVDS, 3×DDI, 1×VGA, CRT, LPC, SMBus, I²C, HD Audio, Speaker Out, 4×GPIO, 2×RS-232
- Накопитель SSD 8 Гбайт на интерфейсе SATA
- Часы реального времени, сторожевой таймер
- Цифровой датчик температуры процессора, двухзонный датчик температуры

- диапазон рабочих температур: **-40...+85°C/0...+70°C**
- поддержка: **DOS; Windows; Linux; QNX; AstraLinux**

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ FASTWEL



КОМПАНИЯ

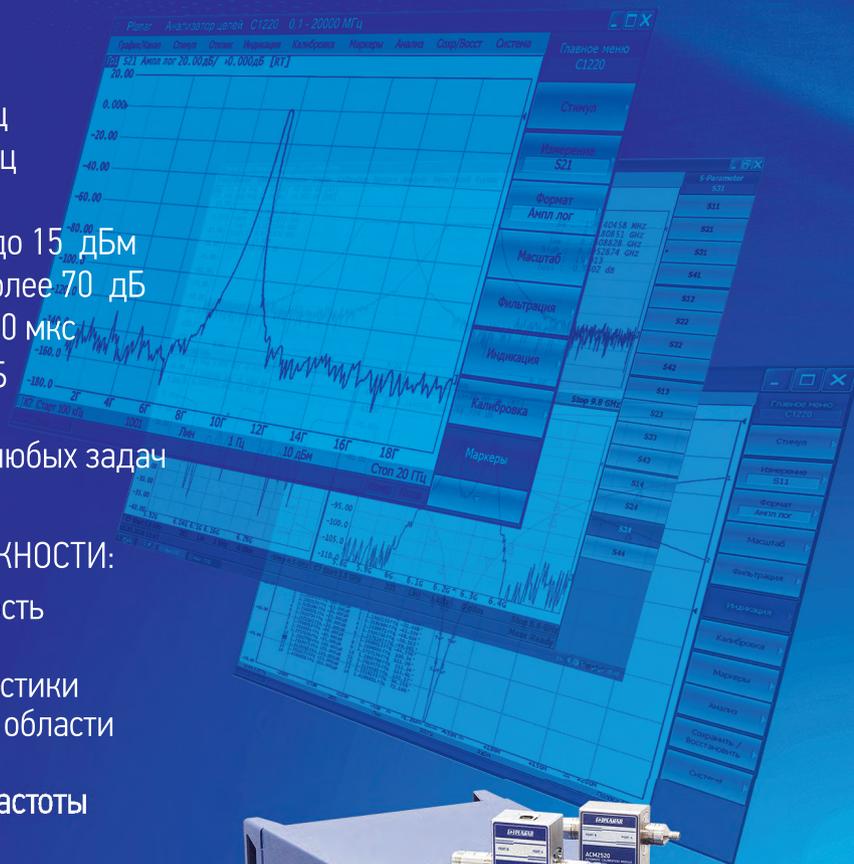
ПЛАНАР

ПРЕДСТАВЛЯЕТ НОВУЮ ЛИНЕЙКУ ВЕКТОРНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ ЦЕПЕЙ **SOVALT**

- Диапазон частот от 100 кГц до 20 ГГц
- Внешние преобразователи до 110 ГГц
- Динамический диапазон до 162 дБ
- Максимальная выходная мощность до 15 дБм
- Регулировка выходной мощности более 70 дБ
- Время измерения на одной частоте 10 мкс
- СКО результатов измерений 0,001 дБ
- Прямой доступ к приемникам
- 15 моделей приборов для решения любых задач

ИЗМЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ВОЗМОЖНОСТИ:

- S-параметры, импеданс, проводимость
- Абсолютная мощность
- Линейность амплитудной характеристики
- Анализ и фильтрация во временной области
- Балансные измерения
- Измерение устройств с переносом частоты
- Встраивание цепей
- Преобразование импеданса



- Прибор может быть предоставлен для тестирования в ознакомительных целях
- Номер 65960-16 в реестре средств измерений



заходите: www.planarchel.ru

звоните: +7 (351) 72 99 777

Более полную информацию о технических характеристиках можно получить на www.planarchel.ru

PLANAR

Сделано в России

Настроены, поверены и ГОТОВЫ к работе



KEYSIGHT TECHNOLOGIES
ООО «Кейсайт Термодиагностика»
115054, Москва, Космическая ул., 52/3
Тел.: (495) 797-0930, факс: (495) 797-1901
e-mail: info_russia@keysight.com, www.keysight.com

СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПОВЕРКЕ

№ 12901-2014 Действительно до: 31.01.2016

Средство измерений: Генератор сигналов 200103

Запасная книга: 200103

Принадлежность: НИИ

Поверено в соответствии с: Методика поверки РГ 1213-2007, 2007 г.

С применением эталона: см. на обороте

При следующих значениях: 23.5

вкладке: 23.5

При выполнении измерений: Усети = 218.5 В, Гсети = 48.9 Гц

Поверено и на основании результатов поверки признано пригодным к применению с ограничением по модуляции сигналов

Поверительное клеймо:

Руководитель отдела: _____

Поверитель: _____

Дата оформления: _____

Тисенко А.В.
ПОДПИСЬ

Денисов П.В.
ПОДПИСЬ

ПОВЕРЕНО
ПРОИЗВОДИТЕЛЮ СИ

РОСАККРЕДИТАЦИЯ

Ваши технические системы, критически важные для решения ответственных задач, должны обеспечивать безотказную работу в любых условиях. Именно поэтому сервисный центр Keysight получил аккредитацию на право поверки средств измерений и готов обеспечивать техническое обслуживание приборов под марками Keysight, Agilent и HP.

Оригинальные запчасти, автоматизированные тестовые системы, программное обеспечение для проведения калибровки и настройки, опытный персонал - все это позволяет выполнять весь набор тестов в соответствии с требованиями завода-изготовителя максимально качественно и в сжатые сроки. Будьте уверены в точности ваших измерений!

Подробнее: www.keysight.com/find/Poverka
Тел.: 8 800 500 9286

KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Unlocking Measurement Insights