

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

WWW.SOEL.RU

2

2019

СДЕЛАНО В РОССИИ

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

В номере:

**ПРОБЛЕМЫ РОССИЙСКОЙ
ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ**

**ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ –
ЭТО СОЗДАНИЕ
КОНКУРЕНТОСПОСОБНОЙ
ТЕХНИКИ**

**МОДУЛЬНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ
ОБЕСПЕЧИТ
БУДУЩЕЕ IoT**

**ПРОБЛЕМЫ
ИСПЫТАНИЙ
УСТРОЙСТВ IoT**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
УСИЛИТЕЛЯ ДОГЕРТИ
НА ОСНОВЕ GaN HEMT**

**ЭЛЕКТРОНИКА
И АВТОМАТИЗАЦИЯ
НА УРАЛЕ**

и многое другое ...



App Store



Google Play



010101101010101 010101101010101

УСПЕХ ПРОЕКТОВ БУДУЩЕГО В ПЕРСПЕКТИВНЫХ инструментах настоящего



NI AWR Design Environment - это единая платформа для разработки беспроводных устройств и систем связи нового поколения. Удобный и функциональный интерфейс, глубокая интеграция мощных инструментов проектирования и высокий уровень автоматизации обеспечивают успешность Ваших разработок.

Подробнее на: awr.com/ru

Дымоуловители Duet FE 300-2

DUET FE 300-2 – многоступенчатая система, для очистки воздуха при ручной пайке до состояния почти медицинской стерильности.

Duet FE 300-2 блок – портативная система легко устанавливается и в любое время может быть перенесена в связи с производственными нуждами.

- Гранулированный угольный фильтр;
- Фильтр HEPA-13 (эффективность 99.97%), класс F7;
- Увеличенный размер выпускных патрубков 75 мм;
- Высокая производительность 320 м³/час;
- Воздушный поток 11.3 м/с (2х75 мм) при давлении 30 мБар;
- Низкий уровень шума <52 дБ;
- Материал корпуса -сталь с порошковым покрытием;
- Для двух рабочих мест.

Блок Duet FE 300-2 поставляется в комплекте с комбинированным и предварительным фильтрами.



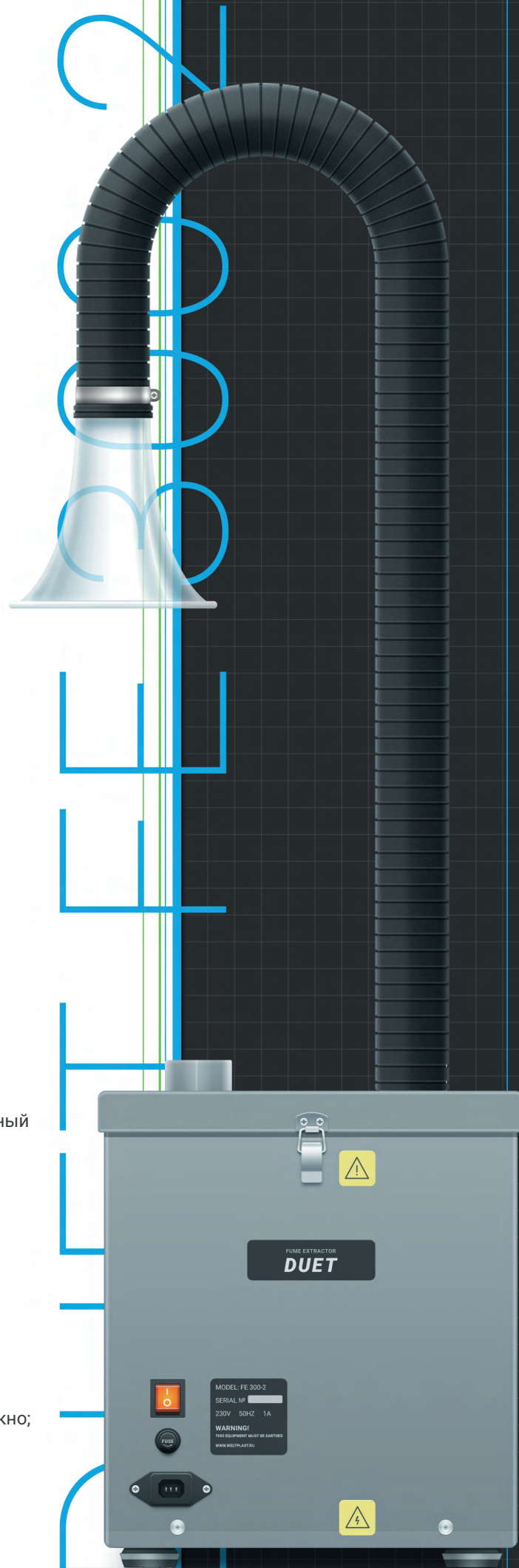
Характеристики комбинированного фильтра

- Фильтр HEPA-13 (эффективность 99.97%);
- Газовый фильтр – гранулированный активированный уголь;
- Корпус фильтра – сталь, окрашенная в любой цвет по желанию заказчика, на цену это не влияет.



Характеристики предварительного фильтра

- Материал фильтра – стекловолокно;
- Эффективность – класс F7 (96% до частицы до 2 микрон).



MARKET**4 Russian Market News****MODERN TECHNOLOGIES****10 Fraunhofer Solves Networked Sensors' Energy Problems***Janis Eitner, Georg Weigelt***12 Top 5 Challenges in IoT Device Manufacturing Test****16 Silicon and Gallium-Aluminum Arsenide Technology.****Part 12. Optoelectronic Multi-Channel Switch of the SpaceWire Standard and the Concept of FE IVS DIPAA***Valeriy Svede-Shvets, Vladislav Svede-Shvets, Maksim Zinoviev***22 Simplicity and Reliability of Embedded Systems***Roman Filipov***26 Development of a Broadband Radar-Absorbent Material Based on Silicon Carbide and Aluminum Nitride***Yuriy Nepochatov, Anton Bandin, Inna Manina***ELEMENTS AND COMPONENTS****32 Engineers Guide to PTC Thermistor Technology***Yuki Fujii, Yumin Saigo***36 Modern 32-bit ARM Microcontrollers of the STM32 Series. Converter of Analogue Control Signals into Digital***Oleg Valpa***DEVICES AND SYSTEMS****40 Analysis of Manchester and NRZ-code Signals with Arbitrary Parameters Using RTE Series Oscilloscopes of the R&S Company. Part 2***Nikolay Lemeshko, Pavel Strunin***ENGINEERING SOLUTIONS****46 Advanced Tone-Compensated Passive Volume Control with LF Correction***Aleksey Kuzminov***52 Light Effects Device with Network Interface***Sergey Shishkin***DESIGN AND SIMULATION****56 Design of a High-Efficiency Broadband GaN HEMT Doherty Amplifier for New-Generation Cellular Transmitters***David Vye, James Wong, Andrey Grebennikov, Naoki Watanabe, Eiji Mochida***62 Formation of Text Documentation in CAD Altium***Evgeniy Kondratyev***MAN AND LAW****66 Property Rights to the Exhibition***Gennadiy Fokin***EVENTS****70 "Electronics" and "Automation" in the Urals: Advanced Technologies and New Prospects****COMPETENT OPINION****74 Problems of Formation of the Russian Digital Economy and Error Elimination Methods in its Solving***Aleksandr Gordeev***78 Import Substitution is the Creation of Competitive Technology, not Import Bans****Журнал «Современная электроника»**

Издаётся с 2004 года

Главный редактор А.А. Смирнов**Заместитель главного редактора** Д.А. Карлов**Редакционная коллегия** А.Е. Балакирев, В.К. Жданкин, И.С. Матешев, С.А. Сорокин, Р.Х. Хакимов**Литературный редактор/корректор** О.И. Семёнова**Верстка** А.М. Бабичук**Обложка** Д.В. Юсим**Распространение** И.С. Михтифидинова (info@soel.ru)**Реклама** И.Е. Савина (advert@soel.ru)**Учредитель и издатель** ООО «СТА-ПРЕСС»**Генеральный директор** К.В. Седов**Адрес учредителя и издателя:**

117279, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 108, пом/ком/эт I/67/тех

Почтовый адрес: 119313, Москва, а/я 26**Тел.:** (495) 232-0087 • **Факс:** (495) 232-1653

info@soel.ru • www.soel.ru

Производственно-практический журнал

Выходит 9 раз в год. Тираж 10 000 экз. Цена свободная

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 г.) Свидетельство № 00271-000 о внесении в Реестр надёжных партнёров ТПП РФ.

Отпечатано: ООО «МЕДИАКОЛОР».

Адрес: Москва, Сигнальный проезд, 19, бизнес-центр Вэлдан

Тел./факс: (499) 903-6952

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, 2019

**МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ
«СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»**

можно скачать в **Google Play** в разделе «Приложения/Бизнес» (пользователям устройств на платформе Android) и в **App Store** в разделе «Бизнес» (пользователям iOS). С помощью этого приложения можно бесплатно читать с экрана номера наших журналов. К новым номерам журнала доступ в приложении платный.

ПОДПИСКА

Концепция распространения журнала –

БЕСПЛАТНАЯ ПОДПИСКА ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ.

Предусмотрена подписка на печатную или электронную версию журнала. Условие сохранения такой подписки – своевременное её продление каждый год.

ПЛАТНАЯ ПОДПИСКА С ГАРАНТИРОВАННОЙ ДОСТАВКОЙ

Преимущества:

- гарантированная доставка журнала, тогда как при бесплатной подписке редакция гарантирует только отправку, но не доставку журнала;
- подписка доступна любому желающему по всему миру.

ОФОРМЛЕНИЕ ПЛАТНОЙ ПОДПИСКИ

В любом почтовом отделении России, подписное агентство «Роспечать»:

Тел.: (495) 921-2550.

Индексы на полугодие – 46459, на год – 36280.

Подписное агентство «Урал-Пресс»:

Тел.: (499) 391-6821, 700-0507 • http://www.ural-press.ru

СОДЕРЖАНИЕ 2/2019

РЕКЛАМОДАТЕЛИ

Anadigm	75
Beneq (Lumineq)	50–51
EREMEX (Delta Design)	80
Fastwel	6
HARTING	5
Litemax	6
Micrometals	25
NI AWR	2-я стр. обл.
Raystar	4
TDK-Lambda	7, 11
XP Power	5, 7, 8, 73
АВД Системы	9
АРБЕЛОС	19
ДОЛОМАНТ	77
ПРОТЕХ	1, 6
СИММЕТРОН	33
ТЕСТПРИБОР	4-я стр. обл., 4, 21

ЧИТАЙТЕ СВЕЖИЙ НОМЕР!



Журнал «СТА» («Современные технологии автоматизации») для квалифицированных специалистов, работающих в сфере промышленной автоматизации, АСУ ТП и встраиваемых систем.
www.CTA.ru

РЫНОК

4 Новости российского рынка

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 10** Энергоэффективное модульное оборудование обеспечит будущее Интернета вещей
Янис Айтнер, Георг Вайгельт
- 12** Проблемы производственных испытаний устройств Интернета вещей
- 16** Кремниевая и арсенид-галлий-алюминиевая технология. Часть 12. Оптоэлектронный многоканальный коммутатор стандарта SpaceWire и концепция ФЭ ИВС ЦИФАР
Валерий Сведе-Швец, Владислав Сведе-Швец, Максим Зиновьев
- 22** Простота и надёжность встраиваемых систем
Роман Филиппов
- 26** Разработка широкополосного радиопоглощающего материала на основе карбида кремния и нитрида алюминия
Юрий Непочатов, Антон Бандин, Инна Манина

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- 32** Применение ПТК-терморезисторов
Юки Фуджи, Юмин Сайго
- 36** Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32. Преобразователь аналоговых сигналов управления в цифровые
Олег Вальпа

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- 40** Анализ сигналов в манчестерском и NRZ-коде с произвольными параметрами при помощи осциллографов серии RTE компании R&S. Часть 2
Николай Лемешко, Павел Струнин

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

- 46** Усовершенствованный тонкомпенсированный пассивный регулятор громкости с НЧ-коррекцией
Алексей Кузьминов
- 52** Устройство световых эффектов с сетевым интерфейсом
Сергей Шишкин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 56** Проектирование усилителя Догерти на основе GaN HEMT для систем связи нового поколения
Дэвид Вай, Джеймс Вонг, Андрей Гребенников, Наоки Ватанабе, Эйдзи Мочида
- 62** Формирование текстовой документации в САПР Altium
Евгений Кондратьев

ЧЕЛОВЕК И ЗАКОН

- 66** Имущественные права на выставку
Геннадий Фокин

СОБЫТИЯ

- 70** «Электроника» и «Автоматизация» на Урале: передовые технологии и новые перспективы

КОМПЕТЕНТНОЕ МНЕНИЕ

- 74** Проблемы становления российской цифровой экономики и способы исключения ошибок при их решении
Александр Гордеев
- 78** Импортозамещение – это создание конкурентоспособной техники, а не запреты на импорт

Новости российского рынка

РЫНОК

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР АО «ТЕСТПРИБОР» РАСШИРЯЕТ НОМЕНКЛАТУРУ ПРОВОДИМЫХ ИСПЫТАНИЙ

Увеличение номенклатуры проводимых работ – одно из важных направлений развития испытательной лаборатории компании «ТЕСТПРИБОР». Испытательный центр постоянно расширяет область своей деятельности, приобретает новое современное оборудование, организует обучение сотрудников на специализированных курсах и семинарах.

В связи с этим испытательный центр АО «ТЕСТПРИБОР» предлагает следующие виды работ:

- **Испытания на воздействие плесневых грибов.** Испытания проводятся с

целью определения способности электронной компонентной базы, а также радиоэлектронной аппаратуры или их отдельных сборочных единиц и деталей противостоять росту грибов в условиях, оптимальных для их развития. В процессе испытаний могут обеспечиваться требования ГОСТ 9.048, ГОСТ РВ 20.57.416 и ГОСТ РВ 20.57.306.

- **Испытания на воздействие акустического шума.** Испытания на воздействие акустического шума проводят с целью определения способности изделий сохранять свои функции и параметры в условиях воздействия акустически наводимой вибрации. Испытания проводятся в соответствии с ГОСТ РВ 20.57.416, ГОСТ РВ 20.57.305 и ОСТ 11 073.013.



Работы по испытаниям осуществляют аттестованные специалисты, обладающие необходимой квалификацией и опытом проведения соответствующих работ.

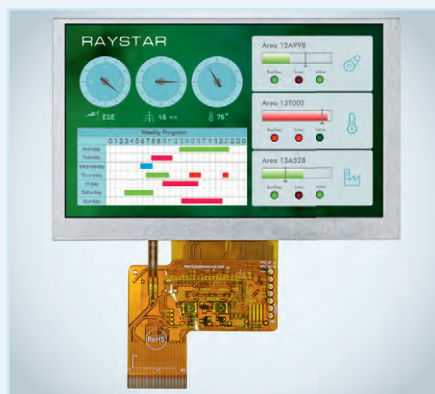
Испытания на воздействие плесневых грибов и на воздействие акустического шума проводятся под контролем ВП МО РФ.

www.test-expert.ru
Тел.: (495) 657-87-37

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

5" TFT с повышенной яркостью для жёстких климатических условий

Компания Raystar Optronics представляет 5" цветной активно-матричный дисплейный модуль RFF500E-AWN-DNN с повышенной яркостью и широким диапазоном рабочих температур.



Дисплейный модуль с разрешением 800×480 пикселей выполнен по технологии IPS (In Plane Switching), которая обеспечивает широкий угол обзора. Функции управления TFT-модулем осуществляют встроенные микросхемы драйверов HX8249-A и HX8678-C.

Цифровой параллельный интерфейс позволяет подключать дисплей к устройству с цифровым выходом. Цифровой RGB-сигнал пе-

редаётся 24 битами (8 бит на цвет). Типовое значение яркости свечения экрана 1000 кд/м².

Дисплей воспроизводит цвета при углах обзора 170° в горизонтальной и вертикальной плоскостях благодаря технологии планарной адресации IPS. Формат экрана 16:9, контраст 1000:1.

Диапазон рабочих температур от -30 до +80°C, диапазон температур хранения от -30 до +80°C, что позволяет применять дисплейный модуль в жёстких климатических условиях.

<http://prosoft.ru>
Тел.: (495) 234-0636

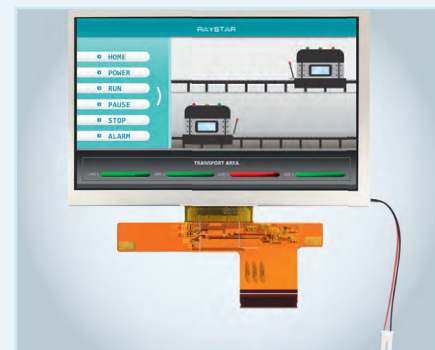
7" цветной TFT с повышенной яркостью и нижней границей до -30°C

Компания Raystar Optronics представляет 7" цветной активно-матричный TFT-модуль RFF700A4-AWN-DNN с повышенной яркостью и широким диапазоном рабочих температур.

Дисплейный модуль с форматом изображения WVGA (Wide VGA) 800×480 пикселей выполнен по технологии IPS (In Plane Switching), которая обеспечивает широкий угол обзора без использования компенсационного плёночного фильтра.

Функции управления TFT-модулем осуществляют встроенные микросхемы драйвера NT51632T и NT52601TT, обеспечива-

ющие получение цветного изображения на экране через 24-разрядный интерфейс RGB (Red, Green, Blue), то есть цифровой RGB-сигнал передаётся 24 битами (8 бит на цвет). Типовое значение яркости свечения экрана 1000 кд/м².



Дисплей натурально воспроизводит цвета при углах обзора 170° в горизонтальной и вертикальной плоскостях благодаря технологии планарной адресации IPS.

Напряжение питания логической части дисплея от 3 до 3,6 В (типичное значение 3,3 В). Формат экрана 16:9, контрастность 1000:1. Документированный диапазон рабочих температур от -30 до +80°C, диапазон температур хранения от -40 до +90°C.

<http://prosoft.ru>
Тел.: (495) 234-0636

ФИЛЬТРЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ И МЕДИЦИНСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ

Для дополнения ряда источников питания компания XP Power представляет ряд фильтров электромагнитных помех (ЭМП). При установке в однофазное оборудование переменного тока эти фильтры обеспечивают превосходное вносимое затухание для снижения любых кондуктивных помех, генерируемых оборудованием, наряду с этим ослабляя любые кондуктивные электромагнитные помехи, поступающие от первичной сети переменного тока.



Фильтры для входных источников питания с сетевым соединителем IEC с нагрузочными токами от 1 до 10 А начинаются с серии FASA/M, которая объединяет проходной фильтр ЭМП с соединителем IEC320-C14 для обеспечения превосходного подавления в компактном модуле. Исполнения для применения в оборудовании информационной технологии (ITE) доступны как встроенные (серия FASASxxPFR), так и монтируемые винтом (серия FASASxxSFR) для бытового, промышленного, измерительного и IT-оборудования. Исполнения фильтров для крепления винтом к тому же доступны с низким током утечки на землю 5 мкА (при входном напряжении 250 В) для применения в медицинских приборах и аппаратах (серия FASMA).

Фильтры серии FCSS имеют держатель для предохранителя в фазном проводе с оснащённым фильтром в сетевом соединителе IEC для оборудования информационной технологии. Фильтры серии FDMM добавляют сдвоенный держатель для сетевых вводов IEC с низким током утечки на землю для медицинских применений. Сочетающая двухполюсный переключатель, однофазный держатель и сетевой соединитель IEC серия FFSA создана для применения в оборудовании информационной технологии. Медицинская версия серии FGSM в добавление к переключателю имеет сдвоенный держатель предохранителя и фильтр с низким током утечки.

Фильтры с токами от 1 до 20 А для монтажа на шасси доступны однозвенные (FHS) или двухзвенные (FIH) для обеспечения боль-

шого вносимого затухания. Предлагаются исполнения для оборудования информационной технологии и медицинского оборудования с током утечки на землю 5 мкА (при входном напряжении 250 В). Подключение входных и выходных цепей осуществляется через контактные зажимы Faston 6,3×0,8 мм. Модули фильтров должны быть установлены как можно ближе к вводу сетевого шнура для минимизации взаимного влияния между сетевым шнуром и оборудованием.

Применяемые для оборудования класса I все модели оснащены экранированным металлическим корпусом и оборудованы резистором утечки для безопасного разряда конденсаторов фильтра при отключении электропитания. Все серии имеют сертификацию в соответствии с требованиями стандартов EN60939-2 и ANSI/UL1283, обеспечивающих безопасность фильтров ЭМП. Широкий диапазон рабочих температур от -40 до +110°C при полной рабочей мощности до температуры +50°C превосходят параметры, предлагаемые многими конкурирующими производителями.

Основные характеристики фильтров ЭМП:

- монтируемые винтами исполнения IEC320-C14 и устанавливаемые на панель исполнения с токами от 1 до 10 А;
- одно- и двухзвенные исполнения с токами от 1 до 20 А для монтажа на шасси;
- компактная конструкция;
- варианты с низкими токами утечки для медицинского оборудования и исполнения для оборудования информационной технологии;
- защита от поражения электрическим током класса I;
- зажимы Faston 6,3×0,8 мм;
- резистор утечки;
- экранированный металлический корпус;
- широкий диапазон рабочих температур от -40 до +110°C;
- полная мощность обеспечивается до температуры +50°C;
- Предусмотрена гарантия 3 года.

www.prochip.ru

Тел.: (495) 232-2522

Вклад HARTING во внедрение и стандартизацию промышленного Ethernet по 1 паре (SPE)

Ethernet-соединения на базе IP-протоколов, передача данных и питания по кабелям и разъёмам для подключения устройств миниатюрного размера – всё это основные задачи, стоящие перед Индустрией 4.0. По мере продолжения работы разработчиков и производителей в этом

направлении HARTING также развивается в области Ethernet по одной паре (SPE) и устанавливает стандарты для требуемых интерфейсов. Все соответствующие комитеты по стандартизации уже выбрали дизайн HARTING для SPE-разъёма.



Необходимым условием для широкого использования и, следовательно, успешного маркетинга технологии SPE является сквозная совместимость устройств, кабелей и разъёмов. Это обеспечивается международной стандартизацией ISO/IEC и IEEE 802.3. В начале 2018 года ISO/IEC был разработан международный процесс отбора стандартизованных кабелей и соединителей для SPE. TIA (телекоммуникационная промышленная ассоциация) инициировала аналогичный процесс летом 2018 года, и в ноябре 2018 года IEEE было принято окончательное решение. Три основных организации пришли к одним и тем же выводам:

- для монтажа проводки в зданиях сопрягаемая поверхность разъёма стандартизируется в соответствии с IEC 63171-1: дизайн интерфейса основан на предложении CommScore и известен под синонимом Вариант 1 (стиль LC) для сред категории M111C1E1;
- для промышленных и связанных с промышленностью применений сопрягаемая поверхность разъёма соответствует стандарту IEC 61076-3-125: этот дизайн основан на предложении HARTING и разработан для использования в условиях окружающей среды до категории M313C3E3 и известен как Вариант 2 (индустриальный стиль). Эта концепция разъёма SPE обеспечивает передачу данных со скоростью 1 Гбит/с для более коротких расстояний, а также 10 Мбит/с для больших расстояний (1000 м и более) и имеет степень защиты IP20 или IP65/67.

Несмотря на более высокие скорости передачи данных и параллельную передачу энергии (дистанционное питание), кабельные компоненты должны стать меньше и легче. Новая технология SPE с технологией Single Pair Ethernet SPE, основанная на стандартах передачи в соответствии с IEEE 802.3bp и 802.3cg, теперь позволяет передавать данные через Ethernet по одной

паре, а также одновременно подавать питание на конечные устройства через PoDL (Power over Data Line). Ранее требовалось две пары для Fast Ethernet (100 МБ) и четыре пары для Gigabit Ethernet. В настоящее время наблюдается стремление использовать преимущества SPE и в промышленной автоматизации. SPE обеспечивает безбарьерное соединение устройств управления и датчиков /исполнительных механизмов на базе IP-протоколов до полевого уровня. Ос-

нащение простых датчиков, камер или считывающих и идентификационных устройств интерфейсами Ethernet поддерживает внедрение IIoT.

Здесь SPE обеспечивает решающее отличие шинных систем. Полевой уровень становится «интеллектуальным», а интегрированная связь Ethernet уменьшает усилия, связанные с параметризацией, инициализацией и программированием. В то же время все элементы в сети автоматизации могут быть

настроены, контролироваться и управляться дистанционно. Строительство, эксплуатация и обслуживание оборудования становятся более эффективными и недорогими.

Многие подключённые устройства, переключатели, датчики не требуют дополнительных источников питания или батарей. Это повышает эксплуатационную безопасность и защищает окружающую среду.

www.prochip.ru

Тел.: (495) 232-25-22

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

2-КАНАЛЬНЫЕ ПРЕЦИЗИОННЫЕ ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ИП GW INSTEK PPH-71506D и PPH-71510D

Компания GW Instek представила на рынке два новых прецизионных импульсных высокоскоростных программируемых источника питания постоянного тока PPH-71506D и PPH-71510D.

В дополнение к ранее выпущенным источникам PPH-серии анонсирован выпуск обновлённых моделей специализированного источника постоянного тока для систем мобильной связи, имеющих ряд особенностей и преимуществ, что делает их наиболее оптимальным решением для тестирования средств беспроводной коммуникации и устройств связи с батарейным питанием.



Новинки представляют собой 2-канальные программируемые источники питания, которые обеспечивают высокостабильное электропитание в двойном диапазоне «напряжение/ток» с общей выходной мощностью 45 Вт. Номиналы рабочих диапазонов основного канала (Кан. 1): 0...15 В при максимальном токе до 3 А или напряжение от 0 до 9 В с током нагрузки до 5 А. Выходное напряжение Кан. 1 может быть выдано как на гнезда передней панели, так и на терминалы тыльной панели источника.

Особенность PPH-71510D заключается в том, что он имеет возможность на гнездах задней панели выдать увеличенный ток до 10 А в диапазоне выходного напряжения 0...4,5 В. Второй независимый канал (Кан. 2) обеспечивает выдачу $U_{\text{вых}}=0...12$ В

и ток до 3 А при выходной мощности 36 Вт (ранее в модели PPH-71503D макс. был до $1,5 A/P_{\text{вых}}=18$ Вт).

www.protehnology.ru

Тел./факс: (495) 662-96-25

FASTWEL I/O ДЛЯ СИСТЕМ ТЕЛЕМЕХАНИКИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

В универсальном контроллере CPM723 линейки Fastwel I/O добавлен сервис подчинённого узла по стандарту ГОСТ Р МЭК 60870-5-104 («Устройства и системы телемеханики»). Функционал доступен для приложений, разработанных с использованием пакета адаптации CODESYS V3 для контроллеров Fastwel версии 1.0.3.0 и выше.

Поддержка протокола ГОСТ Р МЭК 60870-5-104 значительно расширяет сферы применения распределённой системы ввода-вывода Fastwel I/O.

CPM723 может найти применение в системах коммерческого и технического учёта электроэнергии, сбора информации на электрических подстанциях, контроля качества электроснабжения.



Системы автоматического управления (САУ) на базе Fastwel I/O теперь без проблем могут взаимодействовать с системами энергетического оборудования, такими как комплектные трансформаторные подстанции (КТП), низковольтные комплектные устройства (НКУ).

Стандарт ГОСТ Р МЭК 60870-5-104 распространяется на устройства и системы телемеханики с передачей данных последова-

тельными двоичными кодами для контроля и управления территориально распределёнными процессами. Стандарт определяет использование открытого интерфейса TCP/IP для сети, содержащей, например, локальную вычислительную сеть для устройства телемеханики, которая передаёт данные в соответствии с ГОСТ Р МЭК 870-5-101.

Отдельно стоит отметить, что благодаря низкому энергопотреблению (от 1,5 Вт), развитым коммуникационным возможностям, поддержке широкого набора протоколов (МЭК 60870-5-104; MODBUS TCP/RTU; CANOpen, DNP3, PROFIBUS DP-V1, FTP, HTTP, NTP, IEEE 1588) и расширенному диапазону рабочих температур (−40...+85°C) контроллеры Fastwel I/O применимы для систем автоматизации и телемеханизации технологического оборудования объектов нефтегазопроводов, нефтепродуктопроводов и информационно-управляющих систем (ИУС) газоперебатывающих производств.

www.fastwel.ru

Тел.: (495) 234-06-39

НОВЫЕ ДИСПЛЕИ ДЛЯ ВОКЗАЛОВ И АЭРОПОРТОВ ОТ LITEMAX

Компания Litemax, пионер и один из лучших производителей полосковых и сверхъярких дисплеев, представляет новинку – дисплей формата 16:3,4 с диагональю 57,4" и разрешением 4K.

В современных системах информации транспортных терминалов, будь то аэропорты или вокзалы, постепенно уходят в прошлое блинкерные табло. На смену им приходят дисплеи различных форматов. Одним из самых интересных решений стали дисплеи полоскового формата – на них удобно выводить весь маршрут целиком, данные о нескольких рейсах и отображать другую полезную информацию.

Однако с увеличением диагонали таких дисплеев должно расти и их разрешение.

В противном случае картинка становится слишком зернистой и малоинформативной. Компания Litemax представила новый дисплей с разрешением 4K, который гарантирует абсолютную читаемость, причём даже в условиях прямого солнечного света.



Дисплей 5745-INU традиционно для Litemax доступен в трёх модификациях: версия SSF (только панель), версия SSH (панель + полный комплект подключения) и SSD (версия в металлическом корпусе). А чтобы этот дисплей можно было использовать в системах информации на улице, предусмотрены яркая подсветка и широкие углы обзора.

Основные характеристики SSH5745-I:

- диагональ 57,4";
- формат экрана 16:3,4;
- разрешение 3840×807;
- яркость 1000 кд/м²;
- контрастность 5000:1;
- углы обзора 178°/178° (по горизонтали / по вертикали).

www.prochip.ru

Тел.: (495) 232-25-22

Компактный блок питания на DIN-рейку от TDK-Lambda мощностью 960 Вт

Компания TDK-Lambda объявляет о выпуске новой модели блока питания для монтажа на DIN-рейку – DRF960-24-1. Модуль рассчитан на 24 В постоянного напряжения и 40 А (960 Вт) с возможностью работы в режиме пиковой нагрузки до 60 А (1440 Вт) в течение 4 с.

Изделие имеет очень узкий профиль – всего 110 мм, что позволяет освободить дополнительное пространство для крепления другого оборудования на DIN-рейку. При КПД блока питания 95% значительно уменьшены выделение тепла и, как следствие, нагрев электролитов. Расчётный срок службы изделия составляет более 10 лет при нагрузке 75%, температуре окружающей среды +40°C и входном напряжении 230 В переменного тока.

Этот энергоэффективный источник питания подойдёт для широкого спектра промышленных применений, включая автоматизацию производства, управление технологическими процессами, а также для испытательных и измерительных комплексов.

Выходное напряжение имеет возможность подстройки в диапазоне от 24 до 28 В с помощью потенциометра на передней панели или внешнего источника напряжения (5...6 В). По умолчанию блок питания имеет световую индикацию и релейный контакт DC-ОК, рассчитанный на 30 В / 1 А, а также функцию дистанционного включения/выключения. Потребляемая мощность в режиме ожидания у DRF960 менее 1 Вт при отсутствии нагрузки. В режиме параллельной работы могут работать до пяти блоков с опцией токораспределения.



Источники питания DRF960 имеют прочный металлический корпус с габаритами 123,4×139×110 мм (В×Г×Ш соответственно). Диапазон входного напряжения составляет 180...264 В перем., 47...63 Гц. Прочность изоляции составляет: вход-выход 3000 В перем., вход-земля 1500 В перем., выход-земля 500 В перем. Диапазон рабочих температур составляет –25...+70°C (запуск при –40°C). Изменения выходных характеристик начинаются при температурах свыше +60°C: они линейно снижаются до 50% от номинальных значений при +70°C.

Новые блоки питания сертифицированы на соответствие стандартам по безопасности IEC/EN/UL/CSA 60950-1, UL 508 и имеют маркировку CE в соответствии с Директивами по низковольтному напряжению, ЭМС и RoHS. По излучаемым и кондуктивным помехам устройства соответствуют EN 55032-B и стандартам EN 61000-4.

<http://prosoft.ru>

Тел.: (495) 234-0636

85- и 120-Вт настольные ИП для ITE и медицинских применений

Компания XP Power объявила о начале выпуска настольных источников питания серий ALM85 и ALM120, которые расширяют серию ALM65 высокоэффективных источников питания, соответствующих требованиям Energy Efficiency Level VI и CoC Tier 2 к энергоэффективности.

Эти серии сертифицированы для применения в медицинском оборудовании (два средства защиты от поражения электрическим током, 2×MOPP) и оборудовании ин-

формационной технологии (ITE). Приборы доступны в исполнениях по защите от поражения электрическим током для оборудования классов I и II, выполнены в герметичных корпусах с гладкой поверхностью со степенью защиты IP32, что является идеальным для применения в медицинском оборудовании.

ИП серии ALM соответствуют требованиям международных стандартов, обеспечивающих безопасность устанавливаемого оборудования UL/EN/IEC60950-1 и ES/CSA/EN/IEC60601-1. Они обеспечивают два средства защиты пациента (2×MOPP) с электрической прочностью изоляции 4 кВ. Все модели соответствуют требованиям стандарта EN 55032 Class B к уровню кондуктивных помех и помех излучения, а также 4-му изданию стандартов по электромагнитной совместимости медицинского оборудования.



Для серии ALM85 среднее значение КПД составляет 88%, а для серии ALM120 – 93%. При работе в режиме холостого хода входная мощность для моделей обеих серий не превышает 150 мВт. Ток утечки на землю 250 мкА (серия ALM85) и 160 мкА (ALM120). Предлагаются модели с выходными напряжениями 12, 15, 19 и 24 В. Все модели оснащены защитой от перегрузки по току, перенапряжению и короткого замыкания. Модули сохраняют работоспособность в условиях, характерных для высоты 5000 м.

Габаритные размеры пластиковых корпусов со степенью защиты IP32: 135×62×37 мм (серия ALM85) и 171×68×38 мм (серия ALM120).

Выходной соединитель у моделей серий ALM85 с выходными напряжениями 12 и 15 В – неблокируемый 4-контактный силовой DIN (эквивалентный KPPX-4P), модели с выходными напряжениями 19 и 24 В имеют соединительный разъём типа цилиндрическое гнездо с внутренним диаметром 2,5 мм, внешним диаметром 5,5 мм и длиной 9,5 мм.

Стандартным выходным соединителем у модулей питания серии ALM120 является неблокируемый 4-контактный силовой соединитель DIN (эквивалентный KPPX-4P), альтернативным вариантом для моделей с выходными напряжениями 19 и 24 В является цилиндрический разъём с внутренним диаметром 2,5 мм, внешним диаметром 5 мм длиной 9,5 мм. Выходной шнур для обеих серий имеет длину 900 мм (±20%).

Модули с защитой от поражения электрическим током по классу I имеют входной разъем IEC320-C14, версии с защитой от поражения электрическим током по классу II доступны с входным сетевым разъемом IEC320-C8. Стандартные модели с защитой от поражения электрическим током по классу I также доступны с опциональным входным соединителем в виде фиксируемого зажима, для заказа необходимо добавить суффикс -A к заказному номеру.

Диапазон напряжения питающей сети для моделей серии ALM85 составляет от 85 до 264 В, выходная мощность для всех моделей линейно понижается от 100% нагрузки при входном напряжении 90 В до 80% нагрузки при входном напряжении 80 В. Модули серии ALM120 предназначены для работы в диапазоне входного напряжения от 80 до 264 В, версии с выходными напряжениями 19 и 24 В характеризуются линейным понижением выходной мощности от 100% нагрузки при входном напряжении 90 В до 80% нагрузки при входном напряжении 80 В; у моделей с выходными напряжениями 12 и 15 В выходная мощность линейно понижается от 100% нагрузки при напряжении 100 В до 80% нагрузки при напряжении 80 В. Источники питания способны выдерживать перенапряжение 300 В в течение 5 с. Для обеих серий диапазон рабочих температур от 0 до +60°C, полная мощность на выходе обеспечивается в диапазоне температур от 0 до +40°C.

Серии ALM85 и ALM120 обеспечивают экономичное техническое решение для оборудования информационной технологии и медицинской аппаратуры.

Основные характеристики:

- эффективность использования энергии по level VI;
- сертифицированы для IT-оборудования и медицинской аппаратуры (два средства защиты пациента от поражения электрическим током, 2xMOPP);
- для применения в оборудовании класса I и класса II (опция);
- диапазон входного напряжения от 80 до 264 В;
- выходные напряжения от 12 до 24 В;
- небольшой ток утечки на землю;
- потребляемая мощность в дежурном режиме <0,15 В;
- степень защиты корпуса IP32;
- фиксация сетевого шнура (опция);
- диапазон рабочих температур от 0 до +60°C;
- полная мощность на выходе обеспечивается до температуры +40°C.

Предусмотрена гарантия 3 года.

www.prochip.ru

Тел.: (495) 232-25-22

Новые 1500- и 3000-Вт конфигурируемые AC/DC для трёхфазных энергетических систем

Компания XP Power выпустила новые серии XTL15 и XTL30 конфигурируемых источников питания для работы от трёхфазной сети переменного напряжения.

Новая серия XTL15 с 14 слотами для установки модулей обеспечивает выходные напряжения с общей мощностью 1,5 кВт. 20-слотовая серия XTL30 является наивысшим по мощности конфигурируемым ИП для трёхфазной сети в универсальном ряде flexPower.



Выход серии XTL15 может быть задан установкой до 7 модулей, а серия XTL30 вмещает до 10 модулей из ряда 44 одноканальных (от 2 до 4 слотов) и 16 двухканальных модулей (2 слота) в диапазоне напряжений от 3,3 В / 20 А до 60 В / 12,5 А. Модули могут быть сконфигурированы последовательно и параллельно для достижения одноканального выходного канала с мощностью 1500/3000 Вт. Модули с одинаковыми значениями напряжения, но разными номинальными мощностями могут быть соединены параллельно и распределять ток в нагрузке между собой в диапазоне 10%. Вспомогательный выходной канал 5 В / 2 А является стандартным.

Основной выходной канал может управляться общим сигналом включения/выключения, который альтернативно может быть задан как общий вход разблокировки (global enable). Варианты выбора, предлагаемые для отдельных изолированных выходных сигналов, которые могут быть установлены активными при высоком уровне или активными при низком уровне, доступны для следующих функций: AC OK/Power Fail (входная сеть в нормальном состоянии/ аварийное состояние выхода), Global DC OK (общее состояние выходного напряжения в норме), Module DC OK (выходное напряжение отдельного модуля в норме).

Все модели оснащены защитой от перегрева, перегрузки по току, перенапряжения и короткого замыкания. Источники питания работоспособны при температуре от -20 до +70°C с полной мощностью, доступной в диапазоне от 0 до +50°C (понижение выходной мощности линейно до 50% при +70°C).

Модули способны работать в условиях воздействия давления на высоте 3000 м.

Диапазон входного напряжения трёхфазной четырёхпроводной сети (без нейтрального провода) от 180 до 264 В. Для защиты от тока перегрузки, короткого замыкания, замыкания на землю в первичной цепи применяются предохранительные устройства в каждой фазе. Среднее значение КПД составляет 88% и зависит от конфигурации, типичное значение тока утечки на землю 1 мА.

Электрическая прочность изоляции между первичной и вторичными цепями 3000 кВ (переменное напряжение), между первичной цепью и корпусом 1500 В (переменное напряжение), между вторичной цепью и землёй 250 В (постоянное напряжение). Источники питания серий XTL соответствуют требованиям следующих стандартов: EN55032 Class A для кондуктивных помех и помех излучения; стандарты электробезопасности CB IEC 60950-1 и IEC 62368-1; UL62368-1; TUV EN 62368-1; защита от поражения электрическим током соответствует оборудованию класса I.

Металлические корпуса имеют габаритные размеры 279,4x177,8x63,5 мм (XTL15) и 317,5x127x127 мм (серия XTL30). Поток охлаждающего воздуха входит через переднюю панель и выпускается через заднюю панель, обратный ход воздушного потока может быть обеспечен в качестве варианта без понижения мощности. Дополнительная функция управления скоростью вращения вентилятора модуля (2-й слот) обеспечивает скорость вращения вентилятора в соответствии с выходной нагрузкой и температурными условиями среды источника питания; эта функция к тому же обеспечивает сигнал об аварийном состоянии вентилятора.

С выходными мощностями 1,5 и 3 кВт трёхфазные серии XTL15 и XTL30 обеспечивают легко задаваемые, сделанные на заказ решения с многочисленными выходами.

Основные характеристики:

- конфигурируемые за короткое время;
- возможность последовательного и параллельного соединения;
- 3-фазный вход от 180 до 264 В;
- число выходных каналов от 1 до 14 (1,5 кВт);
- число выходных каналов от 1 до 20 (3 кВт);
- регулируемая скорость вращения вентилятора (опция);
- обширный набор сигналов состояния и управления;
- диапазон рабочих температур от -20 до +70°C.

Предусмотрена гарантия 3 года.

www.prochip.ru

Тел.: (495) 232-25-22

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ VEGA-C РАЗРАБАТЫВАЕТСЯ НА ЯЗЫКЕ ADA

Ракета-носитель Vega лёгкого класса (1500 кг полезной нагрузки) Европейского космического агентства предназначена для выведения на орбиту малых спутников и за время коммерческой эксплуатации с 2012 года совершила уже 13 успешных запусков.

Итальянская компания AVIO разрабатывает новый вариант носителя Vega-C (Consolidation), у которого полезная нагрузка будет увеличена до 2200 кг и будет снижена стоимость выведения. Квалификационный запуск Vega-C планируется на середину 2019 г.

Для разработки программного обеспечения систем управления полётом, ориентирования и навигации компания AVIO выбрала язык программирования Ada и комплекс инструментальных средств GNAT Pro Assurance Ada компании AdaCore.

Программное обеспечение Vega-C работает на целевом процессоре LEON 2 и будет сертифицировано по стандартам ECSS-E-ST-40C и ECSS-Q-ST-80C (European Cooperation on Space Standardization) на уровень критичности для безопасности Level B. Компания AVIO выбрала язык Ada за то, что благодаря своему синтаксису он помогает, а часто даже заставляет разработчика создавать код высокого качества, а широкий набор статических (на этапе компиляции) и динамических (на этапе прогона) проверок помогает находить потенциальные уязвимости и угрозы безопасности. Кроме этого, ПО проекта будет эволюционировать в течение многих лет, поэтому хорошая читаемость программ на языке Ada в сочетании с развитой поддержкой модульности и структурируемости сыграла при выборе языка немаловажную роль.

Язык программирования Ada создавался специально для разработки ПО с повышенными требованиями к надёжности. В настоящее время Ada является основным языком для разработки ПО систем, критически важных для безопасности и сертифицируемых по стандартам функциональной (safety) и информационной (security) безопасности.

Язык Ada является международным стандартом ISO 8652. В последней редакции стандарта ISO 8652-2012 (Ada 2012) введена конструкция для задания «контрактов» – требований к результатам работы программного модуля, описанных непосредственно в тексте программы на языке



Ada. «Контракт» предназначен для использования компилятором для вставки динамических проверок или средствами статического анализа для формальной верификации – доказательства математическими методами, что ПО делает то, что от него требуется, и не делает того, что не требуется.

Комплекс инструментальных средств **GNAT Pro Ada** включает в себя компилятор, поддерживающий все версии стандартов Ada (Ada 83, Ada 95, Ada 2005 и Ada 2012), интегрированную среду разработки, визуальный отладчик, средства автоматизации тестирования, средства статического анализа (контроль стандартов кодирования, сбор метрик программного кода, анализатор стека), средства формальной верификации (доказательства корректности работы ПО с помощью математических методов) и средства интеграции Ada и C/C++ программ. Комплекс GNAT Pro Ada поддерживает микропроцессорные архитектуры x86, PowerPC, ARM и LEON. Поддерживаются целевые платформы с операционными системами LynxOS, PikeOS, QNX, VxWorks, Embedded Linux и без ОС (bare metal).

Вариант **GNAT Pro Assurance** предназначен для разработки ПО систем, сертифицируемых по стандартам функциональной безопасности, таким как DO-178C (авионика), EN 50128 (ж/д системы), ISO 26262 (автоэлектроника) и ECSS-E-ST-40C/Q-ST-80C (космическая техника).

Для тестирования ПО Vega-C компания AVIO применяет **GNATemulator** – эмулятор целевой (target) платформы на инструментальной машине. Это позволяет проводить тестирование ПО при отсутствии реального аппаратного прототипа целевой платформы и избежать двух различных конфигураций компилятора при проведении тестирования одной части ПО в native-режиме на инструментальной машине, а другой части ПО в cross-режиме на целевой платформе.

Другие продукты AdaCore:

- **CodePeer** – статический анализатор / детектор потенциальных ошибок и уязвимостей в программах на языке Ada,
- **SPARK Pro** – комплекс средств верификации ПО на языке SPARK – формально верифицируемом подмножестве языка Ada,
- **QGen** – квалифицируемый генератор программного кода на языках MISRA C и SPARK из моделей Simulink/Stateflow.

Дистрибьютор компании AdaCore в России – компания «АВД Системы» – поставщик средств разработки программного обеспечения критически важных для безопасности сертифицируемых встраиваемых компьютерных систем.

Предприятиям, заинтересованным в получении дополнительной информации о языках Ada и SPARK и современных технологиях разработки и верификации ПО, предлагается проведение бесплатного семинара.

www.avdsys.ru/ada

Энергоэффективное модульное оборудование обеспечит будущее Интернета вещей

Янис Айтнер, Георг Вайгельт (Fraunhofer-Gesellschaft)

Перевод: Игорь Матешев

Общество Фраунгофера работает над знаковым проектом в области энергопотребления сетевых датчиков, направленным на создание единого энергоэффективного аппаратного решения для Интернета вещей.

Интернет вещей (IoT) неуклонно развивается. Уже сейчас ему нужно огромное количество сетевых сенсорных узлов, которые собирают, оценивают и обрабатывают данные в сети. В то же время огромное энергопотребление этих узлов представляет серьёзную проблему. Согласно исследованию Международного энергетического агентства, в 2013 году энергия для питания всех сетевых устройств в мире равнялась общему спросу на электроэнергию в Германии. Через несколько лет эта потребность увеличится почти вдвое до 1140 ТВт в год, при этом значительная доля этого роста придётся на Интернет вещей – поэтому так важ-

но, чтобы датчики стали более энергоэффективными.

Пока что промышленность и разработчики не придумали единого решения: для каждого проекта разрабатывается специальное аппаратное обеспечение IoT, более или менее энергоэффективное. Общество Фраунгофера хочет это изменить: в знаковом проекте Towards Zero Power Electronics (ZEPOWEL) разрабатывается единое и при этом энергоэффективное аппаратное решение.

Следующий шаг – добиться от сетевых датчиков полностью автономной работы. Общество Фраунгофера использует для этого два метода: во-первых, сами узлы должны потреблять значительно меньше энергии, а во-вторых, связь с другими системами также будет экономить энергию. Цель проектной команды Института надёжности и микроинтеграции Фраунгофера – создание таким образом технологической платформы для глобального Интернета вещей. Для этого институтам Фраунгофера нужно решить несколько задач.

1. *Создание высокоэффективных компонентов для надёжной и защищённой связи.* В рамках описываемого проекта разрабатываются новые технологии. Например, активируемый приёмник со сверхнизким энергопотреблением, который позволит датчику не передавать данные постоянно, а «пробуждаться» на определённом этапе или по защищённому внешнему запросу. Ожидается, что модуль, разработанный для проекта, будет в 1000 раз более эффективным, чем существующие стандартные радиорешения. Приёмник воспринимает только разрешённые и шифрованные защищённые сигналы, которые предназначены именно для него – т.е. датчик может оставать-

ся в режиме ожидания с минимальным потреблением энергии, а при необходимости немедленно активироваться WakeUp-приёмником.

2. *Более точные измерения с меньшими энергозатратами.* Кроме того, в проекте заложена разработка уникальной сенсорной технологии: датчик качества воздуха в связке с микронасосом. Насос будет служить катализатором измерений, значительно увеличивая объём подаваемого воздуха. В результате датчик с меньшей чувствительностью будет предоставлять гораздо более точные данные. В то время как современные датчики обеспечивают 5000 измерений, потребляя 1250 мкВт/с, ожидается, что новый датчик будет обеспечивать вдвое больше показаний с затратами менее 10 мкВт.

Датчик предназначен для измерения выбросов твёрдых частиц в городах. Обычно такие исследования чрезвычайно трудоёмки, поэтому их можно выполнить только на нескольких узлах одновременно, однако новая технология обеспечит более плотные и точные измерения. Интеллектуальная сеть узлов, подключённая к общим облачным платформам, позволит создать детальную модель мелкодисперсных выбросов в городах. Использовать её можно по-разному: например, для управления транспортным потоком или адаптации маршрута навигационными системами с опорой на её данные.

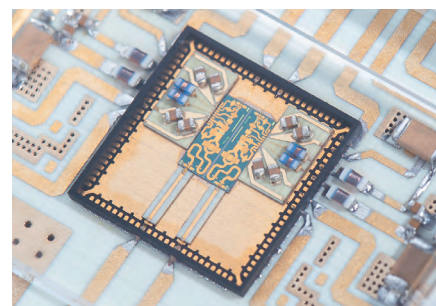
3. *Улучшение самообеспечения датчиков электричеством.* Необходимо оптимизировать не только энергоэффективность сбора и передачи данных, но и энергоэффективность самих датчиков. С этой целью нужно разработать широкополосный коллектор для получения энергии из окружающей среды. Его эффективность будет в 4 раза выше, чем у современных разработок: чтобы собрать 100 мкВт энергии из окружающей среды, ему потребуется только четверть площади, а именно 5×5 мм². Энергия хранится в недавно разработанной тонкоплёночной батарее, которая встроена непо-



средственно на аппаратный чип. Такой подход (полная интеграция аккумулятора, коллектора и конвертера) является уникальным.

Чтобы понять, как это может работать, приведём пример: если бросить что-либо на землю, энергия будет генерироваться в диапазоне от нескольких герц до нескольких килогерц, поэтому поглотитель, который резонирует только на 100 Гц, может поглощать лишь небольшую энергию броска. Однако если разработать резонатор, который будет поглощать энергию в широком диапазоне частот, то энергии будет получено значительно больше.

4. *Создание модульного сборного комплекта для каждого проекта.* В рамках проекта ZEPWEL стоит цель отказаться от разработки уникальных узлов – вместо этого используется модульный подход, основанный на принципе Plug-and-play. Здесь можно провести аналогию с кубиками «Лего», каждый из которых фактически является подключаемым модулем, подходящим для многих систем. В результате институты создают систему из отдельных решений, которые могут быть объединены по желанию. Хотя обычно для каждого проекта Интернета вещей создаётся определённое аппаратное решение, в данном



проекте разрабатывается универсальное оборудование, которое позволит заказчику выбирать наилучший для него вариант в зависимости от поставленных задач.



НОВОСТИ МИРА

SEMI и Imec договорились о продвижении инноваций в здравоохранении, транспорте и IoT

SEMI и Imec объединяют усилия для продвижения инноваций и работы над тем, чтобы отрасль соответствовала технологическим дорожным картам и международным стандартам. Кроме того, они ведут работу над технологической насыщенностью 5 вертикальных

прикладных платформ SEMI, включая Smart Transportation, Smart MedTech и Smart Data.

Обе организации нацелены на объединение ключевых игроков отрасли для продвижения передовых технологий, включая Интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение, которые предоставляют новые возможности в сфере здравоохранения, автомобилестроения и производства полупроводников. Со-

трудничество также направлено на то, чтобы ускорить увеличение прибыльности членов и партнёров SEMI и Imec.

SEMI предоставляет партнёрству доступ к глобальной цепочке поставок в области производства электроники с объёмом рынка \$2 трлн и закрепляет за собой мировое лидерство в области исследований и разработок в нанoeлектронике и цифровых технологиях.

www.blog.semi.org

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

GENESYS™ Series

от 1,7 до 5 кВ (0...600 В / 0...500 А) • LAN / USB / RS-232 / RS-485
Масштабирование до 20 кВт



ProSoft®

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636
INFO@PROSOFT.RU

WWW.PROSOFT.RU



Реклама

Проблемы производственных испытаний устройств Интернета вещей

Keysight Technologies

В последние годы объёмы производства устройств Интернета вещей непрерывно увеличиваются. В таких условиях задача проведения испытаний изделий на стадии производства является крайне важной и сопряжённой с рядом проблем, для решения которых не всегда требуются применение дорогостоящих методик и оборудования.

Устройства Интернета вещей (IoT) получают всё большее распространение и выполняют самые разнообразные функции. При этом количество приложений IoT постоянно увеличивается.

В то время как некоторые компании уже на протяжении нескольких лет производят компактные беспроводные устройства, многие производители только начинают разработку устройств IoT. Какие ВЧ-тесты следует добавить в производственный технологический цикл, какие радиочастотные измерительные решения понадобятся при разработке и тестировании изделий? Добавление функции беспроводной связи и разнообразие устройств с такими возможностями может привести к тому, что расходы на контрольно-измерительную систему существенно повлияют на стоимость производства.

С другой стороны, приобретённое контрольно-измерительное оборудование можно использовать для решения других разнообразных задач, что

позволяет несколько оптимизировать затраты. Как бы то ни было, многие производители устройств IoT сталкиваются со схожими проблемами в ходе производственных испытаний.

Преодолеть эти проблемы помогут имеющиеся на рынке простые и экономичные измерительные решения для производственных испытаний с возможностью масштабирования на случай, если понадобится увеличить объёмы производства. Предлагаемые комплексы, включающие в себя аппаратные и программные средства, позволяют эффективно протестировать ВЧ-устройства и представить результаты измерений в виде отчётов.

ПРОБЛЕМА 1. КОМПАНИЯ НЕ ИМЕЕТ ОПЫТА ТЕСТИРОВАНИЯ ВЧ-УСТРОЙСТВ

Интерфейсы Интернета вещей (IoT) встраиваются во множество существующих изделий: бытовые электроприборы, системы автоматизации зданий и парковок (см. рис. 1). Так, напри-

мер, медицинские и промышленные устройства IoT становятся всё более компактными, поэтому они не имеют портов ввода/вывода для проводного подключения и управления. Для выполнения бесконтактных измерений производители бытовых электронных приборов снабжают их средствами беспроводной связи. С учётом постоянного появления новых устройств и новых компаний, выпускающих такие устройства, нельзя гарантировать, что у компаний-производителей будет достаточно опыта, времени и ресурсов для разработки собственных испытательных решений.

Комплексная испытательная аппаратно-программная система не только выполняет необходимые ВЧ-тесты, но и масштабируется в соответствии с производственными потребностями. Такое решение можно применять ко многим однотипным изделиям, даже не имея дополнительных знаний по разработке ВЧ-устройств. Производственная испытательная система не требует применения дорогого контрольно-измерительного оборудования, используемого в научных лабораториях. Её основная задача – поиск типичных проблем, связанных с производственными дефектами, включая отсутствие или неправильный номинал компонента, дефекты пайки и другие.

Комплекс X8711A компании Keysight (см. рис. 2) – экономичное решение для функционального тестирования малогабаритных беспроводных устройств, работающих в нормальных режимах. Данный комплекс использует стандартные методы для точного измерения параметров принимаемых и передаваемых ВЧ-сигналов с возможностью изменения конфигурации тестовой системы. В процессе тестирования ВЧ-сигналы передаются и принимаются от испытуемого устройства (ИУ) с использованием небольшой тестовой камеры, создание которой не требует большого опыта и затрат. ПО для тестирования имеет простой интерфейс, с помощью которого специалист может выбирать тесты и задавать предельные значения, соответствующие целевым уровням качества. Кроме того, компа-



Рис. 1. Многообразие устройств IoT



Рис. 2. Keysight X8711A – недорогое решение для функционального ВЧ-тестирования малогабаритных устройств IoT

ния Keysight предоставляет консультации для решения таких сложных задач, как оценка погрешности измерений и установка предельных значений.

ПРОБЛЕМА 2. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ НА НАПИСАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ УСТРОЙСТВ IoT

В некоторых тестовых системах устройство испытывается в отличных от нормальных режимах. Например, измерение ВЧ-мощности выполняется при излучении передатчиком немодулированного радиосигнала, но испытуемое устройство никогда не работает в таком режиме. Или другой пример – для измерения чувствительности приёмника может потребоваться считывание некоторых регистров уровня сигнала в ИС приёмопередатчика. Чтобы выполнить эти тесты, инженер должен написать дополнительную программу, загрузить её в испытуемое устройство, выполнить специальную команду тестирования, принять ответные сигналы от устройства и на их основе оценить полученные результаты. Данный метод может потребовать повторного изменения ПО испытуемого устройства, чтобы вернуть его в нормальный режим работы.

Такой подход имеет ряд недостатков. Во-первых, для программирования изделие должно быть соединено с тестовой системой, например, при помощи последовательной шины I²C, что не требуется для его нормальной работы. Некоторые устройства имеют настолько малые размеры, что осуществить подобное соединение бывает непросто. Во-вторых, для загрузки специального ПО перед тестированием и его последующей замены стандартным рабочим ПО необходимо дополнительное время. Написание специальной программы для тестирования изделия требует дополнительных рас-

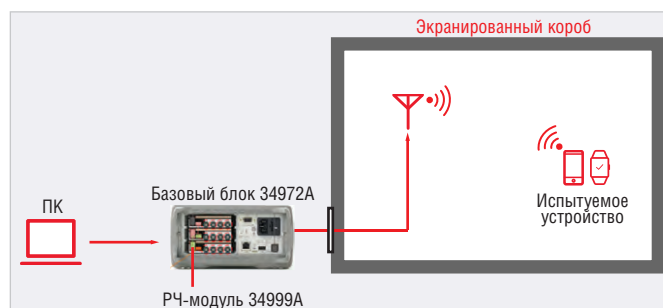


Рис. 3. Выполнение беспроводных измерений основных параметров устройства с помощью X8711A



Рис. 4. Необходимость только в простых функциональных тестах на этапе производственных испытаний

ходов и времени, а ошибки в этой программе могут стать причиной неправильных результатов и потребовать отладки. Перед упаковкой и отгрузкой изделия после успешного тестирования в него должно быть повторно загружено рабочее ПО, что увеличивает время тестирования. В итоге рабочее ПО оказывается непроверенным на этапе производственного тестирования, что повышает вероятность появления отказов. Для ускорения и повышения качества тестирования предлагается использовать обычное рабочее ПО испытуемого устройства и нормальные режимы работы этого устройства.

Решение для функционального тестирования устройств IoT X8711A компании Keysight позволяет измерять основные ВЧ-параметры при нормальной работе устройства с рабочей версией ПО (см. рис. 3). При этом исключены все ошибки, связанные с написанием тестового ПО, его загрузкой и последующей заменой рабочим ПО, что сокращает время и затраты на разработку сценария тестирования. Прибор позволяет выполнять измерения уровня входной мощности, чувствительность приёмника и коэффициент пакетных ошибок (PER). Для испытаний нескольких однотипных беспроводных изделий тестовая система может использовать одинаковые тесты для любого изделия с применением одинаковых протоколов радио-

связи (например, 802.11 и Bluetooth® с низким энергопотреблением).

ПРОБЛЕМА 3. ОБЯЗАТЕЛЬНО ЛИ ТЕСТИРОВАТЬ ВСЕ ВЧ-ПАРАМЕТРЫ УСТРОЙСТВА IoT, ЧТОБЫ ГАРАНТИРОВАТЬ ЕГО КАЧЕСТВО?

Для новых изделий на стадии производства многие точные измерения уже выполнены в научно-исследовательских лабораториях и повторно проведены при проверке правильности проектирования. На этом этапе цикла разработки предполагается, что устройство сконструировано правильно, и если оно правильно собрано, то должно корректно работать. Поэтому на этапе разработки и утверждения проекта не требуется дополнительное прецизионное контрольно-измерительное оборудование для ВЧ-испытаний. На этапе производственного тестирования выполняется только поиск производственных дефектов, поскольку нет необходимости повторять измерения, выполненные в научно-исследовательских лабораториях (см. рис. 4).

Одно из преимуществ эпохи цифровых технологий – высокая повторяемость цифровых устройств. ПО цифровых устройств и передаваемые между ними сигналы одинаковы, поэтому можно обойтись без лишних тестов. Если изделия, дошедшие до производственного тестирования, разработаны

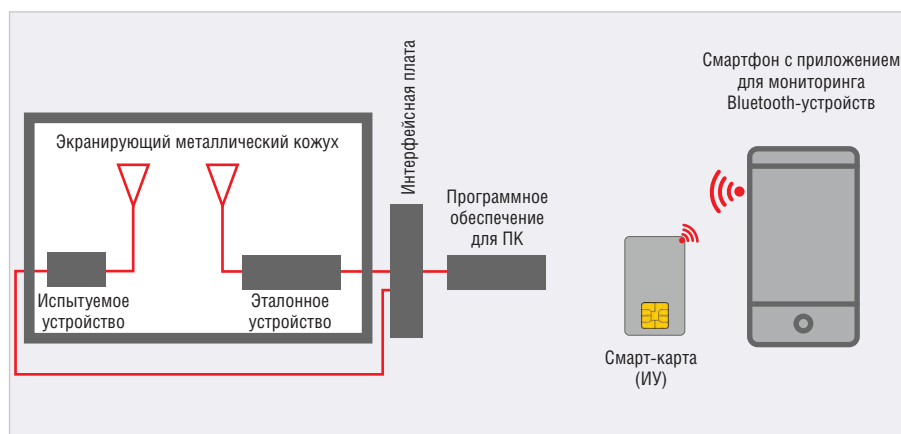


Рис. 5. Тестирование с применением эталонного устройства (смартфона)

правильно, то остаётся убедиться только в их надлежащей сборке (подключение антенны, установка и расположение требуемых элементов на печатной плате). Потенциальные недочёты можно обнаруживать с помощью меньшего набора тестов, а для получения надёжных результатов тестирования можно использовать оборудование, которое проще и дешевле контрольно-измерительного оборудования, используемого в специализированных лабораториях.

Количественные измерения параметров ВЧ-сигналов позволяют определить мощность передатчика и чувствительность приёмника, подверженные влиянию производственных дефектов. Выходную мощность испытуемого устройства и чувствительность приёмника можно вычислить на основе измеренных характеристик устройства при определённых уровнях ВЧ-сигнала, когда устройство работает в нормальных режимах и без пробников, влияющих на его работу. На основе измеренной характеристики устройства в нормальном режиме можно уверенно сделать вывод о правильности или неправильности сборки устройства. Решение для функционального тестирования устройств IoT X8711A использует инновационные технологии для измерений с помощью недорогих программных и аппаратных средств.

Проблема 4. Необходимость снижения стоимости испытаний

Устройства IoT становятся всё более популярными, мировые объёмы их выпуска измеряются несколькими миллиардами. Расходы на тестирование возрастают по мере увеличения объёма выпускаемых изделий, поэтому тестовая система должна быть как

можно дешевле. Следовательно, ей не нужны приборы и функции, без которых можно обойтись в процессе заключительных испытаний, например дорогостоящие параметрические анализаторы. При успешном выводе изделия на рынок может потребоваться увеличить количество тестовых систем, но стоимость такого расширения будет не так велика.

Система для функционального тестирования устройств IoT X8711A объединяет модули сбора данных и ВЧ-тестирования в одном компактном приборе, выполняющем основные измерения ВЧ-характеристик передатчика и приёмника. ПО для автоматизации тестирования упрощает настройку измерительной системы и создание отчётов.

Проблема 5. Тестирование с применением эталонного устройства не гарантирует качество изделий

Существует метод тестирования с применением эталонного устройства, устанавливающего ВЧ-соединение с испытуемым устройством. Этот несложный метод позволяет выявить все дефектные изделия. Например, чтобы проверить работоспособность радиотракта испытуемого устройства, можно использовать смартфон для установления соединения Bluetooth®. И если связь между ИУ и смартфоном установится, можно считать, что характеристики ИУ удовлетворяют определённым требованиям.

Однако этот метод не позволяет выполнять количественные измерения и, следовательно, обнаруживать реальные дефекты. При установлении соединения между смартфоном и испытуемым устройством нельзя количественно определить харак-

теристики устройства, а радиоканал Bluetooth® может работать с сигналами на несколько десятков децибел ниже номинальных значений, маскируя серьёзный дефект в ВЧ-схеме. Даже если устройство с некоторыми производственными дефектами сможет установить связь с эталонным устройством, это не значит, что оно будет правильно работать (см. рис. 5). К примеру, если из-за некорректно работающих или отсутствующих компонентов в схеме согласования антенны, выходная мощность передатчика или чувствительность приёмника ИУ будут малы, то такое изделие может пройти тест, но в реальных условиях окажется неработоспособным из-за очень малого радиуса действия.

Для того чтобы избежать повышения стоимости и репутационного ущерба из-за проведённых ненадлежащим образом испытаний, производители должны количественно измерять их характеристики. После тестирования множества исправных и неисправных изделий, результаты тестов можно проанализировать, чтобы установить предельные значения отбраковки «годен/не годен», и при этом обойтись без дорогого контрольно-измерительного оборудования.

Заключение

Основные требования, предъявляемые к устройствам IoT – компактность, низкая стоимость и длительный срок службы – стимулируют производителей использовать для производственных испытаний контрольно-измерительное оборудование, которое обеспечивает быстроту выполнения тестов, отличается простотой настройки и доступной ценой.

Некоторые специалисты полагают, что добавление беспроводных интерфейсов к изделиям приведёт к необходимости освоения новых методов ВЧ-измерений, другие опасаются увеличения расходов на тестирование. И те, и другие нуждаются в недорогих, простых и менее трудоёмких способах тестирования, а не в полных параметрических ВЧ-тестах, используемых на первых этапах разработки.

Решение для функционального тестирования устройств IoT X8711A предлагает новый подход к ВЧ-тестированию, при котором для производственных испытаний можно использовать простую, недорогую, но надёжную тестовую систему.



ChipEXPO-2019

КОМПОНЕНТЫ | ОБОРУДОВАНИЕ | ТЕХНОЛОГИИ

17-я
МЕЖДУНАРОДНАЯ
ВЫСТАВКА
ЭЛЕКТРОНИКИ

РОССИЯ | МОСКВА
ЭКСПОЦЕНТР

ТЕМАТИЧЕСКИЕ ЭКСПОЗИЦИИ

- Экспозиция Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России «Участники Государственной программы «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013-2025 годы»
- Экспозиция участников конкурса на присуждение премии «Золотой Чип»
- Экспозиция «Испытания и контроль качества ЭКБ»
- Экспозиция «Новинки производителей электронных компонентов»
- Экспозиция «China electronics»
- Экспозиция предприятий Зеленограда (Корпорация развития Зеленограда)
- Экспозиция предприятий АО «Росэлектроника»

www.chipexpo.ru

16.10-
18.10

Кремниевая и арсенид-галлий-алюминиевая технология

Часть 12. Оптоэлектронный многоканальный коммутатор стандарта SpaceWire и концепция ФЭ ИВС ЦИФАР

Валерий Сведе-Швец (0000es@mail.ru), Владислав Сведе-Швец, Максим Зиновьев (Москва)

В двенадцатой части статьи будут представлены оптоэлектронный многоканальный коммутатор стандарта SpaceWire и концепция ФЭ информационно-вычислительной системы для ЦИФАР с цифровым диаграммообразованием, а также разработка ЦИФАР для радиотехнических систем с учётом современных достижений науки и техники на базе технологии радиофотоники и построение оптоэлектронной цифровой интеллектуальной 3D М ФЭФ М ЦИФАР.

Оптоэлектронный многоканальный коммутатор стандарта SpaceWire

Разработанный оптоэлектронный многоканальный коммутатор стандарта SpaceWire предназначен для построения базовых и абонентских узлов многоканальной связи в бортовых и внутриобъектовых системах и позволяет реализовывать перспективные изделия в составе интеллектуальных сетей и информационно-вычислительных систем с высокой степенью связности, а также в радиолокационных комплексах с адаптивными фазированными решётками.

Применение оптоэлектронного многоканального коммутатора стандарта SpaceWire

Применение оптоэлектронного многоканального коммутатора стандарта

SpaceWire во внутриобъектовых и бортовых системах позволяет получить преимущество за счёт:

- реализации интегрального кремниевых кристалла по технологии КМОП и КНИ;
- реализации интегрального кристалла оптического излучателя с использованием технологии гетероструктур AlGaInP/GaInP/GaAs;
- высокой скорости передачи информации;
- компактности;
- малого веса;
- высокой надёжности и возможности использования резервных каналов;
- защищённости приборов от ЭМИ за счёт применения оптических линий связи;
- большой функциональной ёмкости маршрутизатора;
- иерархической наращиваемости числа коммутируемых каналов.

Эти преимущества могут быть успешно реализованы в составе многофункциональных, многодато-чковых, информационно-вычислительных и управляющих систем в авиационном приборостроении, в приборостроении военно-морского флота, в ракетостроении, а также во всех наземных прикладных системах широкого сбора информационных данных, работающих в реальном масштабе времени.

Разработанные конструкторско-технологические решения построения многоканального оптоэлектронного модуля позволяют создавать встраиваемые информационно конфигу-

рируемые коммуникационные среды для различных отраслей промышленности.

Технические характеристики оптоэлектронного многоканального коммутатора стандарта SpaceWire:

- количество независимых дуплексных оптических каналов – 32;
- количество независимых дуплексных электрических каналов – 2;
- вид модуляции сигнала – DS кодирование;
- скорость ввода-вывода сигнала – до 400 МГц;
- тип волокна – многомодовое;
- длина оптической линии связи – до 100 м;
- длина электрической линии связи – до 10 м.

Разработан процессорный модуль оптоэлектронного коммутатора интерфейса SpaceWire на плате форм-фактора 3U в составе оптоэлектронного многоканального коммутатора стандарта SpaceWire и двух модулей с процессорами TMS320C6455 платформы MityDSP-PRO производительностью $2 \times 9 \times 10^9$ операций в секунду. Общий вид процессорного модуля представлен на рисунке 98.

Технические характеристики процессорного модуля оптоэлектронного коммутатора

Технические характеристики процессорного модуля оптоэлектронного коммутатора:

- материнская плата форм-фактора 3U для систем стандарта µTCA;
- модуль оптоэлектронного коммутатора с многоканальными волоконно-оптическими линиями связи;
- 2 мезонинные платы с процессором TMS320C6455 платформы MityDSP-PRO;
- 64 оптических дуплексных полнодуплексных коммутируемых SpaceWire-канала со скоростью ввода-вывода сигнала до 400 МГц, тип модуляции



Рис. 98. Внешний вид процессорного модуля оптоэлектронного коммутатора интерфейса SpaceWire на плате форм-фактора 3U

сигналов – DS-кодирование; тип волокна – многомодовое; длина оптической линии связи до 100 м;

- многоканальный разъём с волоконно-оптическими патч-кордами;
- 4 электрических дуплексных коммутируемых SpaceWire-канала со скоростью ввода-вывода сигнала до 400 МГц, тип модуляции сигналов – DS-кодирование; длина электрической линии связи до 10 м;
- 4 электрических дуплексных коммутируемых канала Serial RapidIO со скоростью ввода-вывода сигнала до 3 ГГц, тип модуляции сигналов – 8B10B-кодирование; длина электрической линии связи до 10 м;
- электрический канал Gigabit Ethernet;
- интерфейс UART.

На рисунке 99 представлена архитектура коммутационной системы с применением технологии SpaceWire/SpaceFibre.

Концепция ФЭ информационно-вычислительной системы для ЦИФАР с цифровым диаграммообразованием

Система позволяет подключаться к твердотельным СВЧ-приёмопередатчикам с помощью 3D М ФЭФ М АС-Х1, расположенных на раскрые антенной решётки, и передавать модулированную информацию по волоконно-оптическим каналам в оптоэлектронный вычислительный блок обработки и диаграммообразования центра управления.

На рисунке 100 представлена архитектура приёмной антенной решётки.

Разработка ЦИФАР для радиотехнических систем на базе технологии радиофотоники

Развитие средств воздушного нападения требует использования высокопотенциальных радиолокационных комплексов (РЛК), основанных на применении активных фазированных решёток. Наряду с повышением энергетического потенциала за счёт совершенствования элементной базы современные АФАР развиваются в направлении создания активных решёток с многоканальной пространственной обработкой принимаемых сигналов. В решении задачи улучшения ЕЕХ РЛК с АФАР ведущую роль играет применение современных технологий,

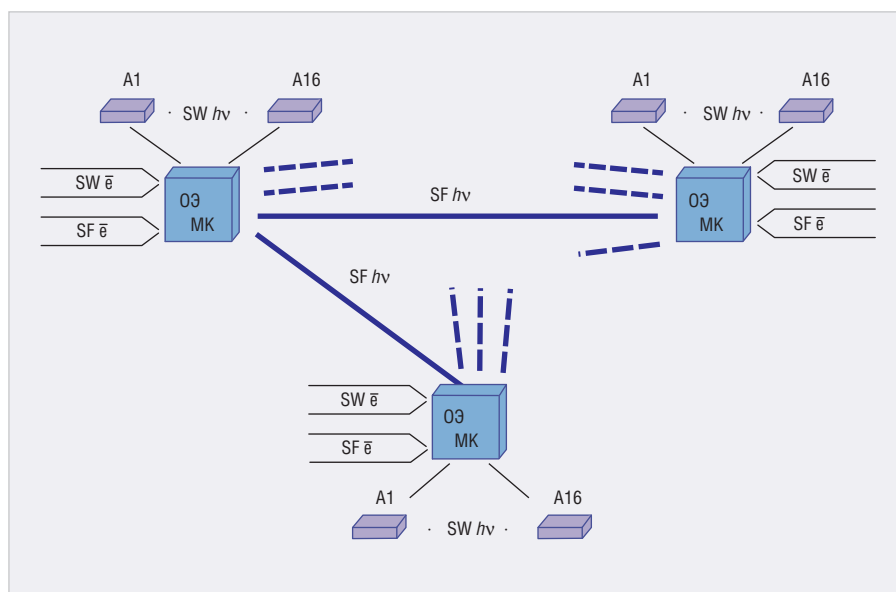


Рис. 99. Архитектура коммуникационной системы с применением технологии SpaceWire/SpaceFibre

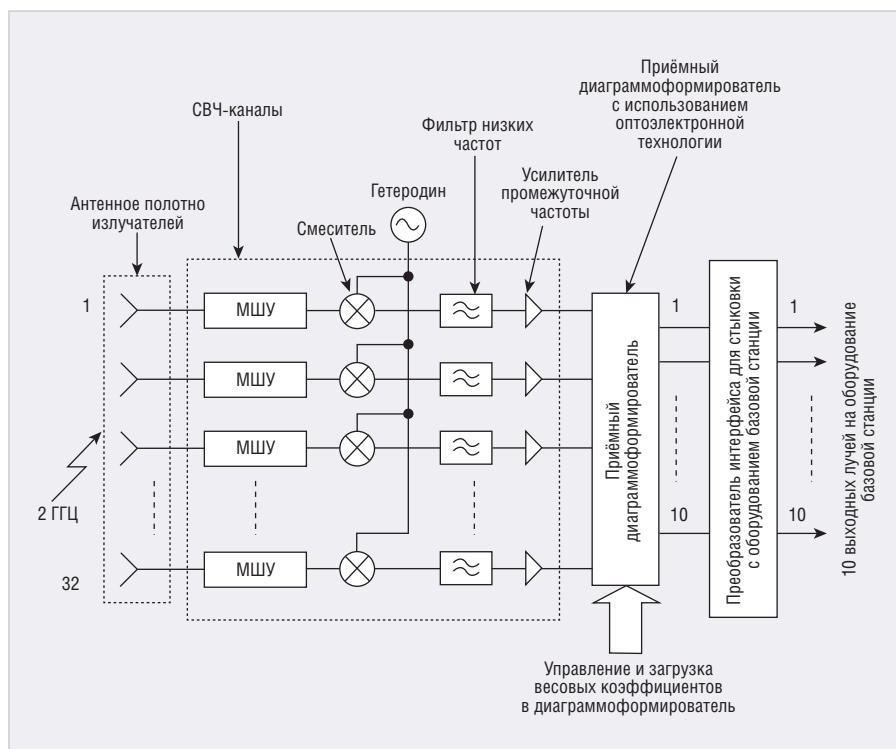


Рис. 100. Архитектура приёмной антенной решётки

включая развивающееся направление радиофотоники.

Применение в антенных устройствах с АФАР технологий радиофотоники позволит повысить рабочую полосу частот, стабильность основных параметров, помехозащищённость и улучшить массогабаритные характеристики антенных устройств с приёмопередающими АФАР, в том числе:

- снизить потери в линиях передачи сигналов;
- повысить стабильность и повторяемость АФЧХ от канала к каналу в диапазоне рабочих частот и температур;

- повысить характеристики ЭМС/помехозащищённости каналов;
- повысить пропускную способность цифровых каналов передачи информации систем управления и контроля;
- уплотнить сигналы – снизить число линий передачи распределённых систем с АФАР;
- осуществить аналого-цифровое преобразование принимаемых СВЧ-сигналов на несущей частоте (в перспективе);
- улучшить массогабаритные характеристики передачи, приёма, распре-

ления, съёма сигнала и устройства диаграммообразования АФАР (особенно актуально для мобильных РЛС).

В связи с этим приобретает актуальность разработка перспективных АФАР с использованием технологий распределённых систем возбуждения и приёма, разводки и съёма сигналов, аналого-цифровых преобразователей и устройств диаграммообразования на базе радиофотоники. Предложены оптические схемы, основанные на акустических цепях в интегрально-оптическом исполнении, методах Фурье-оптики и Бреговских волоконных решёток.

Необходима разработка элементов, функциональных узлов и составных частей подсистем АФАР на основе оптико-электронных и электронно-оптических преобразователей, фотопередатчиков, фотоприёмников, усилителей, линий задержки, волоконно-оптических линий, сумматоров, делителей, разъёмов, удовлетворяющих техническим требованиям, предъявляемым к соответствующим подсистемам АФАР.

В России внедрение РЛС с твердотельными АФАР идёт с запозданием, обусловленным отставанием российской электронной промышленности.

Недостаточность количественных и качественных преимуществ «классических», т.е. аналоговых АФАР перед пассивными ФАР поставила перед разработчиками вопрос о необходимости пересмотра самого подхода к проектированию радиотехнических систем.

Принципиально новым, эволюционным скачком в развитии техники антенн, позволяющим преодолеть наметившийся кризис, стал переход от классических к цифровым АФАР – ЦАФАР. Отличительной особенностью ЦАФАР является аналого-цифровое преобразование сигнала в каждом приёмном канале и цифроаналоговое преобразование в каждом передающем канале. Формирование диаграмм направленности реализуется путём обработки потоков цифровой информации, а антенное устройство, за исключением оконечных СВЧ-элементов, представляет собой сетевое вычислительное устройство.

В радиотехнических системах, построенных с использованием данной технологии, реализуется пространственно-временная обработка сигналов, когда пространственная обработ-

ка отвечает за формирование диаграммы направленности, а временная – за фильтрацию и обнаружение полезных сигналов.

Реализация пространственно-временной обработки цифровыми методами предоставляет ряд принципиально новых возможностей РЛС с ЦАФАР, а именно:

- цифровое управление амплитудой, фазой и задержкой сигналов, которое обеспечивает адаптивное формирование диаграмм направленности на передачу и приём – это свойство ЦАФАР позволяет работать с широкополосными сигналами во всём спектре сканирования при больших размерах апертур антенны;
- возможность одновременного приёма сигналов с произвольных угловых направлений в секторе сканирования за счёт цифрового формирования ДН – в РЛС дальнего действия это снимает проблему работы на кратных развёртках дальности; особенно эффективно данное преимущество может быть использовано в РЛС непрерывного излучения с разнесёнными приёмными и передающими постами;
- возможность одновременного излучения в произвольных угловых направлениях с управляемыми поляризационными характеристиками в каждом луче – в этом случае обеспечивается оптимальное распределение энергии РЛС как в режимах барьерного обнаружения, так и трассового сопровождения;
- обеспечение возможности управляемого поляризационного базиса на передачу и согласованного поляризационного приёма сигналов в случае работы РЛС на двух ортогональных поляризациях – работа в полном поляризационном базисе обеспечивает поляризационную селекцию целей, а также поляризационную отстройку от активных помех;
- цифровое формирование диаграмм направленности, которое обеспечивает возможность адаптивной пространственной фильтрации на приём и передачу независимо в каждом из обслуживаемых угловых направлений, что позволяет повысить эффективность защиты от помех и скрытности РЛС.

В настоящее время работы по развитию ЦАФАР ведутся по трём основным направлениям:

- тематическая проработка системы с ЦАФАР;
- разработка приёмо-передающих модулей;
- разработка системы пространственно-временной обработки.

На этапе тематической проработки должны быть определены диапазон рабочих частот, поляризация, количество каналов антенной решётки, сектор электронного сканирования, количество одновременно обслуживаемых угловых направлений, алгоритм обзора пространства, типы сигналов и т.д.

Особенности работ следующего этапа – разработки приёмо-передающего модуля – напрямую зависят от диапазона частот и периода решётки. Очевидно, что чем больше период, тем больше свободного места для аппаратуры. Однако сложность модуля ЦАФАР намного выше, чем модуля классической аналоговой АФАР, поскольку в нём, наряду с традиционными, нужно разместить устройства аналого-цифрового и цифроаналогового преобразования (АЦП и ЦАП). В настоящее время АЦП и ЦАП с приемлемым для радиотехнических систем динамическим диапазоном могут работать на частотах до 100...200 МГц. Частоты большинства радиолокационных диапазонов выше этих значений, что приводит к необходимости установки в приёмо-передающем модуле преобразователей частоты, т.к. дискретизация сигналов на несущей невозможна. Таким образом, приёмо-передающий модуль становится сложным изделием, в котором должны быть объединены усилители мощности, МШУ, преобразователи частоты, АЦП и ЦАП, устройства управления и электропитания. При разработке модуля с таким большим количеством устройств необходимо учитывать их взаимное влияние друг на друга.

Что касается системы цифровой обработки сигналов или системы пространственно-временной обработки, то она должна выполнять следующие функции:

- собирать цифровую сигнальную информацию с приёмо-передающих модулей;
- формировать диаграммы направленности в различных угловых направлениях;
- производить полосовую и согласованную фильтрацию сигналов;

- осуществлять пороговое обнаружение и формирование единичных замеров.

Осуществление этих функций в крупноапертурных многофункциональных РЛС с ЦАФАР требует наличия у системы пространственно-временной обработки существующих вычислительных ресурсов, а также возможности поддержки большого количества высокоскоростных интерфейсов передачи данных. Так, скорость передачи данных между узлами РЛС с ЦАФАР может достигать десятков и сотен Гбит/с, а количество операций, которые должна выполнять система пространственно-временной обработки, может доходить до десятков терафлоп/с.

Дальнейшее развитие технологий ЦАФАР будет идти по нескольким направлениям. Прежде всего, это развитие элементной базы. Повышение рабочих частот АЦП ЦАП, создание специализированных интегральных микросхем, комбинирующих СВЧ-узлы с элементами управления и обработки, а также развитие алгоритмов и аппаратуры пространственно-временной обработки – всё это приведёт к расширению границ использования технологии ЦАФАР и сделает её более доступной по цене.

ПОСТРОЕНИЕ ОПТОЭЛЕКТРОННОЙ ЦИФРОВОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ 3D М ФЭФ М ЦИФАР

АФАР состоит из активных элементов, модулей, в которые входят излучатели, фазовращатели, усилители, преобразователи частот, аналого-цифровые преобразователи и другие устройства предварительной пространственно-временной обработки сигнала. Активные элементы в

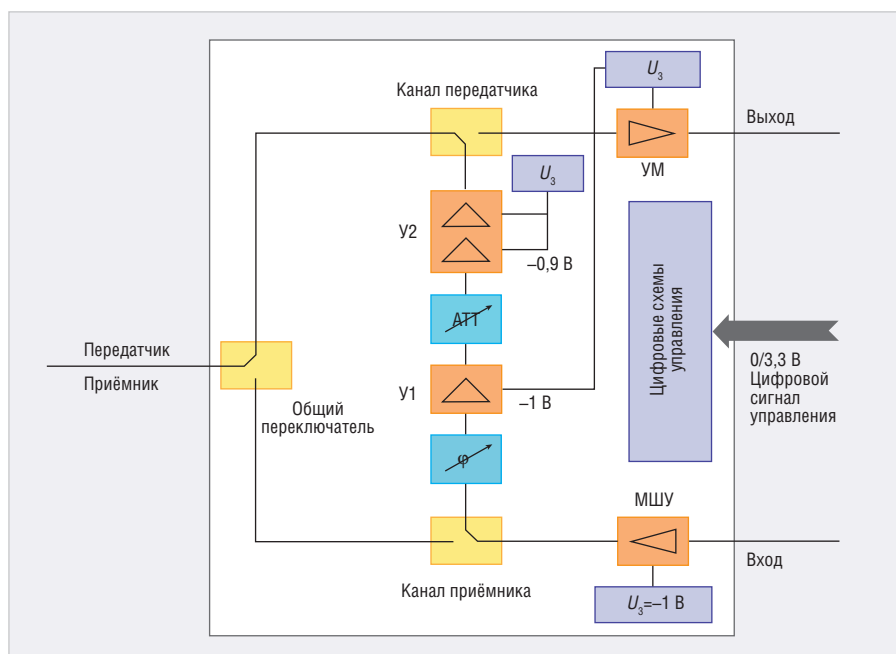


Рис. 101. Структурная схема приёмно-передающего модуля

тракте СВЧ ФАР позволяют устранить потери и существенно изменить системе возбуждения, формирования луча и его управления. Все элементы каждого канала АФАР выстроены в цепочку и имеют последовательную конвейерную обработку информации. Самым перспективным направлением в АФАР является создание цифровых интеллектуальных фазированных антенных решёток (ЦИФАР). На рисунке 101 представлена структурная схема приёмно-передающего модуля.

ЦИФАР представляет собой антенную систему, состоящую из многоэлементной антенной решётки с приёмно-передающими модулями (ППМ), многоканальными линиями связи и работающего в реальном масштабе времени многопроцессорного вычислительного устройства, осуществляющего цифровое формирование и

автоматическую подстройку диаграммы направленности. Антенная решётка играет роль многоканального датчика информации, а процессор определяет основные характеристики системы.

В ЦИФАР каждый элемент антенной решётки подстраивается независимо на основе принятой информации о сигналах. Выходные сигналы каждого элемента антенной решётки по многоканальным трактам поступают в диаграммообразующую схему многопроцессорного вычислителя, где они перемножаются на комплексные весовые коэффициенты (с учетом амплитуды и фазы), суммируются и образуют выходной сигнал антенной решётки, позволяющий без априорной информации о помеховой ситуации автоматически обнаруживать присутствие источников помех



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



POWERED BY PROSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИЛЕР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

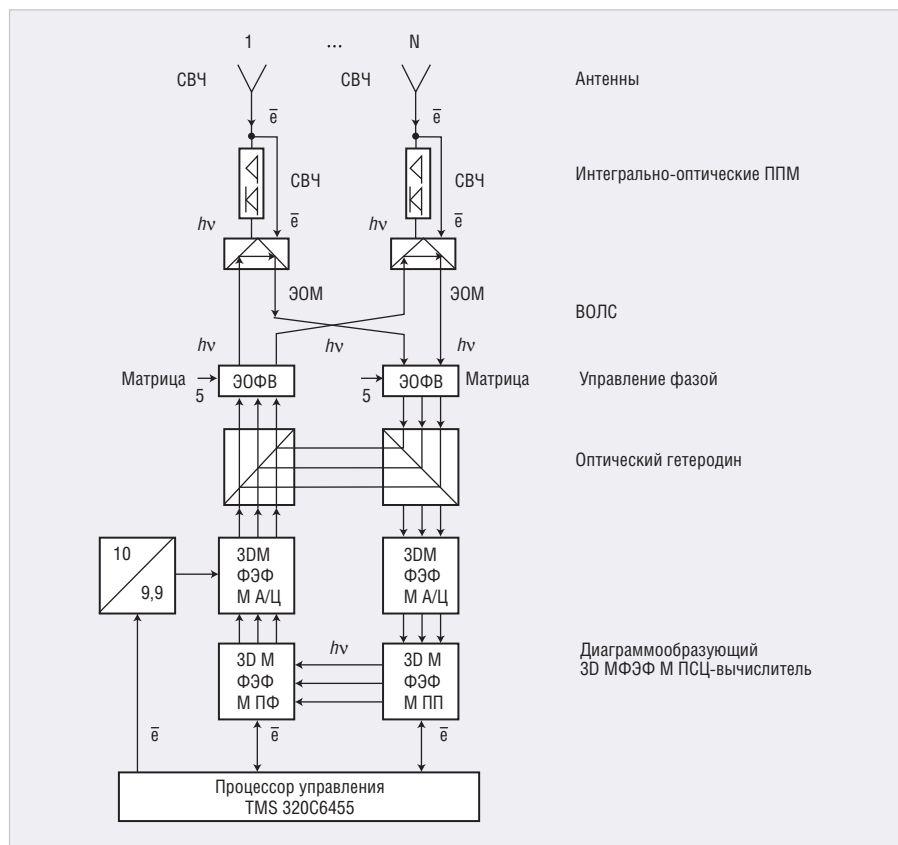
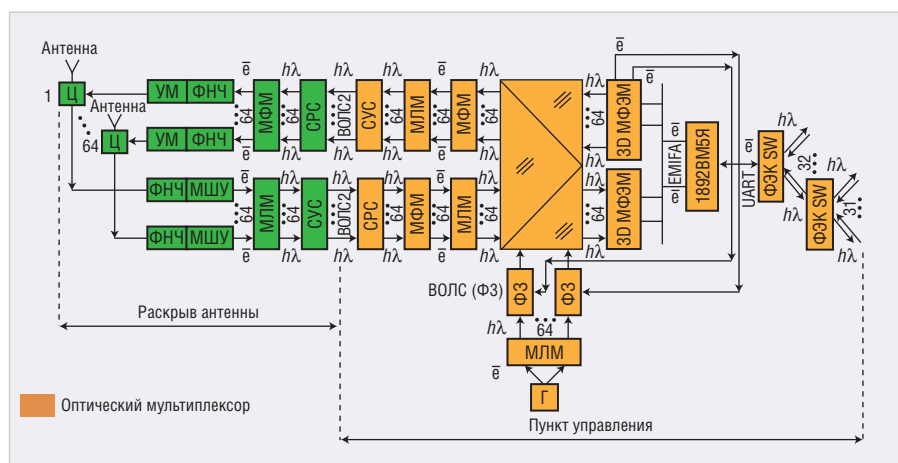


Рис. 102. Схема перспективной 3D М ФЭФ М ЦИФАР



Примечание: Ц – циркулятор; ФНЧ – фильтр низких частот; МШУ – малошумящий усилитель; УМ – усилитель мощности; МФМ – многоканальный фотоприёмный модуль; 3D МФЭМ – 3D-матричный фотон-электронный модуль; МЛМ – многоканальный лазерный модуль; СУС – спектральный уплотнитель; СРС – спектральный разуплотнитель; ВОЛС – волоконно-оптические линии связи; ФЗ – электрическая фазовая задержка; Г – генератор; 1892ВМ5Я – процессор (ЭЛВИС); ФЭК SW – фотон-электронный маршрутизатор SpaceWire

Рис. 103. Структурная схема перспективной ЦАФАР с оптическим гетеродином

и подавлять их сигналы на выходе, улучшая тем самым приём полезного сигнала.

Эта исключительная способность подавления помех, а также возможность создания многолучевых структур является основным преимуществом ЦИФАР перед другими РЛС.

Архитектурно-алгоритмическое построение ЦИФАР в части преобра-

зования сигнала СВЧ в оптический сигнал, передачи по ВОЛС, АЦП/ЦАП, хранения и сигнальной процессорной обработки полностью реализуется многоканальной ФЭ элементной базой ряда 3D М ФЭФ М.

Построение ЦИФАР с использованием 3D М ФЭФ М позволит создать новый перспективный класс 3D М ФЭФ М ЦИФАР со значительно луч-

шими функциональными, массогабаритными, энергетическими характеристиками, чем при электронной реализации, т.к. в каждом 3D М ФЭФ М функционального ряда осуществляется многоканальная обработка сигнальной информации сразу в массиве из N каналов.

В 3D М ФЭФ М ЦИФАР по ВОЛС после электронного гетеродинного преобразования частоты в ППМ циркулируют видеосигналы с полосой $F=5...20$ МГц и цифровые управляющие сигналы объёмом 10...20 бит со скоростью в несколько Мбит/с. Аналоговые оптические сигналы поступают для преобразования в 3D М ФЭФ М АЦП/ЦАП и далее на цифровую обработку в функциональные 3D М ФЭФ М диаграммообразующей 3D М ФЭФ М ПСЦ вычислительной платформы В 3D М ФЭФ М ЦИФАР.

Схема перспективной 3D М ФЭФ М ЦИФАР с многоканальными интегрально-оптическими ППМ, оптического гетеродинного преобразования входного СВЧ-видеосигнала, 3D М ФЭФ М АЦП/ЦАП, 3D М ФЭФ М ПФ и 3D ФЭ ГИМС М ПП, объединённых в 3D М ФЭФ М ПСЦ обработки многоканальной информации диаграммообразования и управления фазой, приведена на рисунке 102.

В перспективной 3D М ФЭФ М ЦИФАР с интегрально-оптическими ППМ по ВОЛС циркулируют СВЧ-видеосигналы, оптическое гетеродинное преобразование СВЧ-видеосигнала, АЦП и формирование сигналов управления производится непосредственно в функциональных 3D М ФЭФ М, а обработка многоканальной информации диаграммообразования – в 3D М ФЭФ М ПСЦ вычислительной платформы.

В 3D М ФЭФ М ЦИФАР масштабируемого 3D М ФЭФ М ПСЦ вычислительного комплекса обработки радиолокационной информации имеется до 16 384 каналов и более.

На рисунке 103 приведена структурная схема перспективной ЦАФАР с оптическим гетеродином.

В заключительной части статьи будет представлена информационно-вычислительная система на функциональных модулях ОЭС с фотон-электрон-фотонными многоканальными связями, а также пойдёт речь о встраиваемой вычислительной платформе ФЭФ ВВП и построении устройств на базе 3D М ФЭФ М и платформы MicroTCA OM.



ТЕСТПРИБОР

ИСПЫТАНИЯ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ПЛЕСНЕВЫХ ГРИБОВ

ИСПЫТАНИЯ ПРОВОДЯТСЯ В СООТВЕТСТВИИ
С ГОСТ 9.048, ГОСТ 20.57.416 И ГОСТ 20.57.306

■ **ИСПЫТАНИЯ** проводятся с целью определения способности электронной компонентной базы, а также радиоэлектронной аппаратуры или их отдельных сборочных единиц и деталей противостоять росту грибов.

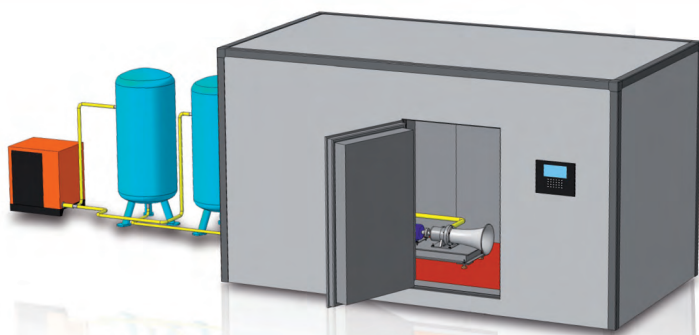
■ **СУЩНОСТЬ ИСПЫТАНИЯ** заключается в том, что образцы, очищенные от внешних загрязнений, заражают водной суспензией спор грибов и выдерживают в условиях, оптимальных для их развития.



ИСПЫТАНИЯ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ АКУСТИЧЕСКОГО ШУМА

ИСПЫТАНИЯ ПРОВОДЯТСЯ В СООТВЕТСТВИИ
С ГОСТ 20.57.416 И ГОСТ 20.57.305

ТЕСТПРИБОР



- Диапазон частот 50 – 10000 Гц
- Максимальный уровень звукового давления – 160 дБ

■ **ИСПЫТАНИЯ** проводятся с целью определения способности аппаратуры и электронной компонентной базы выполнять свои функции и сохранять свои параметры в пределах норм в условиях воздействия акустически наводимой вибрации.

■ **УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЙ** аппаратуры характеризуются средним уровнем звукового давления вокруг испытываемого объекта, уровнем звукового давления в октавных полосах частот в одной из контрольных точек, разницей суммарных уровней в контрольных точках и длительностью испытаний.

Простота и надёжность встраиваемых систем

Роман Филиппов (filippov.r@prosoft.ru)

В статье обсуждаются достоинства и недостатки архитектур современных операционных систем с точки зрения надёжности. Рассмотрен подход с использованием виртуализации, а также микроядерная архитектура и её модификации.

При современном широком распространении встроенных систем в промышленной автоматизации и транспорте значение надёжности и безопасности этих систем трудно переоценить. Необходимо учитывать также тот факт, что многие из этих устройств управляются дистанционно, а значит, их отказы могут быть спровоцированы не только случайностью или недостаточным тестированием, но также и намеренными действиями злоумышленников и вредоносного программного обеспечения (ПО).

Встроенное ПО, реализующее основные функции устройства, может быть достаточно компактным и тщательно протестированным, но помимо него устройство обычно содержит также большое количество инфраструктурного кода, от которого также зависит надёжность устройства в целом. В качестве примеров таких инфраструктурных компонентов можно привести различные стеки коммуникационных протоколов, файловые системы и тому подобное. Из-за сложности и больших объёмов кода, содержащихся в современных операционных системах (ОС), разработчик встроенного ПО нередко использует ОС и прочие программные компоненты как «чёрный ящик», что может привести к ситуации, когда сделанные при разработке допущения оказываются неверными.

Главный тезис данной статьи заключается в том, что средством обеспечения надёжности и безопасности встроенных систем является их простота и детальное понимание разработчиком всех аспектов работы системы. Это позволяет предвидеть многие векторы атак и заранее предпринять меры, затрудняющие использование уязвимостей. Кроме того, простую и понятную систему проще тестировать, модифицировать и поддерживать.

Если обратиться к истории, то именно борьба со сложностью является основной движущей силой программирования как инженерной дисциплины. Стремление добиться просто-

ты во многом привело к созданию ОС UNIX, которая изначально появилась как попытка избавиться от чрезмерной сложности системы Multics. Изначально UNIX была простой в освоении системой, но сегодняшние реализации UNIX-подобных ОС уже не могут похвастаться простотой своего прародителя.

ПРОБЛЕМА РАЗВИТИЯ ОС

Наиболее широко используемой ОС во встроенных системах (если не рассматривать микроконтроллеры) являются различные варианты Linux – как с RT-расширениями, так и без них. Linux является достаточно зрелой ОС, которая разрабатывается уже более двух десятилетий. Однако, несмотря на долгое развитие и стабильность проекта, в ней до сих пор находят уязвимости [1]. Парадоксально, но главной проблемой является именно развитие проекта. По мере развития в ОС добавляется много нового кода, содержащего новые ошибки. Эти ошибки исправляются, но к этому времени добавляется уже новый функционал и так далее. Эти два составляющих между собой процесса: исправления ошибок и внесения новых, могут принципиально не сходить к надёжной системе. В среднем, количество ошибок и связанных с ними уязвимостей плавно возрастает от версии к версии.

Дополнительной проблемой является большой объём кода и необходимость использования в виде «чёрного ящика» не только самого ядра, но также и всех драйверов. Полностью разобраться в исходных текстах ядра довольно затруднительно из-за высокой степени асинхронности его кода и сложной синхронизации.

Встроенные системы не всегда имеют доступ к Интернету, поэтому обновления не всегда могут быть установлены вовремя, даже в том случае, если в новой версии ядра ошибки были исправлены. К тому же и сам переход на новую версию ядра зачастую требует дополнительных усилий от разработчиков встроенного ПО.

Фактически, это приводит к тому, что если не используется самая актуальная версия ядра в любой момент времени, то система является потенциально уязвимой для внешней эксплуатации, так как ошибки публикуются в централизованной базе данных CVE. Эксплуатация происходит практически по шаблону: определить версию используемой ОС; найти подходящие уязвимости этой версии в базе CVE; разработать или даже взять готовый эксплоит. Всё это даёт основания заключить, что монолитные системы, такие как Linux, несмотря на все свои достоинства, всё-таки разрабатывались не для этого и плохо подходят для ответственных встроенных систем.

ВИРТУАЛИЗАЦИЯ

Большинство используемых сегодня ОС начали разрабатываться в конце прошлого века, поэтому их архитектура во многом продиктована соображениями эффективности в ущерб надёжности. В частности, Linux имеет монолитную архитектуру ядра, в том числе потому, что с другой архитектурой было бы сложно добиться приемлемого уровня производительности на аппаратуре начала 90-х годов. Сегодня, когда проблема надёжности и безопасности может быть важнее производительности, одним из вариантов решения проблемы унаследованного кода является использование виртуализации и гипервизоров.

Технологии аппаратной виртуализации позволяют запускать несколько экземпляров ОС на одном физическом процессоре, что позволяет рассматривать ОС вместе со всеми её приложениями в виде одного большого «приложения», управляемого гипервизором, который можно рассматривать как «ядро». Если приложение с особыми требованиями к надёжности и потенциально ненадёжная ОС, содержащая инфраструктурные компоненты, реализованы в виде отдельных виртуальных машин, то гипервизор обеспечивает их надёжную изоляцию друг от друга.

Данное решение в большинстве случаев вполне приемлемо, но нельзя не отметить следующие недостатки: повышение сложности из-за дополнительных слоёв ПО, в которых также могут содержаться ошибки; необходимость использования довольно продвинутых и дорогих про-

цессоров, поддерживающих аппаратную виртуализацию; добавление гипервизора в список доверенных частей ПО, так как все прочие компоненты системы зависят от него. Также для такой системы сложнее разрабатывать прикладное ПО: виртуальные машины по степени изоляции сравнимы с физически раздельными компьютерами, поэтому взаимодействие между ними является более сложным, нежели взаимодействие процессов в рамках одной ОС.

Всё это позволяет заключить, что виртуализация не даётся бесплатно, к тому же возрастающая сложность процессоров также не помогает в вопросах повышения надёжности и огромное количество аппаратных ошибок и уязвимостей в процессорах в последнее время появляется именно из-за их высокой сложности.

Одним словом, решение хоть и относительно хорошее, но применимое не во всех ситуациях, особенно в системах жёсткого реального времени с особыми требованиями к надёжности.

Между тем существующие технологии защиты памяти в виде разделения режимов работы процессора и установки прав доступа к памяти в виде MPU/MMU способны обеспечить основу для построения защищённых и надёжных приложений. На этой основе можно строить сколь угодно сложные системы и изолировать приложения друг от друга. При этом от процессора не требуется аппаратной поддержки механизмов виртуализации. Разумеется, если причиной использования Linux является его набор драйверов, отсутствующий в других ОС, то вариант с гипервизором остаётся единственно возможным. Если же вопрос с драйверами стоит менее остро, то целесообразно рассмотреть другие варианты обеспечения надёжности, в целях снижения сложности.

Микроядро

Попытки разделить функционал ядра ОС на более удобные для понимания и изолированные друг от друга компоненты начались практически одновременно с разработкой ранних ОС. Большой объём инженерных усилий был затрачен на разработку так называемых микроядер, первые представители которых появились в 70-е годы.

Микроядро предполагает выполнение таких традиционных компонентов ядра, как файловые системы, драйверы и сетевые протоколы в виде обычных приложений, называемых также серверами, потому что они, по аналогии с сетевыми серверами,

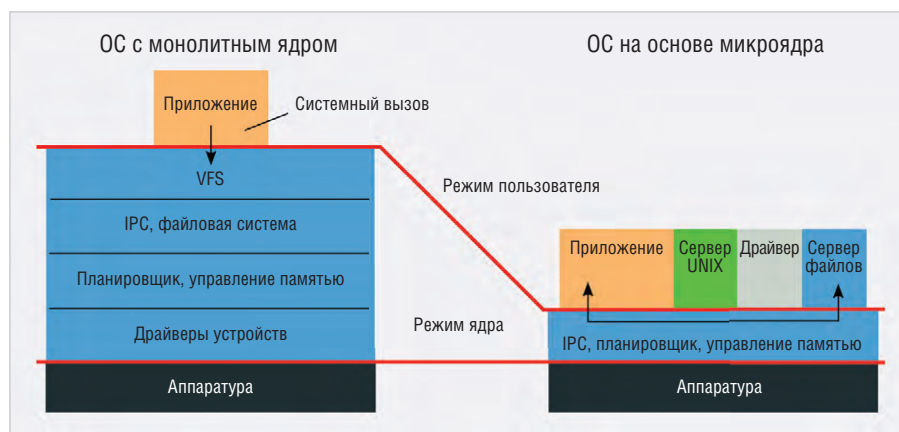


Рис. 1. Архитектура ядра ОС

рами, предоставляют услуги программам пользователя. В микроядерной архитектуре приложение взаимодействует с серверами, используя механизмы межпроцессного взаимодействия, например, с помощью обмена сообщениями (см. рис. 1).

На ядро возлагаются только базовые обязанности вроде планировщика и реализации механизмов межпроцессного взаимодействия. Серверы изолированы друг от друга и от ядра, а кроме того, обладают (в большинстве случаев) структурой в виде цикла обработки сообщений. За счёт такой архитектуры микроядерные системы, как правило, более просты и надёжны.

Стоит особо подчеркнуть, что популярная в последнее время практика отнесения ОС к микроядерным на основании только размера ядра является ошибочной. Микроядро – это прежде всего именно архитектура, в которой компоненты самой ОС выполняются в пользовательском режиме и обслуживают запросы приложений через механизмы межпроцессного взаимодействия. Компактный размер самого ядра является побочным эффектом от такой архитектуры, а не критерием отнесения ОС к тому или иному типу.

Отсутствие функционала в ядре, требующего изменений для поддержки нового оборудования или сетевых протоколов, выгодно отличает микроядерную архитектуру от монолитных ядер. По мере исправления ошибок новые ошибки практически не вносятся, так как отсутствует параллельный процесс развития ядра. Это даёт надежду на то, что рано или поздно этот процесс разработки сойдётся к программе, в которой нет эксплуатируемых ошибок.

Микроядерный UNIX

Проблемой, ограничивающей применение микроядерной архитектуры

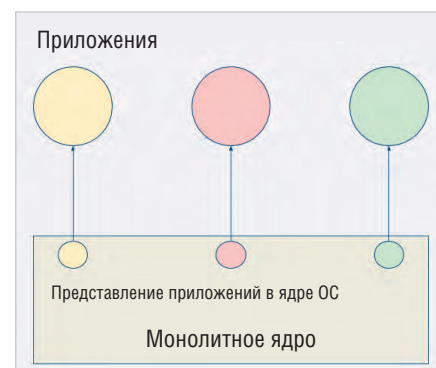


Рис. 2. Информация о состоянии приложений в монолитном ядре

в надёжных системах, является огромное количество унаследованного кода, который использует интерфейсы UNIX (POSIX). Преодолеть эту проблему призваны попытки реализовать UNIX-подобный интерфейс поверх микроядра. Это позволило бы использовать достоинства микроядер с существующей инфраструктурой.

Среди применяемых ОС с такой архитектурой можно упомянуть MINIX, а также операционную систему реального времени (ОСРВ) QNX. Архитектура этих ОС построена вокруг микроядра, которое управляет процессами и их взаимодействием, а все драйверы, стеки протоколов и файловые системы вынесены в пользовательское пространство и могут быть перезапущены во время работы.

К сожалению, попытки реализовать ОС UNIX, которая не была бы монолитной системой, сталкиваются с фундаментальными проблемами, присущими самому UNIX-подобному интерфейсу. Если в монолитных ОС состояние процесса, такое как открытые файлы, сетевые сокеты и прочее находится в некоторых структурах данных внутри ядра (см. рис. 2), то в микроядрах это состояние хранится уже не в одном месте, а в

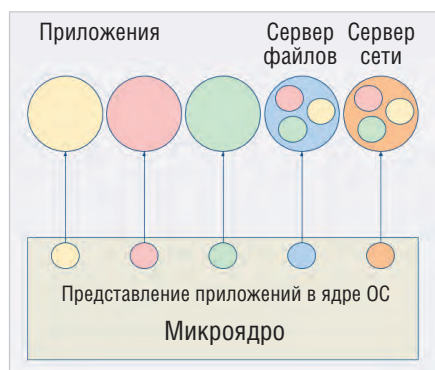


Рис. 3. Информация о состоянии приложений в микроядре

виде множества частей, каждая в своём сервере. Открытые файлы и связанные с ними атрибуты хранятся в сервере, реализующем VFS (Virtual File System), сокеты – в сетевом сервере и так далее (см. рис. 3).

Например, системный вызов `fork`, который является единственным способом создания нового процесса в классическом UNIX, должен создать полную копию выполняемого процесса за исключением некоторых специально оговорённых вещей. То есть новый процесс должен выполнять тот же код, иметь доступ к тем же данным и иметь те же самые открытые файлы.

Помимо очевидных проблем с предсказуемостью: данные потомка должны копироваться из предка при первом обращении к ним, данный системный вызов требует создания полной копии всего состояния. Очевидно, что в случае классического микроядра это требует дублирования состояния процесса в каждом из серверов. Учитывая, что сами серверы работают асинхронно, а к тому же являются ещё и потенциально ненадёжными, реализация такого функционала выливается в серьёзную проблему, тогда как в классических монолитных ОС это делается довольно просто.

СИСТЕМНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Способ, который применяется для решения этой проблемы, заключается в том, что состояние пользовательских процессов хранится в специальном системном процессе, который выполняет роль UNIX-сервера.

В этом случае состояние процессов хранится в одном месте и его относительно просто скопировать. В этом же процессе может храниться дерево файловой системы (которое является глобальным для всех процессов в UNIX) и тому подобное. В QNX роль такого

процесса выполняет Process manager (`procnto`), в задачи которого входит управление процессами, памятью, загрузкой образов исполняемых файлов и поддержка глобального пространства имён [3]. В MINIX также есть аналогичный процесс (Process manager), являющийся, наряду с файловой системой, обязательным системным компонентом [4].

Подобные системы являются более надёжными, нежели традиционные монолитные ядра, хотя бы по той причине, что драйверы устройств являются основным источником ошибок, и они в данных архитектурах полностью изолированы. Тем не менее, побочным эффектом такой архитектуры с системным процессом является также и то, что этот процесс входит в доверенную базу системы наравне с микроядром. Ошибки и уязвимости в этом процессе могут вести к компрометации всей системы. А учитывая, что он содержит практически весь функционал традиционного UNIX, можно предположить, что основной источник ошибок будет содержаться именно в этом критическом процессе. Статистика показывает верность этого предположения [5, 6]. По данным MWR Labs, уязвимости самого микроядра QNX составляют менее 10% всех найденных уязвимостей. Львиная доля ошибок заключена в реализации UNIX-функций вроде `setuid`, загрузчик образов и т.д. Таким образом, даже при наличии полностью корректного микроядра, нельзя делать выводы относительно надёжности систем на его основе.

Что касается различных вариантов верифицированных микроядер L4, то, помимо наличия критических процессов, для упрощения формальной верификации используется подход, при котором ядро является вытесняемым лишь частично, поэтому не может использоваться там, где важна предсказуемость и низкая латентность прерываний.

FX-RTOS

С 2010 года компания Eremex разрабатывает собственную микроядерную ОСРВ FX-RTOS, которая призвана в какой-то степени решить эти проблемы. Подход, предлагаемый FX-RTOS, основан на известном правиле «80/20», которое переформулируется в виде «реализация 80% функционала традиционного UNIX используя 20% кода» плюс отказ от функций, нега-

тивно влияющих на безопасность. Отказ от хранимого в единственном месте глобального состояния приложений позволил реализовать систему без критических процессов. Реализовав приложение или сервер, работающие поверх микроядра и выполняющие некоторую важную функцию, пользователь может быть уверен, что даже в случае аварийного завершения всех прочих процессов, это приложение не только продолжит работать, но и будут соблюдены его требования к работе в реальном времени. Нет необходимости принимать на веру надёжность инфраструктурных компонентов, если они не используются. Более того, в рамках одной системы можно допустить сосуществование «надёжной» и «ненадёжной» инфраструктуры. Например, ответственное приложение может использовать свой собственный выделенный стек UDP/IP (который гораздо проще полноценного TCP/IP), работающий на отдельном аппаратном интерфейсе, тогда как прочие приложения могут использовать стандартный сетевой стек. Таким образом, достигаемый уровень изоляции и независимости приложений сравним с таковым при использовании виртуализации, но при этом реализуемый силами микроядра, без использования гипервизоров и аппаратной поддержки соответствующих технологий.

Особое внимание уделяется также защите от атак, приводящих к отказу в обслуживании. В частности, все ресурсы процесса, которые могут быть выделены статически, выделяются статически на этапе его запуска и впоследствии не изменяются. Тем самым гарантируется наличие этих ресурсов в случае аварийного перезапуска, в отличие от традиционных систем, где выделение ресурсов происходит по запросу и в принципе может закончиться неудачно. Например, для каждого процесса должен быть определён максимальный размер памяти, который ему разрешается использовать. При запуске процесса эта память выделяется сразу, после чего стеки потоков и куча выделяются уже внутри процесса. На это можно возразить, что в разные моменты времени разным процессам может потребоваться вообще вся доступная в системе оперативная память и такой подход слишком ограничивает пользовательские программы. Но, если в системе возможно существование нескольких

процессов, которые находятся на пике своего использования памяти, получается, что о надёжности в такой системе говорить не приходится, поскольку после исчерпания памяти одним из процессов, остальные работать не смогут. Резервирование позволяет гарантировать, что если процесс запустился, то он сможет работать, несмотря на действия всех других процессов, поэтому такую систему в целом проще протестировать.

Привилегии процессов настраиваются во время сборки образа ОС и отсутствует возможность повышения привилегий во время работы. Процесс-драйвер не может обращаться к любым устройствам, а только к тем, работа с которыми разрешена для него, поэтому даже в случае наличия в нём уязвимостей, взять под контроль всю систему невозможно. Подобные принципы распространяются и на другие компоненты ОС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Two DDoS Friendly Bugs Fixed in Linux Kernel. <https://www.bleepingcomputer.com/news/linux/two-ddos-friendly-bugs-fixed-in-linux-kernel/>.
2. Linux Kernel: CVE security vulnerabilities, versions and detailed reports. https://www.cvedetails.com/product/47/Linux-Linux-Kernel.html?vendor_id=33.
3. Process Manager. http://www.qnx.com/developers/docs/6.3.2/neutrino/sys_arch/proc.html.
4. Таненбаум Э. Операционные системы. Разработка и реализация. 3-е издание. СПб.: Питер, 2007.
5. Plaskett A., Geshev G. QNX: 99 Problems but a Microkernel ain't one! <https://labs.mwrinfosecurity.com/assets/BlogFiles/mwri-qnx-troopers-99-problems-but-a-microkernel-aint-one.pdf>.
6. Plaskett Alex. QNX Security Architecture Whitepaper. <https://labs.mwrinfosecurity.com/assets/BlogFiles/mwri-qnx-security-whitepaper-2016-03-14.pdf>.



Магнитоэлектрики MICROMETALS

Применение сердечников Micrometals гарантирует:

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



ProCHIP
POWERED BY PROSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА
(495) 232-2522 • INFO@PROCHIP.RU • WWW.PROCHIP.RU



Реклама

НОВОСТИ МИРА

ASTRALINUX и «КриптоПро» СОВМЕСТИМЫ НА ПРОЦЕССОРАХ «ЭЛЬБРУС» и «БАЙКАЛ»

Компания ASTRALINUX сообщает, что впервые средство электронной подписи «КриптоПро CSP» сертифицировано для применения в российской операционной системе для процессорной архитектуры «Эльбрус» и «Байкал» (MIPS). Компанией «КриптоПро» получены сертификаты соответствия на «КриптоПро CSP 4.0 R4»,

сборка 4.0.9963 (Abel). При этом подтверждена работа данного средства криптографической защиты информации (СКЗИ) в следующих программно-аппаратных средах:

- вариант исполнения 1-Base: в среде ASTRALINUX на процессорных архитектурах x64, «Эльбрус», MIPS;
- вариант исполнения 2-Base: в среде ASTRALINUX на процессорных архитектурах x64, «Эльбрус».

Для работы с системами электронного правительства сотрудникам госорганов и бюджетных учреждений необходимо использовать браузеры, которые поддерживают защищённые https-соединения (TLS) и обеспечивают возможность работы с отечественными сертифицированными средствами формирования и проверки усиленной квалифицированной электронной подписи.

www.astralinux.ru

Разработка широкополосного радиопоглощающего материала на основе карбида кремния и нитрида алюминия

Юрий Непочатов (nuk3d@mail.ru), Антон Бандин (Новосибирск),
Инна Манина (Санкт-Петербург)

В статье рассмотрена конструкция радиопоглощающего элемента в виде слоистой структуры, состоящей из керамических пластин на основе карбида кремния и нитрида алюминия, требуемая для достижения оптимального значения коэффициента радиопоглощения в широком диапазоне частот. В процессе работы исследованы 3 вида слоистых конструкций различной структуры из радиопоглощающих керамических пластин на основе карбида кремния и нитрида алюминия и определены коэффициенты отражения данных слоистых структур в зависимости от количества и расположения слоёв.

ВВЕДЕНИЕ

Многослойные и композитные среды в зависимости от составляющих их материалов и внешних условий могут как отражать и пропускать электромагнитное излучение (ЭМИ), так и поглощать его. Способность таких сред к отражению и поглощению электромагнитных волн (ЭМВ) может быть использована для создания экранирующих и поглощающих материалов, в частности радиопоглощающих материалов (РПМ). Способность к поглощению или пропусканию электромагнитной энергии, в свою очередь, может быть использована для нагрева сред, поглощающих ЭМИ и находящихся за другими слоями, пропускающими ЭМИ. В процессе поглощения среда может нагреваться в результате преобразования электромагнитной энергии в тепловую. РПМ предназначены для уменьшения электромагнитного поля внутри экранируемых объектов до заданного значения, а также для уменьшения интенсивности отражённого СВЧ-сигнала. Характеристики некоторых промышленных поглотителей приведены в [1–5]. Для более эффективного поглощения СВЧ-излучения предпочтительно использовать материалы с высокими значениями мнимых частей диэлектрической и магнитной проницаемостей. Основные свойства таких материалов приведены в [6–11]. При создании слабоотражающих поглотителей могут также потребоваться материалы с малыми значениями диэлектрической и магнитной проницаемостей для согласования импеданса свободного про-

странства и внешнего слоя поглотителя [12]. Материалы с такими свойствами могут быть достаточно легко получены на основе пористых композитов, в которых поглотитель насыщен необходимым количеством микропор [6]. Создание современных РПМ с заданными характеристиками, в частности с малым коэффициентом отражения, возможно только при использовании композитных материалов [5, 13–17].

Все известные РПМ можно классифицировать по различным признакам: используемым материалам, принципу действия, типу конструкции, ширине диапазона рабочих частот электромагнитного излучения. Наибольшее внимание в настоящее время уделяется созданию широкополосных поглотителей. Как правило, к широкополосным относятся поглотители, для которых ширина рабочего диапазона $\Delta\lambda = \lambda_{\text{макс}} - \lambda_{\text{мин}}$ составляет величину порядка $\lambda_0 = (\lambda_{\text{макс}} + \lambda_{\text{мин}})/2$. Методом расчёта широкополосных поглотителей и их разработкам посвящено большое количество работ [18–22]. Предлагаемые решения для коэффициента отражения связывают длину волны, толщину поглотителя и эффективные комплексные диэлектрическую и магнитную проницаемости. Для расширения рабочего диапазона РПМ применяются многослойные, сотовые и ячеистые структуры. В качестве искусственных наполнителей часто используются проводники различной формы [13, 23]. Исследования особенностей прохождения электромагнитных волн через многослойные и композитные структуры,

состоящие из полупроводников, ферромагнетиков и диэлектриков, являются актуальными не только с точки зрения теоретической физики, но и в связи с их применением в микроэлектронике, акустооптике, оптической голографии, рентгеновской дифрактометрии и других областях науки. Существует большое количество современных искусственных материалов, имеющих слоистую или композитную периодическую структуру, изучение свойств и характеристик которых может открыть путь к их практическому использованию в новых приложениях.

Постановка задачи

Широкополосные РПМ можно создавать на основе многослойных покрытий из различных материалов. По принципу действия они, как правило, подразделяются на несколько групп:

- интерференционные – использующие интерференцию падающей и отражённой волн;
- рассеивающие, в которых отражённая волна рассеивается во всех направлениях;
- поглощающие, в которых энергия падающих волн превращается в тепловую за счёт диэлектрических и магнитных потерь материала;
- комбинированные, сочетающие различные принципы действия в одном поглотителе.

При создании подобных РПМ учитываются два основных условия: согласование с внешним пространством, т.е. пренебрежимо малое отражение от внешней поверхности, и полное поглощение энергии волны, прошедшей внутрь покрытия. Наиболее широкополосными являются поглотители с комбинированным принципом действия. Широкий диапазон рабочих частот имеют поглотители из композитов с электропроводящими волокнами. На основе композитных электропроводящих волокон в смеси с ферритами разработаны однослойные радиопоглощающие покрытия [24–26]. Многослойные поглотители с исполь-

зованием ферритов или ферромагнитных материалов имеют очень широкую полосу поглощения при достаточно малом коэффициенте отражения. Например, трёхслойный поглотитель [27] обеспечивает $K < -10$ дБ в диапазоне частот 5...40 ГГц при толщине 2 мм. Данный материал выполнен на основе волокон, наполненных карбонильным железом. Его широкополосность обеспечивается плавным изменением комплексных диэлектрической и магнитной проницаемостей по толщине поглотителя. Если увеличивать число слоёв при соответствующем расширении диапазона, то по своим свойствам многослойные поглотители будут близки к поглотителям градиентного типа, в которых используется постепенное изменение от высокого сопротивления и низкой проводимости свободного пространства на внешней поверхности поглотителя к более низкому сопротивлению и более высокой проводимости на его задней стороне. Данные поглотители могут обладать более широкой полосой при малой величине коэффициента отражения, однако они являются самыми сложными в изготовлении. К числу таких материалов относятся керамические поглотители СВЧ-энергии на основе нитрида алюминия и карбида кремния [28]. Целью данной работы является получение минимального коэффициента отражения в требуемом широком частотном диапазоне при определённых ограничениях на параметры используемых материалов, а также создание экспериментального образца широкополосного радиопоглощающего материала на основе нитрида алюминия и карбида кремния.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАДИОПОГЛОЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МАТЕРИАЛА

Радиопоглощающие свойства образцов оценивались по измерениям коэффициентов поглощения и отражения согласно методике, описанной в ГОСТ Р 50011-92. Коэффициент отражения ЭМВ показывает долю энергии, переизлучённой в направлении источника колебаний. В идеальном случае электромагнитное поле поглощается материалом полностью (см. рис. 1а)

Величина ослабления электромагнитной энергии представляет собой соотношение уровней падающей электромагнитной энергии и энергии в пространстве за образцом (см. рис. 1б).

Показатели отражения электромагнитных волн от границы раздела двух сред и поглощения энергии ЭМВ в объёме материала характеризуют эффективность экранирования ЭМИ.

Исследование экранирующих свойств композиционных материалов осуществлялось в диапазоне 5...20 ГГц с использованием панорамного измерителя коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН) и ослабления, а также волноводного измерительного тракта. КСВН связан с коэффициентом отражения $K_{отр}$ следующим соотношением:

$$КСВН = \frac{1 + K_{отр}}{1 - K_{отр}}$$

Далее описана процедура измерения коэффициента отражения образцов выбранной конструкции панели в диапазоне частот 8...18 ГГц. Изготовленная из исследуемого радиопоглощающего материала квадратная пластина размером 200×200 мм устанавливалась перпендикулярно оси облучающей её рупорной антенны ПБ-12, которая одновременно является и приёмной антенной для отражённой от пластины волны. Расстояние от пластины до антенны плавно изменялось в диапазоне 0,5...0,6 м при помощи специального механического устройства. Излучаемая антенной волна многократно отражается от пластины к антенне и обратно, формируя суммарную энергию волны, принимаемую антенной. Амплитуда СВЧ-сигнала, принятого антенной, составляет:

$$A = \frac{U \times (1 - \rho^2) \times \alpha \times k}{1 - \alpha \times k \times \rho \times \beta \times e^{-j(\varphi - \Delta p - \Delta \varphi)}}$$

где U – амплитуда излучаемого антенной сигнала; ρ – коэффициент отражения волны от антенны (по мощности); α – доля мощности излучаемой антенной волны, падающей на пластину; k – искомый коэффициент отражения пластины (по амплитуде); β – доля мощности отражённой от пластины волны, падающая на антенну; Δp – приращение фазы при отражении волны от антенны; $\varphi = 2\pi \times \frac{2l}{\lambda}$, где l – расстояние от излучателя антенны до пластины, λ – длина волны.

Из приведённого выражения следует, что при плавном изменении расстояния от антенны до пластины на $\lambda/2$ амплитуда принятого сигнала изменяется от

$$A = \frac{U \times (1 - \beta^2) \times \alpha \times k}{1 + \alpha \times \beta \times \rho \times k}$$

до

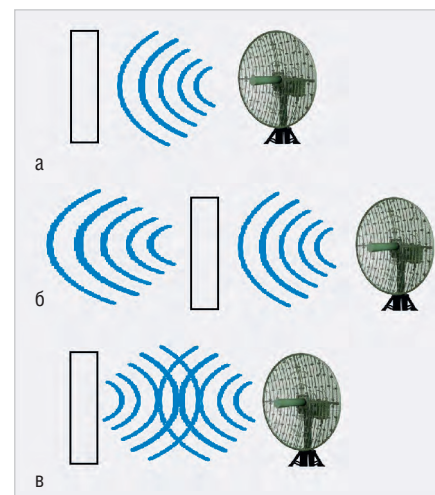


Рис. 1. Схемы поглощения электромагнитных волн материалом: а) полное поглощение; б) неполное поглощение; в) частичное поглощение

$$A = \frac{U \times (1 - \beta^2) \times \alpha \times k}{1 - \alpha \times \beta \times \rho \times k}$$

Измеряемые величины V_{min} и V_{max} , пропорциональные A_{min} и A_{max} соответственно, выражаются соотношениями:

$$V_{max} = M \times \frac{U \times (1 - \beta^2) \times \alpha \times k}{1 - \alpha \times \beta \times \rho \times k}$$

и

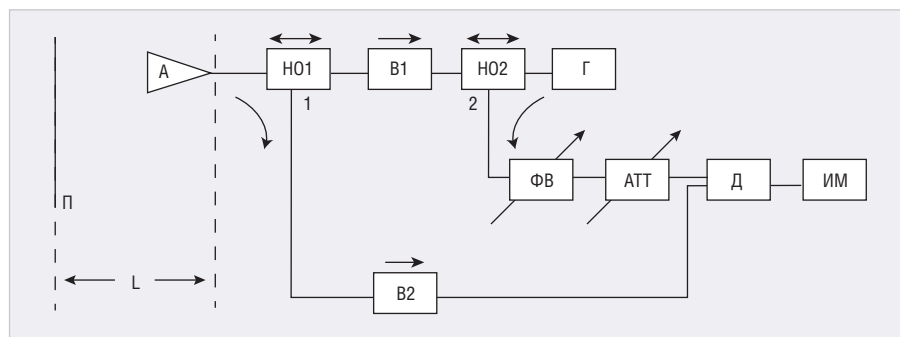
$$V_{min} = M \times \frac{U \times (1 - \beta^2) \times \alpha \times k}{1 - \alpha \times \beta \times \rho \times k}$$

Затем пластина, изготовленная из радиопоглощающего материала, заменялась на пластину с такими же размерами, но сделанную из материала с известным коэффициентом отражения k_0 . Обычно это металлическая пластина, коэффициент отражения которой принимается равным 1. Описанным выше способом для этой пластины можно получить соотношения для $V_{0,min}$ и $V_{0,max}$ (заменяв k на k_0). Уравнения для V_{min} , V_{max} , $V_{0,min}$ и $V_{0,max}$ можно решить относительно k и получить:

$$k = k_0 \times \frac{V_{max} \times \left(1 + \frac{V_{max}}{V_{min}}\right)}{V_{max} \times \left(1 + \frac{V_{0,max}}{V_{0,min}}\right)}$$

По этой формуле производится расчёт коэффициента отражения k .

Схема устройства измерения величин V_{min} , V_{max} , $V_{0,min}$ и $V_{0,max}$ представлена на рисунке 2. Для разделения излучаемого и принимаемого антенной сигналов используются направленные ответвители и вентили. Через выход 1 направленного ответвителя НО1 принимаемый антенной сигнал поступает на измеритель мощности ИМ. В качестве величины V , пропорциональной амплитуде принимаемого сигнала,



Примечание: П – отражающая пластина-образец с РПМ; А – рупорная антенна; НО1, НО2 – ответвители; В1, В2 – вентиля; ФВ – перестраиваемый фазовращатель; АТТ – перестраиваемый аттенуатор; Д – делитель; Г – генератор; ИМ – измеритель мощности

Рис. 2. Схема измерительной установки

Таблица 1. Электромагнитные свойства используемых материалов

Физические свойства	SiC	AlN	(MnO, ZnO)Fe ₂ O ₃	Боросиликатное стекло (SiO ₂ -B ₂ O ₃)
Теплопроводность (Вт/мК) при +25°C	150	160...240	2,8...5,7	–
Диэлектрическая постоянная при +25°C на частоте 1 МГц	40...42	8,8...10,5	8...10	4...10
Тангенс угла диэлектрических потерь на частоте 1 МГц	0,05	0,0005	0,0010	0,0005...0,001
Коэффициент температурного линейного расширения ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) в диапазоне температур +25...+400°C (для кремния – $3,5...4,0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	3,7	4,3...4,6	5...10	4
Магнитная проницаемость	0,999985	1	70...6000	1

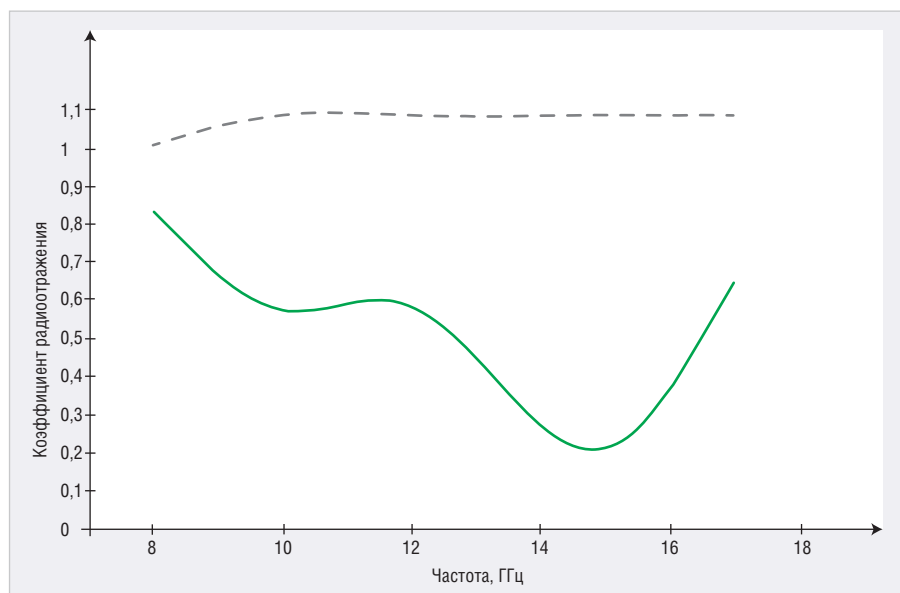


Рис. 3. Результаты измерений коэффициента радиоотражения электромагнитной энергии на сверхвысоких частотах для панелей из карбида кремния (сплошная линия) и нитрида алюминия (пунктирная линия)

принимается величина, равная квадратному корню из измеренного значения мощности.

Для исключения влияния на результаты измерения излучаемого сигнала, который вместе с принимаемым сигналом может проходить на выход 1 направленного ответвителя

НО1, в устройстве имеется компенсационный канал, включающий в себя выход 2 направленного ответвителя НО2, перестраиваемый аттенуатор АТТ и перестраиваемый фазовращатель ФВ. На делителе Д сигналы измерительного и компенсационного каналов суммируются, после чего сигнал поступает на

измеритель мощности ИМ. Компенсация проникающего через измерительный канал сигнала осуществляется при изъятости отражающей пластины путём установки такого затухания и поворота фазы сигнала в компенсационном канале, при котором измеритель ИМ показывает ноль мощности. Результаты измерения коэффициентов отражения стандартных материалов (флана и оргстекла) согласуются с известными опубликованными данными на частоте 1 МГц.

Электромагнитные свойства используемых материалов представлены в таблице 1. В диапазоне сверхвысоких частот они изучены довольно слабо. Показатели радиопоглощения и радиоотражения зависят от толщины слоя структуры материала и диэлектрических и магнитных характеристик. Чем «хуже» структура материала, тем лучше поглощение электромагнитных свойств.

Для расчёта зависимости коэффициента отражения от толщины материала, диэлектрической и магнитной постоянных и тангенса диэлектрических потерь была разработана программа, позволяющая производить моделирование многослойного радиопоглощающего материала, с помощью которой была проведена предварительная оценка поглощающих свойств разрабатываемых конструкций слоистых поглотителей.

С целью экспериментальной проверки расчётных конструкций многослойных поглотителей были изготовлены образцы панелей размером 200×200 мм на металлической подложке с различными компонентными составляющими, которые имели разные толщины, для того чтобы измерить радиоотражающую способность исследуемых материалов. Сначала измерялся коэффициент радиоотражения керамических панелей из 16 плиток карбида кремния, наклеенных на металлическую пластину (размер одной керамической плитки составлял 50×50×9 мм), а затем из 4 плиток нитрида алюминия, наклеенных на металлическую пластину (размер одной плитки – 110×110×0,63 мм). Керамические плитки приклеивались к металлической пластине с помощью двухстороннего скотча.

Измерения проводились на частотах 8, 10, 12, 15 и 17 ГГц. Результаты измерений коэффициента радиоотражения электромагнитной энергии представлены на рисунке 3. Из графика

ков видно, что нитрид алюминия во всём диапазоне сверхвысоких частот от 8 до 17 ГГц обладает высоким коэффициентом радиоотражения, т.е. отражает практически все электромагнитные волны. Карбид кремния отражает электромагнитные волны лишь частично.

После сравнений экспериментальных значений с теоретическими стало ясно, что электромагнитные свойства в диапазоне частот 8...17 ГГц отличны от данных, полученных на частоте 1 МГц. Экспериментальным путём было определено, что значение диэлектрической постоянной для карбида кремния в районе сверхвысоких частот составляет около 12.

Затем были изготовлены многослойные панели, состоящие из двух или трёх слоёв разных толщин. Схемы панелей представлены на рисунке 4. В скобках указана толщина пластин. Результаты измерений коэффициента радиоотражения электромагнитной энергии для многослойных панелей из различных сочетаний материалов представлены на рисунке 5. Как видно из графика, для данных материалов на частотах 8...11 и 13...17 ГГц коэффициент радиоотражения очень мал и составляет 5–10%, а на частоте 11...13 ГГц наблюдается значительное отражение, составляющее 60–70%.

Таким же образом были проведены измерения для панелей, состоящих из последовательных слоёв карбида кремния и нитрида алюминия. Схемы панелей представлены на рисунке 6. Результаты измерений коэффициента радиоотражения электромагнитной энергии на сверхвысоких частотах для данных панелей приведены на рисунке 7. Как видно из графика, на частотах 8...11 и 13...15 ГГц коэффициент радиоотражения составляет 0–10% (менее –20 дБ), т.е. материал на этих частотах отражает 5–10% электромагнитных волн, а на частотах 11...13 и 15...18 ГГц измеренный коэффициент составляет –2 дБ и отражает до 70% электромагнитных волн.

Для перекрытия «провала» на частотах 11...13 ГГц в исследованные многослойные поглотители был введён дополнительный слой, состоящий из органического компонента (эпоксидной смолы) и марганец-цинкового феррита. Важным преимуществом дополнительного слоя является его «широкополосность» и эффективность поглощения излучения в широком диапазоне частот. Марганец-цинковые

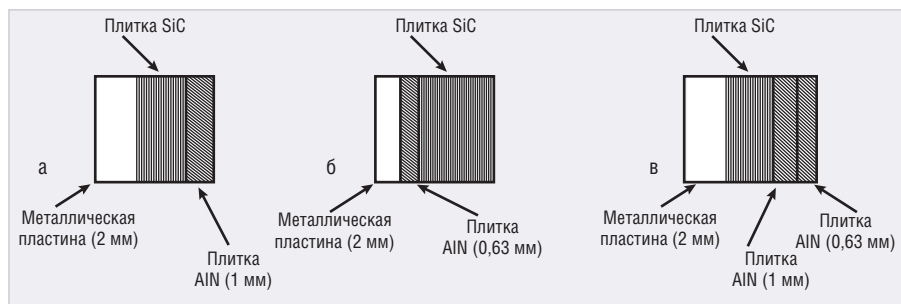


Рис. 4. Схема пластины размерами 200×200 мм, состоящей из различных последовательностей слоёв: а) слоя карбида кремния и слоя нитрида алюминия; б) слоя нитрида алюминия и слоя карбида кремния; в) слоя карбида кремния и двух слоёв нитрида алюминия

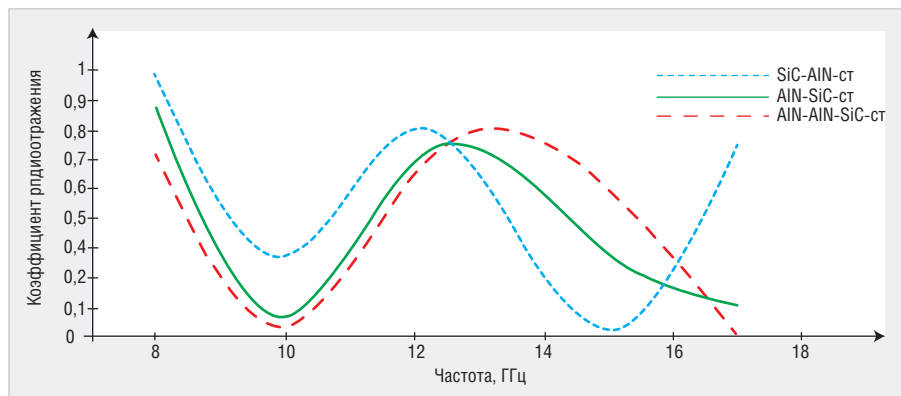


Рис. 5. Результаты измерений коэффициента радиоотражения электромагнитной энергии на сверхвысоких частотах для панелей из различных сочетаний слоёв карбида кремния и нитрида алюминия

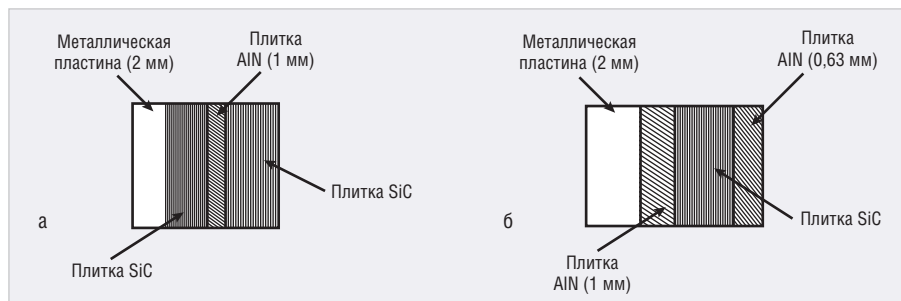


Рис. 6. Схема панелей размерами 200×200 мм, состоящих из: а) двух слоёв карбида кремния с нитридом алюминия; б) двух слоёв нитрида алюминия и одного слоя карбида кремния

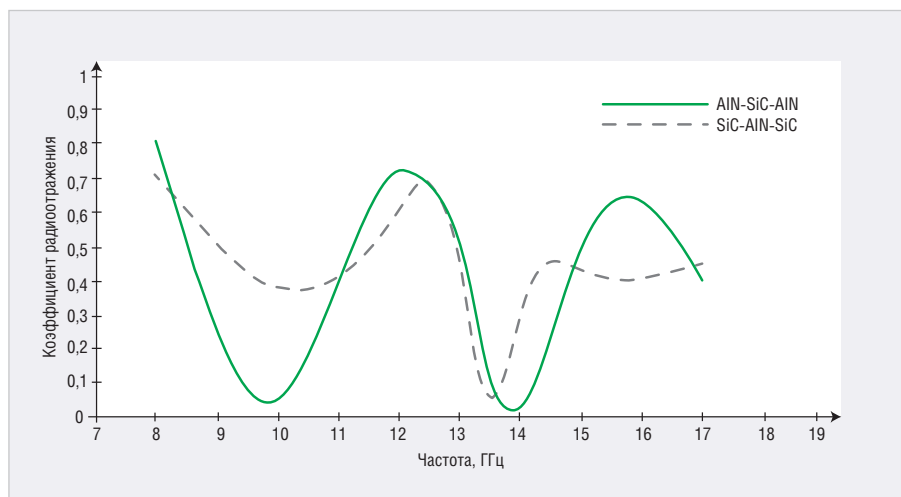


Рис. 7. Результаты измерений коэффициента радиоотражения электромагнитной энергии на сверхвысоких частотах для панелей, состоящих из слоёв карбида кремния и нитрида алюминия

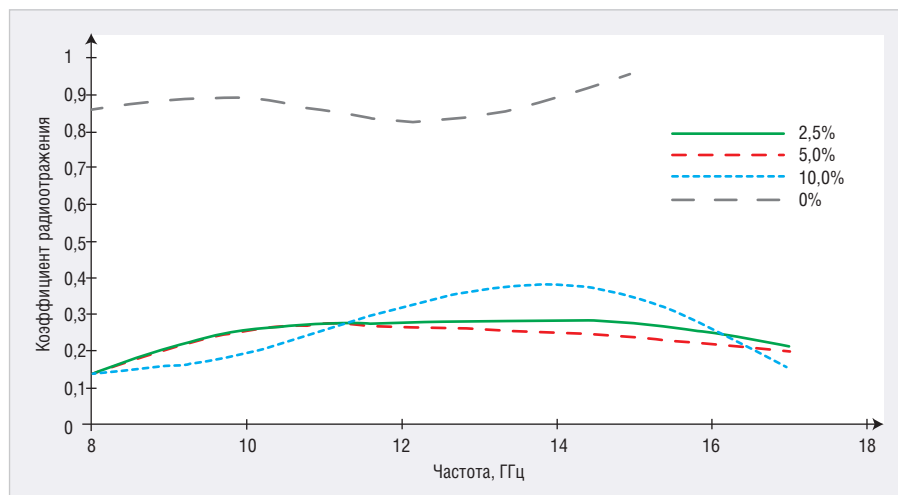


Рис. 8. Результаты измерений коэффициента радиоотражения электромагнитной энергии на сверхвысоких частотах для панелей, состоящих из эпоксидной смолы и из эпоксидной смолы с добавлением марганец-цинкового феррита в объеме 2,5; 5,0 и 10%

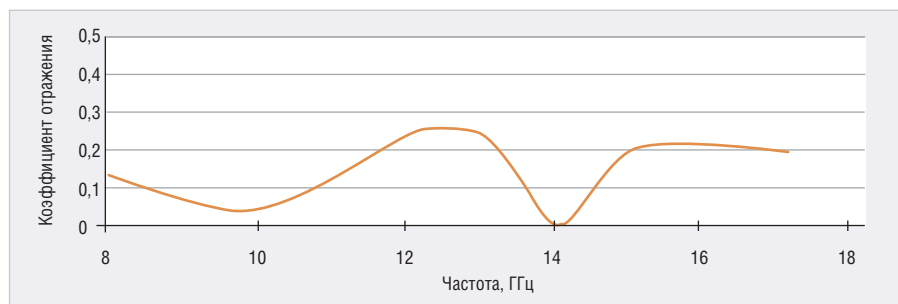


Рис. 10. Коэффициент отражения для панели, состоящей из последовательных слоев AlN, SiC, AlN и эпоксидной смолы с добавлением марганец-цинкового феррита

ферриты характеризуются повышенными значениями магнитной проницаемости, малыми магнитными потерями, повышенными значениями удельного сопротивления и малыми вихревыми токами.

Был изготовлен марганец-цинковый феррит состава: $MnO - 20\%$, $ZnO - 7,6\%$, $Fe_2O_3 - 72,4\%$. Для определения оптимального количества феррита в смолу вводили его добавки в объеме 2,5; 5,0 и 10%. Результаты измерения коэффициента радиоотражения панелей, состоящих из эпоксидной смолы и эпоксидной смолы с марганец-цинковым ферритом, представлены на рисунке 8.

Таким образом, можно сделать вывод, что в диапазоне частот 8...18 ГГц радиопоглощающая плитка с минимальным коэффициентом отражения должна представлять собой слоистую структуру (см. рис. 9), состоящую из слоев керамических материалов на основе SiC, AlN и слоя с добавкой марганец-цинкового феррита объемом 2,5–5%. Расчетное значение коэффициента отражения такой плитки будет составлять 0–20% (см. рис. 10).

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОБРАЗЦА РАДИОПОГЛОЩАЮЩЕГО КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ SiC И AlN В SPS-УСТАНОВКАХ

Получение изделий на основе карбида кремния и нитрида алюминия возможно в установках плазменно-искрового синтеза SPS. Авторами были проведены эксперименты по предварительному спеканию SiC и AlN в вакууме, в результате выполнения которых был изготовлен образец из шихты состава SiC – 50–90%, AlN – 50–10%. Физические свойства образца, полученного в SPS-установке, представлены в таблице 2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения данной работы созданы радиопоглощающие элементы из материалов на основе карбида кремния и нитрида алюминия, обеспечивающие ослабление энергии ЭМВ от 5 до 20 дБ на частотах от 8 до 17 ГГц. Разработанный материал представляет собой слоистый поглотитель, состоящий из последовательных слоев карбида кремния и нитрида алюминия в

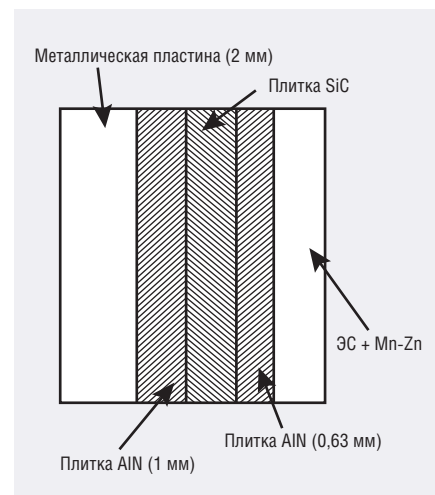


Рис. 9. Конструкция радиопоглощающей плитки с минимальным коэффициентом поглощения

Таблица 2. Показатели материалов SiC и SiC-AlN (в соотношении компонентов 90/10%), полученные в SPS-установке

Показатель	SiC	SiC-AlN
Кажущаяся плотность, г/см ³	3,14	2,92
Водопоглощение, %	0,0287	0,0638
Пористость, %	0,0089	0,1859
Скорость звука, м/с	12541	11325
Модуль упругости, ГПа	429	326

сочетании с марганец-цинковым ферритом. Исследованы радиопоглощающие свойства слоистых элементов с различным сочетанием слоев. Для получения материала, обладающего радиопоглощающими свойствами в широкой полосе частот, разработан состав и изготовлен в SPS-установке при +2000°C образец радиопоглощающего композитного материала на основе карбида кремния и нитрида алюминия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адамовский А.А., Ажажа В.М., Баглюк Г.А. Неорганическое материаловедение. Т.2. – Киев: Наукова думка, 2008. – 171 с.
2. Ковнеристый Ю.К., Лазарева И.Ю., Раванев А.А. Материалы, поглощающие СВЧ-излучение. – М.: Наука, 1982. – 163 с.
3. Миrowsанов О.С., Собенин Н.П. Техника сверхвысоких частот. – М.: Атомиздат, 1980. – 464 с.
4. Побочные колебания в электронных приборах СВЧ / под ред. М.Б. Цейтлина. – М.: Радио и связь, 1984. – 152 с.
5. Шнейдерман А.Я. Радиопоглощающие материалы: обзор. Зарубежная радиоэлектроника. 1965. № 4. С. 115–135.

6. Шнейдерман А.Я. Радиопоглощающие материалы: обзор. Зарубежная радиоэлектроника. 1975. № 2. С. 93–114.
7. Шнейдерман А.Я. Радиопоглощающие материалы: обзор. Зарубежная радиоэлектроника. 1975. № 3. С. 71–93.
8. Фоксвелл Д., Джаксен Д. Подход к обеспечению скрытности: создание малозаметных кораблей. Jane's IDR (International Defense Review). September 1998. Vol. 31. P. 43–45, 47–48.
9. Truker S. Revolution on the surface of sea Jane's NAVY International. July/August 1998. Vol. 103. № 6.
10. Маркин А.В. Безопасность излучений от средств электронно-вычислительной техники: домыслы и реальность. Зарубежная радиоэлектроника. 1989. № 12. С. 102–124.
11. Герасимов В., Владиславский В. Комплексная автоматизация и защита информации. Зарубежная радиоэлектроника. 1975. № 2. С. 49–63.
12. Минин Б.А. СВЧ и безопасность человека. – М.: Советское радио, 1974. – 351 с.
13. Шнейдерман А.Я. Новые радиопоглощающие материалы. Зарубежная радиоэлектроника. 1969. № 6. С. 101–124.
14. Торгованов В.А. Безэховые камеры. Зарубежная радиоэлектроника. 1974. № 12. С. 20–46.
15. Алимин Б.Ф. Современные разработки поглотителей электромагнитных волн и радиопоглощающих материалов. Зарубежная радиоэлектроника. 1989. № 2. С. 75–82.
16. Anechoic R.F. Chamber Test Facilities. – KEENE Corp, 1982. – 154 p.
17. Ковнеристый Ю.К., Лазарева И.Ю., Раваев А.А. Материалы, поглощающие СВЧ-излучения. – М.: Наука, 1982. – 164 с.
18. Келдыш Л.В., Конаев Ю.В. Возможная неустойчивость полуметаллического состояния относительно кулоновского взаимодействия. ФТТ. 1964. Т.6. № 9. С. 2791–2798.
19. Богородицкий Н.П., Пасынков В.В., Тареев Б.М. Электротехнические материалы. – Л.: Энергия, 1977. – 352 с.
20. Тареев Б.М., Короткова Н.В., Петров В.М. и др. Электрорадиоматериалы – М.: Высшая школа, 1976. – 336 с.
21. Рез И.С., Поплавко Ю.М. Диэлектрики. Основные свойства и применение в электронике. – М.: Радио и связь, 1989. – 287 с.
22. Хиттель А.Р. Диэлектрики и их применение. – М., Л.: Энергониздат, 1959. – 336 с.
23. Алимин Б.Ф., Торгованов В.А. Методы расчёта поглотителей электромагнитных волн. Зарубежная радиоэлектроника. 1976. № 3. С. 29
24. Киренский Л.В., Чистяков Н.С. О некоторых возможностях практического использования ферромагнитных плёнок на сверхвысоких частотах. ДАН СССР. 1965. Т. 165. № 1. С. 81–84.
25. Патент DE 1294511, 08.05.69.
26. Патент RU 2122264 C1.
27. Патент USA 4688040.
28. Часнык В.И., Фесенко И.П. Объёмный поглотитель СВЧ-энергии на нитрида алюминия и карбида кремния. Техника и приборы СВЧ. 2008. № 2. С. 45–47. ©

НОВОСТИ МИРА

Три дня совместной работы: ExproElectronica и ElectronTechExpo

С 15 по 17 апреля 2019 года в МВЦ «Крокус Экспо» (Москва) пройдёт 22-я Международная выставка электронных компонентов, модулей и комплектующих ExproElectronica. Одновременно состоится единственная в стране выставка технологий, оборудования и материалов для производства изделий электронной и электротехнической промышленности ElectronTechExpo.

Многолетнее совместное проведение выставок создаёт уникальную базу для взаимодействия профессионалов. Именно здесь ведущие производители и дистрибьюторы представляют разработки и услуги профильным специалистам из большинства регионов России и стран ближнего зарубежья.

Посещение выставки позволяет быстро и эффективно решить максимум профессиональных задач: познакомиться с новинками электроники, сравнить предложения компаний, найти партнёров для бизнеса и заключить контракты, узнать о последних достижениях отрасли на мероприятиях деловой программы.

Выставки посещают руководители и специалисты производственных предприятий в области электронной аппаратуры, электротехнической продукции, приборов и устройств, а также компании-поставщики электронных компонентов, электронного оборудования и материалов.



ExproElectronica – крупнейшая по количеству и самая представительная по составу участников международная выставка данной тематики в России. В 2019 году экспозиция развернётся в двух выставочных залах и займёт 16 490 м². Масштаб события отмечают как посетители, так и участники.

Выставки постоянно развиваются, наращивая заинтересованную аудиторию. В 2018 году участие в них приняла 431 компания из 14 стран мира, из них 122 представили продукцию впервые. В 2019 году к ExproElectronica и ElectronTechExpo присоединились 96 новых компаний. Отмечается, что в последние годы существенно увеличилось количество российских производителей.

Три дня выставку сопровождает насыщенная деловая программа, которая пройдёт на 7 современных площадках и будет включать демонстрацию новинок продукции с участием непосредственных разработчиков. Состоятся

дискуссии по вопросам диверсификации производства и перехода на производство гражданской продукции, семинары по сертификации систем менеджмента качества, сертификации ЭК и электронной продукции, презентации и технические семинары участников выставки.

Каждый год выставки ExproElectronica и ElectronTechExpo становятся важнейшей бизнес-площадкой, где представители отрасли подводят итоги работы, обсуждают перспективы и планы на будущее. Способствуя выполнению стратегической задачи по развитию отечественной гражданской электронной промышленности на период 2013–2025 годов, поставленной на высшем уровне, такие деловые события становятся центром притяжения всего передового в отрасли.

Выставки организует группа компаний ITE, один из лидеров на российском рынке выставочных услуг.

www.expoelectronica.ru

Применение ПТК-терморезисторов

Юки Фуджи, Юмин Сайго (Murata Japan)

Терморезисторы с положительным температурным коэффициентом (ПТК) находят широкое применение в промышленных системах автоматизации. В статье рассматриваются основные преимущества керамических ПТК-терморезисторов и особенности их применения.

В большинстве стран с производственной экономикой набирает популярность концепция «умного производства». Для ускорения процессов автоматизации и повышения эффективности работы предприятий многие европейские страны перенимают опыт Германии по переходу к принципам Индустрии 4.0. Производители видят экономические выгоды в более гибкой организации производства, поэтому потребность в промышленном оборудовании для автоматизации произ-

водства значительно возросла. Однако необходимо учитывать тот факт, что вместе с увеличением количества проводных соединений между контроллером и датчиками повышается вероятность их неправильного подключения. Это может привести к чрезмерно высоким пусковым токам и, как следствие, повреждению оборудования.

Задачи защиты электрооборудования от перегрузок, включая электродвигатели, ПЛК-контроллеры, датчики и силовые приводы, обычно возлага-

ются на терморезистор или компоненты с положительным температурным коэффициентом. Современные ПТК-терморезисторы имеют функцию сброса для восстановления нормальной работы после устранения неисправности и обеспечивают высокую надёжность работы. В будущем надёжность ПТК-терморезисторов станет ещё более важной, поскольку ожидается рост частоты возникновения аномальных скачков по току. В этой статье будут рассмотрены особенности применения керамического терморезистора с ПТК для автоматизации производства.

В таблице приведены некоторые виды используемых устройств защиты и указаны их преимущества и недостатки. ПТК-терморезисторы увеличивают сопротивление экспоненциально по мере нагрева проходящим через них током. ПТК-терморезистор работает аналогично предохранителю – в нормальном режиме работы сопротивление устройства остаётся постоянным. При броске пускового тока, проходящий ток увеличивает температуру устройства, что, в свою очередь, вызывает экспоненциальное увеличение его сопротивления. При увеличении сопротивления сила тока существенно падает, и питающая линия остаётся неповреждённой (см. рис. 1).

На рынке можно найти ПТК-терморезисторы, изготовленные из полимера или керамики. При выборе ПТК-терморезистора следует учитывать ряд факторов, включая изменение характеристик ПТК при пайке оплавлением, надёжность и используемую конструкцию.

Из двух материалов полимер наиболее подвержен изменению ПТК-сопротивления при нагреве. Во время выполнения двух операций пайки оплавлением возможно изменение сопротивления от 100 до 190%. Полимерные резисторы имеют очень большую погрешность величины номинального сопротивления. Керамика, напротив, имеет более стабильные характеристики. Типичное изменение сопротивления во время двух операций пайки оплавлением составляет примерно от –1 до 0,5%, что делает их применение предпочтительным. Кроме того, керамический ПТК-терморезистор надёжнее, чем полимерный аналог. На

Некоторые виды используемых устройств защиты, их преимущества и недостатки

	Керамический ПТК-терморезистор	Токочувствительный резистор + ASIC	Полимерный ПТК-терморезистор	Предохранитель
Схема				
Преимущества	- Функция сброса - Высокая надёжность - Малые габариты - Отсутствие токочувствительных ИС	- Функция сброса - Малые допуски по сопротивлению	- Функция сброса - Отсутствие токочувствительных ИС - Работа при токах больше 1 А	- Низкая цена - Малые габариты - Отсутствие токочувствительных ИС
Недостатки	Ограничение по току 1 А	- Большие габариты резистора - Необходимость в токочувствительных ИС - Риск теплового пробоя резистора	- Значительное изменение сопротивления при монтаже и тестировании - Большие габариты	- Отсутствие функции сброса - Расплавление при температуре выше +900°C

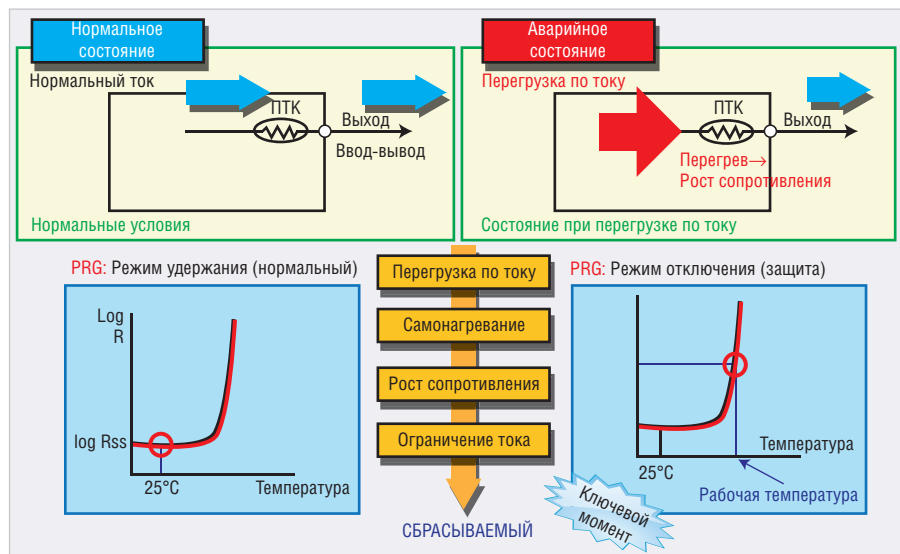


Рис. 1. Работа ПТК-терморезистора в качестве защиты от перегрузки по току

100 дБ — это не игрушки

Murata
INNOVATOR IN ELECTRONICS

Миниатюрные пьезоизлучатели Murata
для поверхностного монтажа.

Звуковое давление до 100 dB

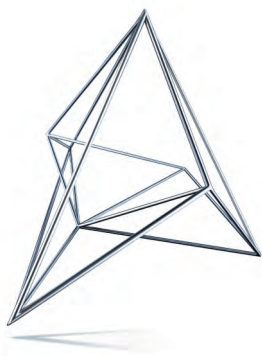
Самый громкий звук среди всех пьезоизлучателей для поверхностного монтажа, представленных на рынке
Типичное звуковое давление: 100 дБ (2 кГц, прямоугольный сигнал +12 В (о-р), 10 см).

Размеры
9,0 × 9,0 × 1,7 мм
12,0 × 12,0 × 3,0 мм
18,0 × 18,0 × 8,0 мм.

Лёгкие (не более 1 г), не генерируют электромагнитных помех
Имеют простую структуру без магнитных либо индуктивных элементов, что обеспечивает низкий уровень паразитного электромагнитного излучения и минимальный вес компонента.

Малая потребляемая мощность
Не превышает десятой части мощности, потребляемой электромагнитными излучателями.

Широкий диапазон рабочих температур
-40...+105°C.



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. 403
Тел.: +375 17 336-06-06
minsk@symmetron.ru

www.symmetron.ru

Реклама

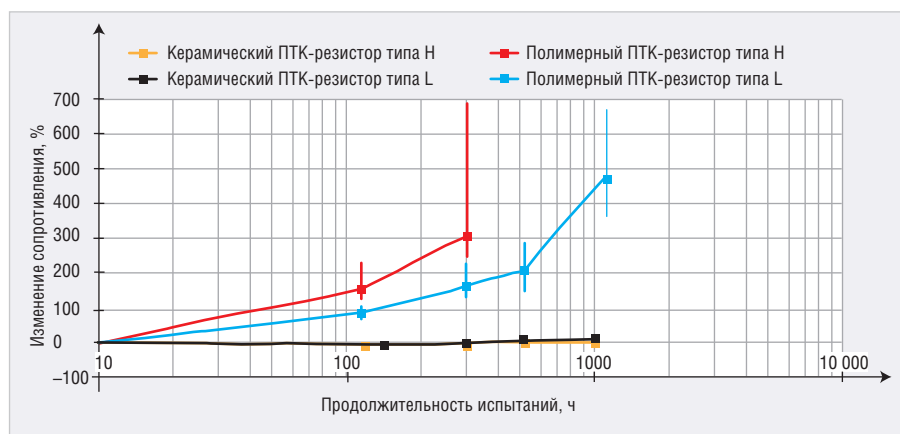


Рис. 2. Коэффициент изменения сопротивления при пульсирующей нагрузке

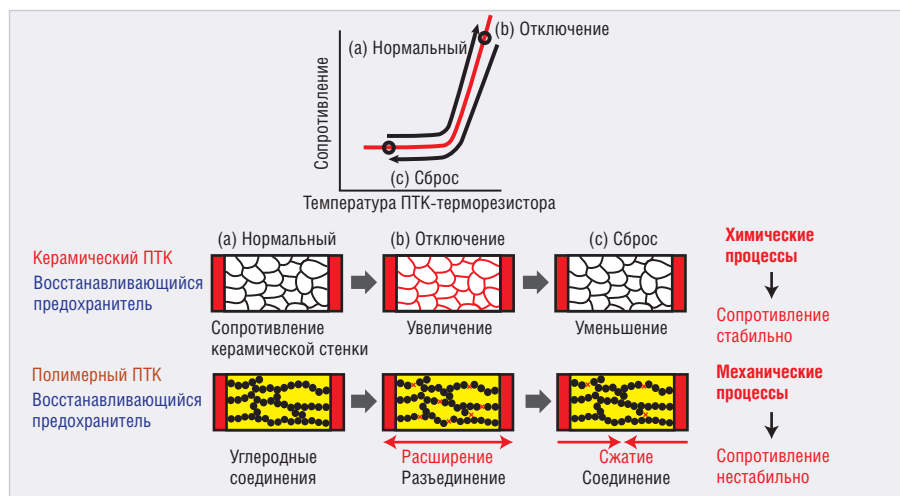


Рис. 3. Конструкция полимерного и керамического ПТК-терморезисторов

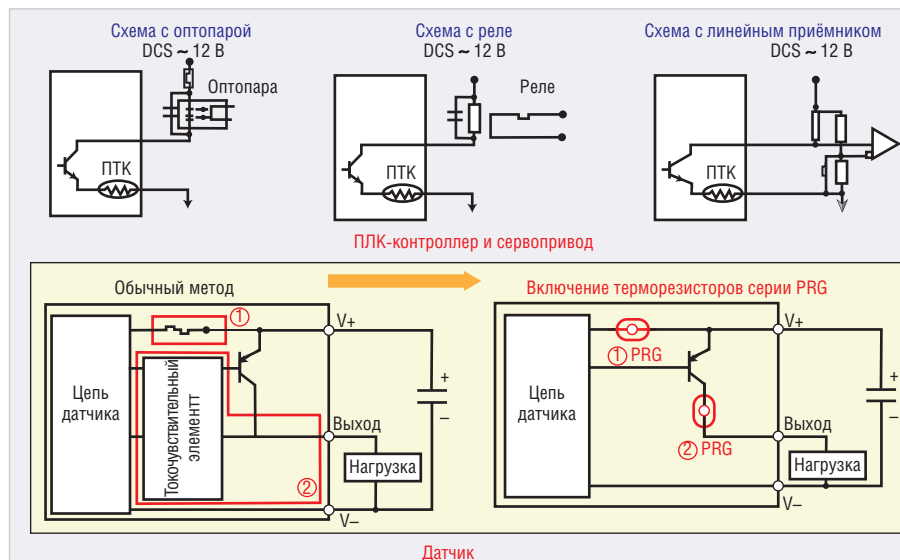


Рис. 4. Примеры использования керамического ПТК-терморезистора

на рисунке 2 показаны результаты испытаний терморезисторов с пульсирующей нагрузкой при комнатной температуре.

Другое существенное различие между двумя типами ПТК-терморезисторов заключается в изменении характеристик резистора из-за продолжительной ненормальной нагрузки. Сопротивле-

ние полимерного ПТК-терморезистора может увеличиться более чем на 100%, если условие перегрузки сохраняется в течение более 100 ч. После такого режима работы полимерный ПТК-терморезистор может функционировать неправильно из-за увеличенного значения сопротивления среды. Керами-

ка является более стабильным материалом, и в аналогичных условиях сопротивление практически не изменяется.

На рисунке 3 показаны конструкция керамических и полимерных ПТК-терморезисторов и зависимость сопротивления от температуры. Несмотря на сходные характеристики, принципы работы этих резисторов различаются. Керамический ПТК-терморезистор меняет свои характеристики из-за химического воздействия, вызванного изменениями удельного сопротивления керамической стенки. В состоянии отключения, когда сопротивление увеличивается экспоненциально, вместе с ростом температуры значительно увеличивается сопротивление керамической стенки. По мере уменьшения тока и снижения температуры сопротивление керамического элемента возвращается к нормальному состоянию без явлений гистерезиса.

Исследования поведения полимерного ПТК-терморезистора показали, что изменение удельного сопротивления зависит от механических свойств материала. Терморезистор состоит из полимерной смолы и углеродной цепи. При увеличении температуры ПТК-терморезистор слегка расширяется, что приводит к разрыву углеродных цепей и увеличению общего сопротивления. По мере снижения тока и температуры смола сжимается, и углеродная цепь снова соединяется. Однако не все углеродные цепи восстанавливают соединение, что приводит к появлению некоторого гистерезиса у ПТК-терморезистора. Поэтому характеристики такого терморезистора при длительной эксплуатации могут быть нестабильными.

На рисунке 4 показано несколько вариантов использования керамических ПТК-терморезисторов в промышленных системах автоматизации, например в ПЛК-контроллерах, сервоприводах и датчиках. Как было показано ранее, керамические ПТК-терморезисторы гораздо надёжнее и обеспечивают более высокие результаты в ходе всего цикла изготовления и развёртывания промышленных систем автоматизации.

В качестве примера рекомендованных керамических ПТК-терморезисторов можно привести серию Murata PRG. Модель PTC PRG21BC3R3MM1RK имеет типичное номинальное сопротивление 3,3 Ом, максимальное напряжение 30 В, ток удержания 180 мА при +25°C и диапазон рабочих температур от -40 до +85°C.



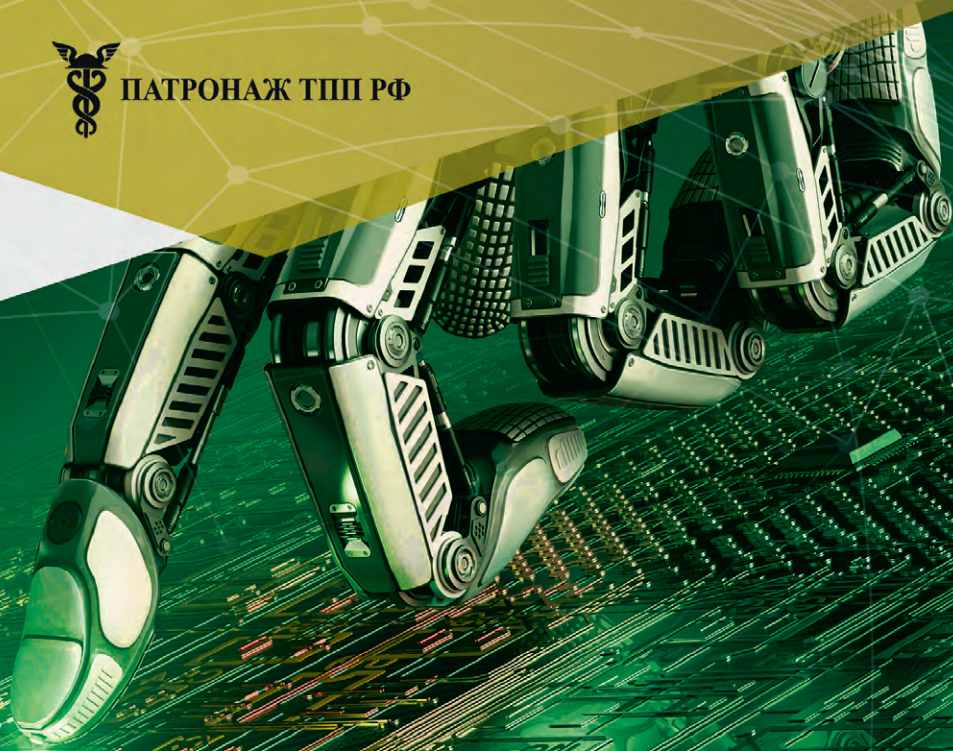


ПАТРОНАЖ ТПП РФ

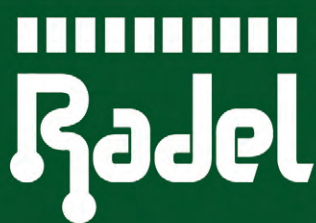
17-19

СЕНТЯБРЯ 2019

КВЦ «ЭКСПОФОРУМ»



powered by
productronica



XIX МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА РАДИОЭЛЕКТРОНИКА & ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

- ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ И КОМПЛЕКТУЮЩИЕ
- ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ И ДРУГИЕ НОСИТЕЛИ СХЕМ
- СВЕТОДИОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
- РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ
- РОБОТОТЕХНИКА
- КОНСТРУКТИВЫ
- МАТЕРИАЛЫ
- ТЕХНОЛОГИИ
- ПРОМЫШЛЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТЫ
- КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ОРГАНИЗАТОР МЕЖДУНАРОДНОГО ПАВИЛЬОНА:



ООО «Мессе Мюнхен Рус»

Messe München

Реклама

ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ:



FarEXPO **FE**[®]

PROFESSIONAL EXHIBITION & CONGRESS ORGANIZER

radelexpo.ru

(812) 777-04-07



Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32.

Преобразователь аналоговых сигналов управления в цифровые

Олег Вальпа (sandh@narod.ru)

В статье описан преобразователь аналоговых сигналов управления от 0 до 10 В в цифровые с широтно-импульсной модуляцией на основе 32-разрядного ARM-микроконтроллера серии STM32 от компании STMicroelectronics и приведены примеры программ, обеспечивающих работу устройства.

ВВЕДЕНИЕ

Довольно часто в современных системах автоматического управления возникает необходимость использования различных типов интерфейсов. Для одних исполнительных устройств, например, необходим управляющий аналоговый сигнал от 0 до 10 В или токовый выход от 0 до 20 мА, для других – сигнал с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). В управляющем устройстве количество интерфейсов ограничено, что

может приводить к нехватке того или иного их типа. Одним из решений данной проблемы является преобразователь интерфейсов управления. Назначение описанного в статье преобразователя заключается в получении управляющего интерфейса ШИМ из аналогового интерфейса с сигналами от 0 до 10 В.

Аппаратная часть

Преобразователь выполнен на недорогом микроконтроллере STM32 [1]. Для повышения функциональности устройство сделано 4-канальным, т.е. позволяет одновременно преобразовывать 4 входных аналоговых сигнала от 0 до 10 В в выходные сигналы ШИМ. Устройство построено на отладочной плате STM32VLDISCOVERY [2], имеющей в своем составе микроконтроллер STM32F100RBT6B в 64-выводном корпусе LQFP с 128 Кбайт флэш-

памяти и 8 Кбайт оперативной памяти. Кроме того, на плате имеются встроенный программатор с отладчиком по интерфейсу USB, несколько светодиодов и пользовательская кнопка. Большинство выводов микроконтроллера подключены к штырьковым соединителям по периметру платы и имеют маркировку. Внешний вид отладочной платы приведен на рисунке 1.

Для построения преобразователя интерфейсов воспользуемся встроенным в микроконтроллер аналого-цифровым преобразователем и широтно-импульсным модулятором. Благодаря многоканальности этих блоков можно реализовать несколько преобразователей интерфейсов с помощью одного микроконтроллера.

Поскольку микроконтроллер питается от 3,3 В, его 12-разрядный аналого-цифровой преобразователь имеет ограничение входного сигнала по амплитуде 3,3 В. В связи с этим входные сигналы с амплитудой от 0 до 10 В необходимо подключать к входам АЦП микроконтроллера через резистивные делители или переменные резисторы. Можно дополнительно подключить к входам АЦП кера-

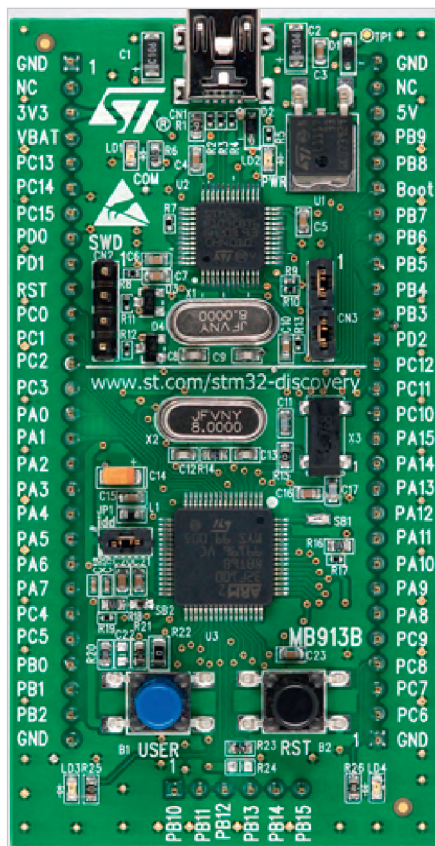
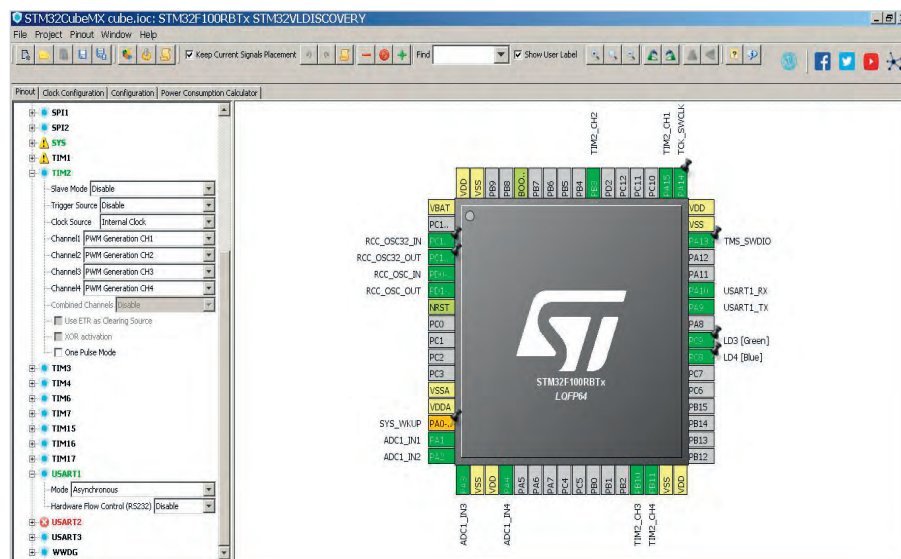


Рис. 1. Внешний вид отладочной платы STM32VLDISCOVERY



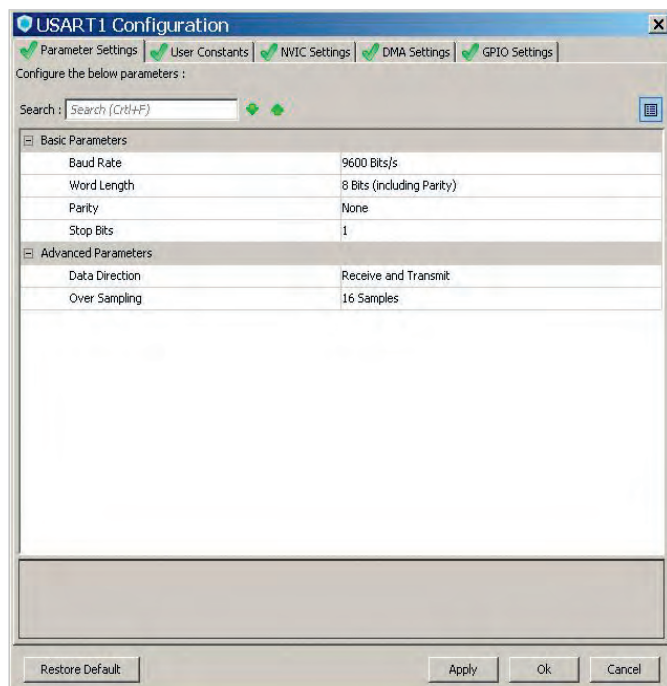


Рис. 3. Окно USART1 генератора кода STM32CubeMX

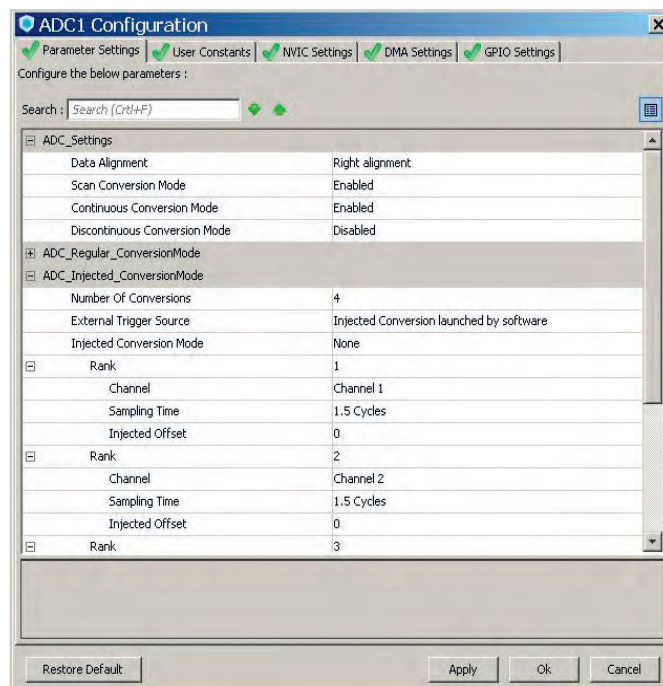


Рис. 4. Окно ADC1 генератора кода STM32CubeMX

мические конденсаторы ёмкостью от 0,1 до 1 мкФ для фильтрации помех. Делители осуществляют преобразование напряжения входных сигналов в напряжение рабочего диапазона АЦП микроконтроллера от 0 до 3,3 В. Нормированные и отфильтрованные сигналы поступают на входы АЦП микроконтроллера. С помощью внутренней программы микроконтроллер будет последовательно опрашивать входы АЦП и преобразовывать их цифровые значения в параметры скважности сигналов ШИМ, формируемых внутренними таймерами микроконтроллера. Выходные сигналы ШИМ необходимо подключить через ограничительные резисторы номиналом 1 кОм к базе выходных транзисторов, работающих в режиме ключей. Таким образом, при изменении аналоговых сигналов на входах преобразователя на его выходах будут формироваться сигналы ШИМ в виде открытого или закрытого состояния транзисторов.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Для назначения входных и выходных сигналов отладочной платы STM32VLDISCOVERY использовался свободно распространяемый графический генератор кода STM32CubeMX от компании STMicroelectronics [2]. После установки и запуска данного программного обеспечения необходимо создать новый проект и выбрать во вкладке *Board Selector* отладочную

плату STM32VLDISCOVERY. При этом генератор кода отобразит на экране монитора внешний вид микроконтроллера отладочной платы с подключёнными к нему интерфейсами отладчика, светодиодами и другими цепями.

Подключение необходимых блоков для преобразователя интерфейсов осуществляется во вкладке *Pinout*. Входы АЦП подключаются с помощью установки галочек в полях *IN1...IN4* раздела *ADC Peripherals*. Выходы ШИМ подключаются путём выбора режимов *PWM Generator CH1...CH4* в полях *Channel1...Channel4* раздела *TIM2 Peripherals*. Кроме того, можно подключить в асинхронном режиме последовательный интерфейс в поле *USART1 Peripherals*. Это позволит использовать его в дальнейшем для отладки программы и настройки каналов преобразования интерфейсов. В результате вышеуказанных действий генератор кода STM32CubeMX автоматически распределит подключённые интерфейсы по портам микроконтроллера, как показано на рисунке 2.

После этого необходимо задать режимы работы подключённых интерфейсов и некоторые их параметры. Для этого следует во вкладке *Configuration* генератора кода STM32CubeMX раскрыть нужный блок. Для блока интерфейса USART1 необходимо установить скорость обмена 9600 бод, длину слова 8 бит, отсутствие паритета и 1 стоп-бит (см. рис. 3).

Для блока интерфейса ADC1 необходимо установить 4 инжекторных преобразователя Rank1...Rank4 и назначить для них каналы Cannel1... Cannel4 (см. рис. 4).

Для блока TIM2 требуется задать период 4096, соответствующий 12-разрядному АЦП, и разрешить автоматическую перезагрузку таймера (см. рис. 5).

Теперь необходимо сгенерировать код программы. Для этого следует выбрать в меню *Project* пункт *Generate Code*, затем в открывшемся окне указать среду разработки Keil MDK-ARM V4 [3] и ввести имя проекта. После генерации кода в каталоге проекта будет автоматически создан раздел *MDK-ARM* и *Src* с файлами программы и библиотек, после чего генератор предложит открыть полученный проект в среде разработки Keil MDK-ARM V4.

В данном случае все дальнейшие операции будут связаны только с одним сформированным файлом проекта *main.c*, который является главным модулем и уже содержит все необходимые функции и настройки программы. Этот файл необходимо дополнить строками программы, описывающими алгоритм функционирования преобразователя. Места для строк программы пользователя выделены в файле *main.c* специальным образом с помощью строк `/* USER CODE BEGIN ...*/` и `/* USER CODE END ...*/`.

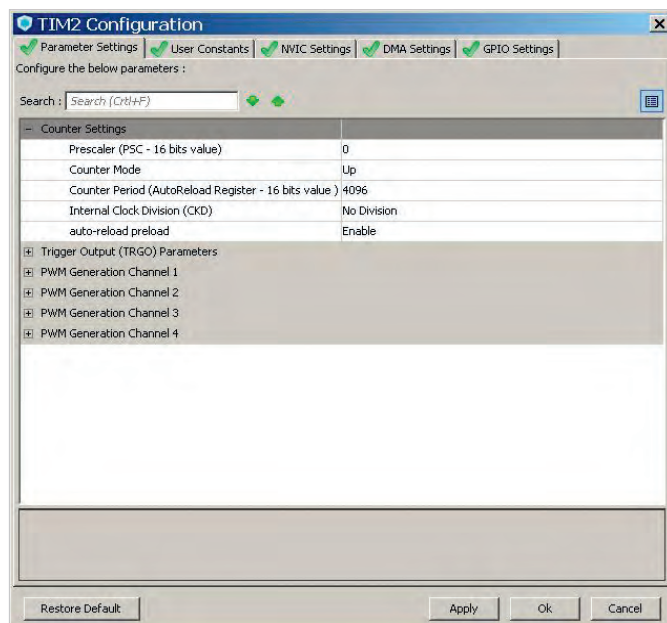


Рис. 5. Окно TIM2 генератора кода STM32CubeMX

Листинг 3

```

/* USER CODE BEGIN 3 */
HAL_ADCEx_InjectedStart(&hadc1); // Пуск инжекторных каналов АЦП
HAL_ADCEx_InjectedPollForConversion(&hadc1, 100); // Ожидание преобразования АЦП
HAL_ADCEx_InjectedStop(&hadc1); // Останов инжекторных каналов АЦП
// Чтение данных АЦП в буфер
ai[0]=ADC1->JDR1; // Канал 1
ai[1]=ADC1->JDR2; // Канал 2
ai[2]=ADC1->JDR3; // Канал 3
ai[3]=ADC1->JDR4; // Канал 4
// Управление скважностью каналов ШИМ
TIM2->CCR1= ai[0]; // ШИМ1
TIM2->CCR2=ai[1]; // ШИМ2
TIM2->CCR3=ai[2]; // ШИМ3
TIM2->CCR4=ai[3]; // ШИМ4
HAL_Delay(100); // Задержка в мс
HAL_GPIO_TogglePin(GPIOC, GPIO_PIN_9); // Переключение зелёного светодиода
if(HAL_GPIO_ReadPin(GPIOA, GPIO_PIN_0)) // Если нажата кнопка пользователя
{ // Передать данные АЦП через порт USART1
sprintf(str,"AI1=%d AI2=%d AI3=%d AI4=%d%c%c",ai[0],ai[1],ai[2],ai[3],'\n','r');
i=0;
while(str[i]!=0) {HAL_UART_Transmit(&huart1, &str[i], 1, 1); i++;}
}
}
/* USER CODE END 3 */

```

Сначала необходимо объявить новые переменные, которые будут использоваться в программе, как показано в листинге 1. Затем вводятся строки программы, выполняемые один раз при включении устройства (см. листинг 2). Они позволяют вывести строку названия проекта через порт UART1, включить два светодиода и запустить каналы ШИМ.

В листинге 3 приведены строки, которые выполняются в бесконечном цикле. Эта часть программы позволяет осуществить преобразование входных сигналов с помощью АЦП, сохранить полученные данные в буфере, загрузить их в каналы ШИМ и передать через последовательный порт USART1 при нажатии пользова-

тельской кнопки. Помимо этого, производится регулярное переключение зелёного светодиода, позволяющее визуально контролировать работу преобразователя. В бесконечном цикле также формируется задержка в 100 мс для удобства наблюдения за процессом преобразования. Эту задержку можно изменять в широком диапазоне в зависимости от условий задачи или вовсе исключить.

Написанную программу необходимо оттранслировать с помощью среды разработки Keil и загрузить в отладочную плату. Сразу после загрузки программа начнёт работать и преобразовывать аналоговые сигналы, поступающие по четырём входным каналам АЦП, в четыре выходных

Листинг 1

```

/* USER CODE BEGIN 1 */
uint32_t i; // Переменная циклов
uint32_t ai[4]; // Буфер данных АЦП
uint8_t str[80]={ '4','x','A','I','-','>','4','x','P','W','M',' ','v','1','.', '0','\n','\r','0'}; // Буфер строки вывода
/* USER CODE END 1 */

```

Листинг 2

```

/* USER CODE BEGIN 2 */
// Вывести строку названия проекта через порт UART1
i=0;
while(str[i]!=0) {HAL_UART_Transmit(&huart1, &str[i], 1, 1); i++;}
HAL_GPIO_WritePin(GPIOC, GPIO_PIN_8, GPIO_PIN_SET);
// Включить синий светодиод
HAL_GPIO_WritePin(GPIOC, GPIO_PIN_9, GPIO_PIN_SET);
// Включить зелёный светодиод
// Пуск ШИМ каналов
HAL_TIM_PWM_Start(&htim2, TIM_CHANNEL_1); // Пуск ШИМ1 таймера 2
HAL_TIM_PWM_Start(&htim2, TIM_CHANNEL_2); // Пуск ШИМ2 таймера 2
HAL_TIM_PWM_Start(&htim2, TIM_CHANNEL_3); // Пуск ШИМ3 таймера 2
HAL_TIM_PWM_Start(&htim2, TIM_CHANNEL_4); // Пуск ШИМ4 таймера 2
/* USER CODE END 2 */

```

канала ШИМ. Индикатором нормальной работы будет служить мигающий зелёный светодиод. Кроме того, можно визуально контролировать результат преобразования по всем каналам с помощью терминальной программы при подключении персонального компьютера к отладочной плате через порт USART1 и нажатии пользовательской кнопки.

При необходимости можно изменить временные параметры цифровых сигналов ШИМ с помощью перестройки блока синхронизации в генераторе кода STM32CubeMX с последующим формированием нового кода программы. При повторном формировании файлов проекта введённые в программу строки кода сохранятся, поскольку они расположены в защищённых участках между строками `/* USER CODE BEGIN ... */` и `/* USER CODE END ... */`.

Если потребуются преобразовывать аналоговые сигналы с другим диапазоном напряжений, это легко сделать, изменив значения входных резистивных делителей сигналов.

Таким образом, широко распространённую отладочную плату STM32VLDISCOVERY можно превратить в 4-канальный преобразователь сигналов управления для систем автоматики.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.st.com
2. <http://www.st.com/en/evaluation-tools/stm32vldiscovery.html>
3. www.keil.com





**TESTING
DAYS**
MOSCOW

Тематическая выставка –
форум систем и технологий
для автомобильных и авиационных
испытаний и тестирования

Одновременно с
Control Days.Moscow



МОСКВА
Экспоцентр

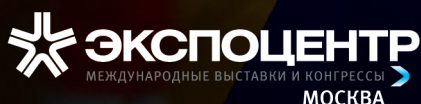
2-4
апреля
2019

Акустика Ударные стенды
Пробоподготовка Аэродинамика
Мультиметры Телеметрия
Многоканальные измерительные системы
Анализаторы сигналов ЭМС
Испытания космических средств выведения
Испытательное моделирование
Испытания авиационных систем
Климатические испытания
Сенсорная измерительная аппаратура
Испытания автомобилей Виброиспытания
Моделирование ЛА Летные испытания
Механические испытания



При поддержке:

Реклама



#testingdays_moscow

+7 (495) 78-601-78
www.testingdays.moscow

Анализ сигналов в манчестерском и NRZ-коде с произвольными параметрами при помощи осциллографов серии RTE компании R&S

Часть 2

Николай Лемешко (nlem83@mail.ru),
Павел Струнин (Pavel.Strunin@rohde-schwarz.com)

Во второй части статьи приводятся примеры, демонстрирующие возможности поиска ошибок и других нарушений в пользовательских протоколах при анализе сигналов манчестерского и NRZ-кодирования с произвольными параметрами.

ПРИМЕРЫ ДЕКОДИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ В МАНЧЕСТЕРСКОМ И NRZ-КОДЕ

Характеристика объекта исследований

Для демонстрации возможностей опции R&S RTE-K50 был разработан пользовательский протокол передачи данных, в лексикон которого входят машинные слова (МС) пяти типов. Он может быть использован для получения информации от сети датчиков, например измеряющих температуру или давление в некоторой системе. Протокол допускает передачу информации с 64 датчиков (шестиразрядная адресация), сеть может иметь произвольную структуру.

Структура и состав машинных слов пояснены в таблице. Все машинные слова включают стартовую (*Start*) и завершающую (*Stop*) последовательности, поле адреса датчика (*Adr*), контрольную сумму (*CS*). В поле *CS* должна быть установлена единица, если во всех полях, кроме *Start* и *Stop*, передаётся нечётное количество единиц. Слово *COM* содержит поля ожидания (*PP*) и команды (*Command*), в слове *DATA0* имеется 8-разрядное поле *Data* для передачи измеренного датчиком оцифрованного значения. В словах *DATA*, *ERROR1*, *NODATA*, *UNCOM* имеется поле признака *PR*, которое наряду со стартовой последовательностью слу-

жит для определения одного из 4 возможных ответов датчика контроллеру. Тип МС и, соответственно, его источник идентифицируются по виду стартовой последовательности и признаку ответа. Битовые последовательности всех полей передаются старшим битом вперёд.

Скорость передачи данных составляет 1 Мбит/с, битовый интервал равен 1 мкс. Для исключения коллизий передача МС датчиками осуществляется строго по запросам контроллера, формируемым по мере необходимости с интервалом не менее 34 мкс, включающим интервалы 10 и 24 мкс на обработку команды датчиком и на передачу машинного слова *DATA* с наибольшей длительностью (24 бита) вместе со стартовой и завершающей последовательностями. Высокий и низкий уровни сигналов приняты равными +3 и -3 В. В период бездействия сигнал в NRZ-коде имел низкий уровень, а сигнал в манчестерском коде – нулевой уровень.

Структура машинных слов пользовательского протокола передачи данных

Машинное слово	Наименование поля	Количество бит	Шаблон поля для NRZ-кода	Шаблон поля для манчестерского кода
COM (запрос передачи информации с датчика; формирует контроллер)	Start	4	1010	HLHL
	Adr	6	—	—
	PP	2	11	00
	Command	4	—	—
	CS	1	—	—
DATA0 (передача данных на контроллер; формирует датчик)	Stop	3	001	LLH
	Start	4	1001	HLLH
	Adr	6	—	—
	PR	2	00	11
	Data	8	—	—
ERROR1 (в слове COM обнаружена ошибка контрольной суммы; формирует датчик)	CS	1	—	—
	Stop	3	001	LLH
	Start	4	1001	HLLH
	Adr	6	—	—
	PR	2	01	10
NODATA (датчик занят / данные не готовы для передачи; формирует датчик)	CS	1	—	—
	Stop	3	001	LLH
	Start	4	1001	HLLH
	Adr	6	—	—
	PR	2	10	01
UNCOM (команда неизвестна; формирует датчик)	CS	1	—	—
	Stop	3	001	LLH
	Start	4	1001	HLLH
	Adr	6	—	—
	PR	2	11	00
	CS	1	—	—
	Stop	3	001	LLH

Примечание: при описании МС в NRZ-коде четверичные символы H и L трактуются как 1 и 0 соответственно.

Измерительная установка

В состав измерительной установки (см. рис. 3) входил осциллограф R&S RTE-1054 с полосой рабочих частот до 500 МГц, 4 каналами и установленной программной опции

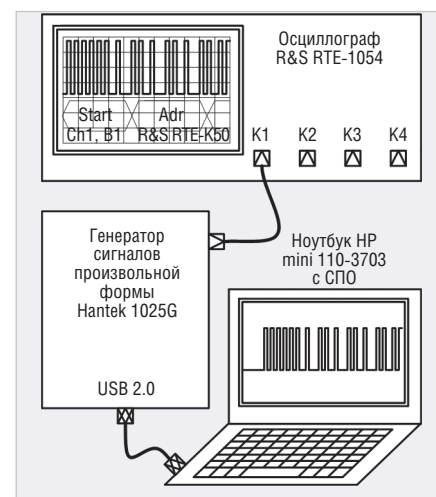


Рис. 3. Схема измерительной установки



Рис. 4. Результаты построения спектра на основе быстрого преобразования Фурье: а) для NRZ-кода; б) для манчестерского кода

ей R&S RTE-K50. Машинные слова в соответствии с изложенными принципами кодирования формировались при помощи генератора Hantek 1025G, работавшего под управлением ноутбука HP Mini 110-3703. Для формирования битовых последовательностей требуемой структуры, а также пауз между ними были подготовлены специальные файлы в формате *.csv, данные из которых при помощи специального программного обеспечения (СПО) загружались в память генератора через интерфейс USB 2.0, одновременно использовавшийся для питания генератора.

Генератор формировал сигналы на основе цифроаналогового преобразования со скоростью 2 млн символов/с. При этом битовому интервалу соответствовало 2 символа для обеспечения выбранной символьной скорости. Высокий и низкий уровни напряжения были выбраны равными 3 и –3 В соответственно.

Построение спектра сигналов

Построение спектра сигналов в манчестерском и NRZ-коде в случае достаточной скорости захвата может использоваться при поиске сигнальных аномалий и установлении причин их появления. По спектрограмме может быть выполнена приближённая оценка битовой скорости, которая, однако, может осуществляться только при постоянстве её значения, а также определено наличие резонансных процессов в линиях передачи. Оценка необходимой полосы частот важна при высокой битовой скорости (выше 10 Мбит/с), т.к. для широкополосных сигналов начинают проявляться дис-

персионные явления и потери, препятствующие сохранению их целостности и ограничивающие дальность их передачи.

При построении спектра использовалось MC COM. Результаты, полученные с использованием встроенной опции быстрого преобразования Фурье, показаны на рисунке 4. Необходимая для передачи сигнала полоса частот, которая может быть определена по первому нулю спектрограммы, составляет для манчестерского и NRZ-кода 2 и 1 МГц соответственно при скорости 1 Мбит/с. На спектрограммах видно отсутствие посторонних спектральных составляющих, не характерных для цифрового сигнала, что свидетельствует об их высоком качестве. Если бы в радиочастотном кабеле наблюдались резонансы, то на спектре имелись бы собственные узкополосным сигналам пики, а на осциллограмме был виден высокочастотный затухающий колебательный процесс. С учётом рабочей полосы современных осциллографов спектрограммы можно строить и для гигабитных скоростей передачи, причём никакие опции, кроме встроенной функции быстрого преобразования Фурье, для этого не нужны.

Настройка опции R&S RTE-K50 для декодирования MC пользовательского протокола

Данная настройка включает в себя два этапа. На первом задаются характеристики сигналов на физическом уровне: тип кодирования, пороговые значения, определяющие высокий и низкий уровни сигналов, битовую скорость, наличие инвертирования в сигнале и т.д. Практика показала целе-

сообразность автоматического определения пороговых уровней, которые для сигналов данного вида равны $\pm 2,5$ В. На втором этапе настройки последовательно была задана структура каждого MC в соответствии с описанием [1], что необходимо для поиска машинных слов конкретного вида в битовых последовательностях, причём было установлено, что значения полей *Adr*, *Data* и *Command* отображаются в шестнадцатеричном формате. Интервал бездействия был задан равным 10 мкс, для манчестерского кодирования была установлена синхронизация по второму фронту в MC.

Настройки опции строго соответствовали приведённому ранее описанию протоколов. Представленные далее результаты получены после настройки опции и загрузки необходимого шаблона описания полей машинных слов, соответствующего данным таблицы.

Декодирование машинного слова COM при периодическом его повторении

Для демонстрации выделения и декодирования MC, а также проверки правильности настроек опции рассмотрим ситуацию, когда контроллер запрашивает данные одного и того же датчика с периодом повторения 1 мс и не получает ответа. Результаты измерений представлены на рисунке 5. В таблице на рисунке 5а приведено содержание всех полей в составе одного из захваченных MC с указанием их значений. Важно подчеркнуть, что одновременно может быть захвачено и декодировано несколько MC разных типов, что облегчает провер-

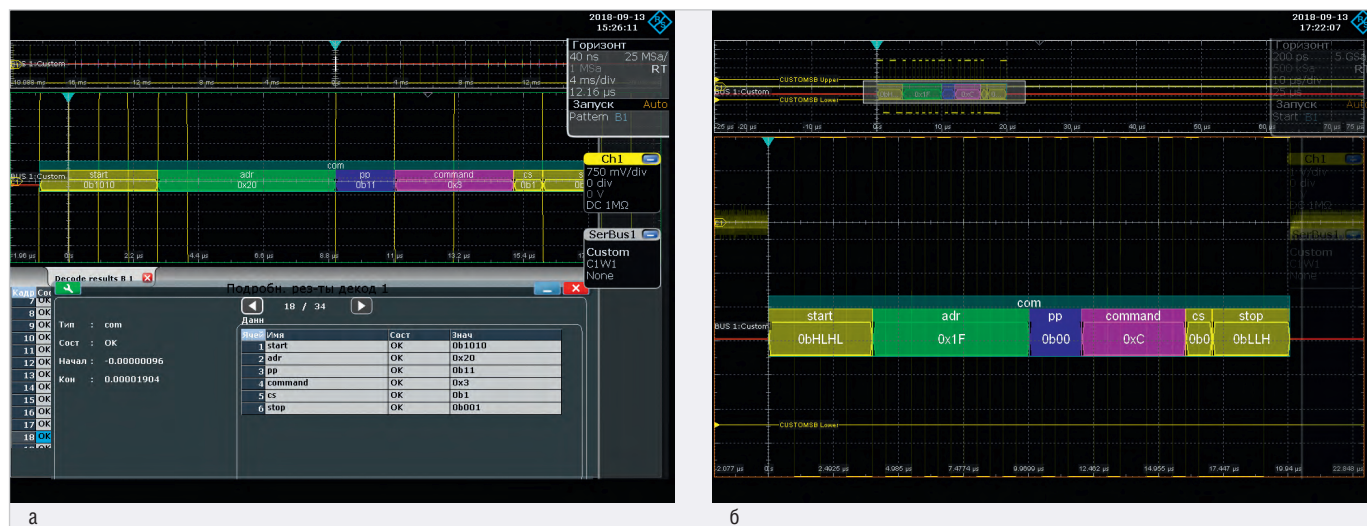


Рис. 5. Результаты декодирования машинного слова **COM**: а) при NRZ-кодировании; б) при манчестерском кодировании

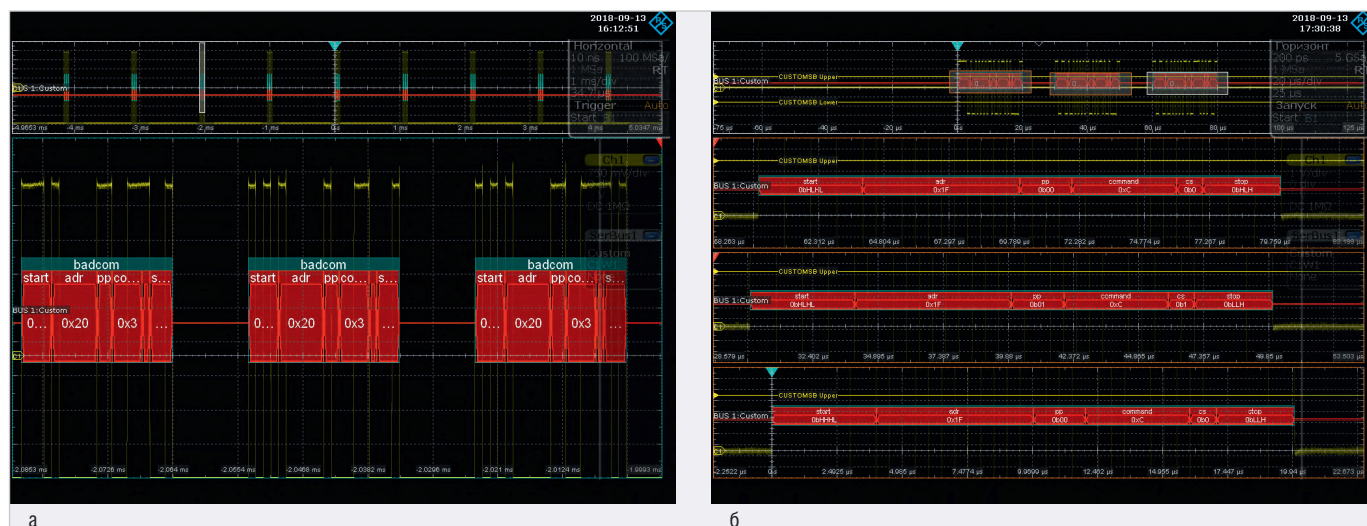


Рис. 6. Результаты декодирования последовательности из трёх **MC COM** с ошибками в полях **Start**, **PP** и **Stop**: а) для NRZ-кодирования; б) для манчестерского кодирования

ку алгоритмов, заложенных в пользовательские протоколы.

На основе результатов измерений поля **Adr** и **Command** в слове **COM** имеют значения 0x20 и 0x3 соответственно в первом случае, и 0xFF и 0xC – во втором. Значения остальных полей указываются последовательностью бит либо четверичными символами.

Декодирование машинных слов **COM** с ошибками в полях **Start**, **PP** и **Stop**

Как следует из таблицы 1, по содержанию названных полей опция R&S RTE-K50, а также датчик в составе рассматриваемой сети идентифицируют MC типа **COM**. Если хотя бы одно из полей будет содержать ошибку, то в этом случае MC не будет воспринято датчиком, хотя в общем случае это зависит от алгоритма обработки битовых последовательностей. Для поис-

ка таких ошибок созданное описание MC для обоих типов кодирования было дополнено машинным словом **badcom**, которое охватывает все MC, не соответствующие по структуре, но имеющие такую же длину, как **COM**.

Для отработки поиска MC с ошибочными идентификационными полями использовалась последовательность, состоящая из 3 машинных слов **COM**, разделённых интервалом в 10 мкс. В первом MC была допущена ошибка в поле **Start**, во втором – в поле **PP**, в третьем – в поле **Stop**. Результаты декодирования приведены на рисунке 6. В результате анализа установлено, что структура MC соответствует типу **COM**, а содержание идентификационных полей ошибочно, и поэтому эти MC отнесены к типу **badcom**.

На рисунках 6а и 6б показаны различные способы отображения данных о содержащейся в полях информации.

При необходимости детального рассмотрения декодирование каждого MC может быть выполнено на отдельном экране, что обеспечивает читаемость информации во всех полях. Кроме того, удобно использовать табличное отображение результатов декодирования, продемонстрированное на рисунке 5а.

Диалог между контроллером и датчиком

Диалог между контроллером и датчиком включает два типа MC: **COM** и **DATA0**. При выполнении измерений они были разделены интервалом 10 мкс. Результаты декодирования представлены на рисунке 7. В обоих случаях все пакеты декодируются правильно. Для NRZ-кода поля **Adr**, **Command** и **Data** имеют значения 0x20, 0x3, 0xAA соответственно, для манчестерского кодирования – 0x1F, 0xC, 0x55. Интервал бездействия пока-

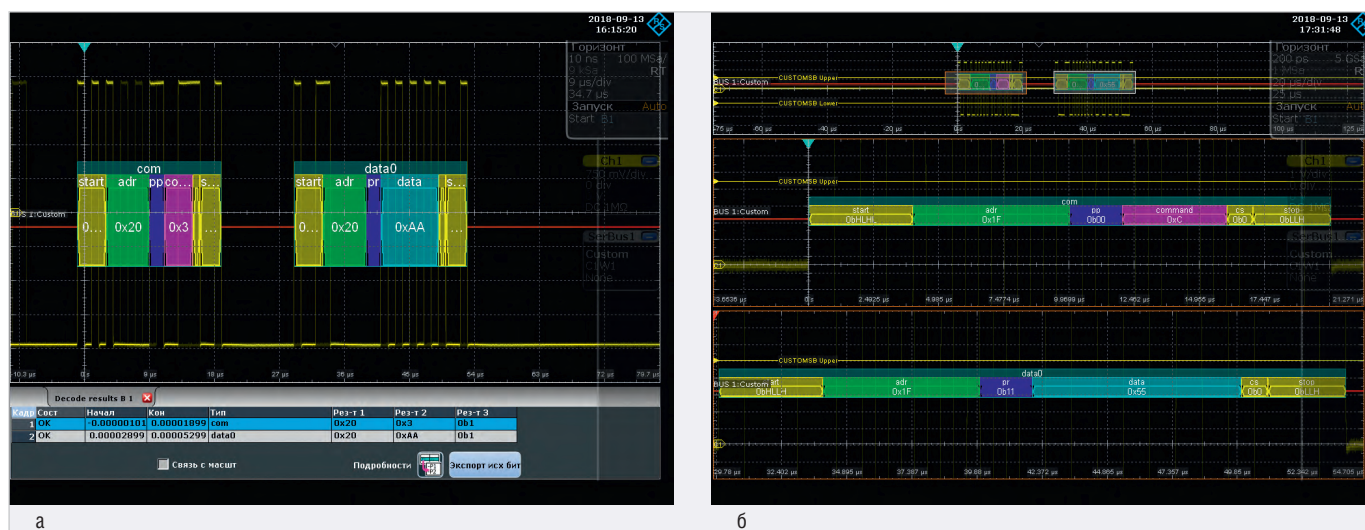


Рис. 7. Результаты декодирования MC запроса *COM* и передачи данных *DATA0*: а) для NRZ-кодирования; б) для манчестерского кодирования

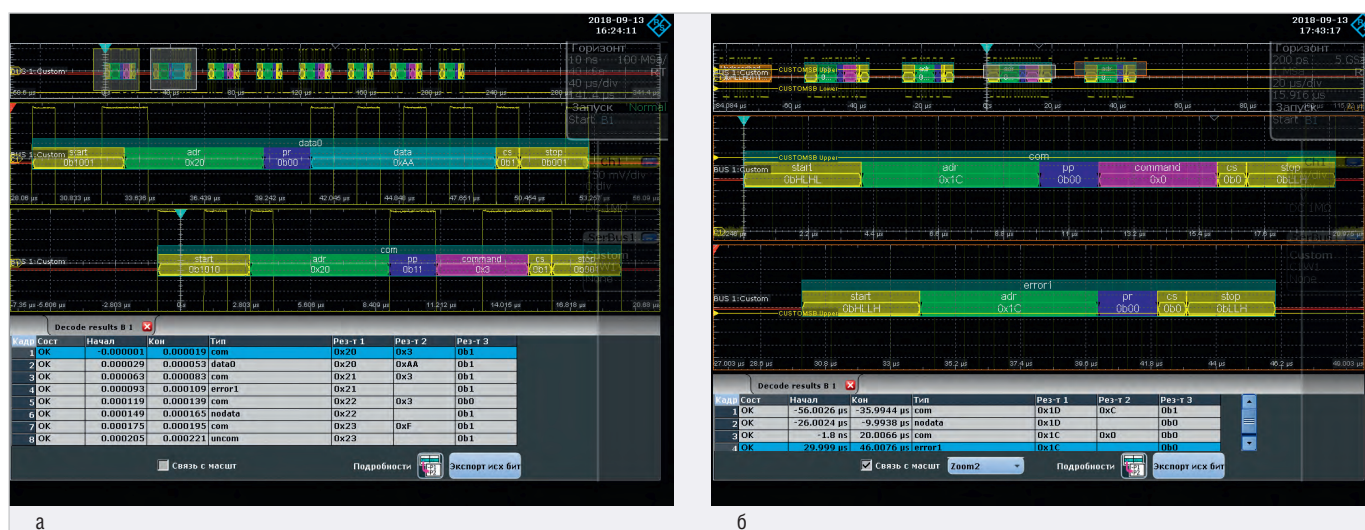


Рис. 8. Результаты декодирования последовательности запросов контроллера и ответов датчиков для пользовательского протокола: а) в NRZ-коде; б) в манчестерском коде

зан как отсутствие передачи битовых последовательностей.

Опрос четырёх датчиков

В реальной сети контроллер опрашивает по адресам все датчики, которые могут отвечать собственными им MC, входящими в лексикон пользовательского протокола. При помощи генератора была сформирована последовательность из 8 MC (*COM* – *DATA0* – *COM* – *ERROR1* – *COM* – *NODATA* – *COM* – *UNCOM*), следующих с интервалом 10 мкс, парных по адресации и имитирующих все возможные ответы датчиков, а также необходимые нарушения в полях MC, например ошибку контрольной суммы.

Результаты декодирования показаны на рисунке 8. Последовательности из MC разного типа удобно анализировать с применением табличного отображения результатов декодирования,

причём у каждого типа MC могут быть указаны разные имена полей, для которых отображается информация. В данном случае для всех типов MC опция определяет содержание полей *Adr* и *CS*, для MC *COM* и *DATA0* – полей *Command* и *Data*. Полученные значения отображены в трёх правых столбцах таблицы, также содержащей информацию о времени начала и окончания MC, что часто необходимо для отладки пользовательских протоколов и реализующего их программного обеспечения.

Поиск и анализ неизвестной битовой последовательности

При отладке пользовательских протоколов часто встречаются ситуации, когда MC имеют ошибки, исключаяющие их декодирование, например если MC не соответствует ни одному из заданных типов по содержанию иден-

тифицирующих полей или по количеству бит.

Если в лексикон опции R&S RTE-K50 не включено некоторое MC, то оно не может быть сопоставлено с заданными MC по количеству бит и содержанию идентификационных полей, но опция выделит неизвестную битовую последовательность при помощи функции Undescribed Bits. Это продемонстрировано на рисунке 9. В данном случае один из датчиков отвечает на запрос контроллера MC *DATA0*, в котором утеряны 8 бит поля *Data*. После обнаружения «неучтённых» бит они отображаются в двоичном исчислении для NRZ-кода или в виде четверичных символов для манчестерского кода. Анализируя содержание таких последовательностей, можно определить и причины их появления, а затем – устранить программные ошибки.



Рис. 9. Результаты декодирования машинного слова *COM* и слова, отсутствующего в лексиконе опции R&S RTE-K50: а) для NRZ-кода; б) для манчестерского кода



Рис. 10. Результат декодирования MC DATA0 (1 Мбит/с) в NRZ-коде при заданном значении скорости приёма: а) 929 Кбит/с; б) 928 Кбит/с

Случай несовпадения кодовых скоростей

Во многих практически значимых случаях пакетная передача данных в цифровом виде осуществляется в асинхронном режиме, когда начало передачи не привязано к конкретной временной сетке, а битовая скорость может плавно изменяться даже в пределах одного МС. В пользовательских протоколах такая ситуация вряд ли возможна, поскольку связана со значительным усложнением алгоритма передачи информации. Одной из возможных проблем является несовпадение скоростей передачи и приёма, и её целесообразно рассмотреть подробнее.

Предположим, что передатчик и приёмник цифрового сигнала настроены на разные скорости v_{out} и v_{in} , соответствующие битовым интервалам $\tau_{out} = 1/v_{out}$ и $\tau_{in} = 1/v_{in}$. Будем считать, что после окончания интервала вре-

мени бездействия приёмник синхронизируется в середине временного интервала τ_{in} первого бита с истинной длительностью τ_{out} . Соответственно, смещение точки синхронизации при передаче первого бита составит $0,5|\tau_{in} - \tau_{out}|$. Такие смещения будут наблюдаться при передаче каждого бита. Если пакет достаточно длинный, то по мере смещения точки синхронизации возникнет ситуация, когда в некотором битовом интервале окажутся две точки синхронизации, что приведёт к битовой ошибке. Поскольку точка синхронизации, как ожидается, расположена в середине битового интервала, то предельное количество бит N_{max} , которое может быть передано в машинном слове без возникновения ошибки в отсутствие дополнительных мер по обеспечению синхронизации, определяется выражением:

$$N_{max} = \left\lfloor \frac{\tau_{out}}{\tau_{out} - \tau_{in}} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{v_{in}}{v_{in} - v_{out}} \right\rfloor, \quad (1)$$

где функция $\left\lfloor \cdot \right\rfloor$ отбрасывает целую часть аргумента и округляет его в меньшую сторону. Формула (1) позволяет рассчитать минимальное число бит, которое будет передано в МС при несовпадении битовых скоростей. Речь идёт именно о минимальном значении, поскольку в алгоритмах работы как средств измерений, так и приёмников цифровых сигналов могут применяться дополнительные меры по правильному определению битовых интервалов.

Опция R&S RTE-K50 позволяет правильно декодировать МС большей длины, чем рассчитанная по формуле (1). Согласно (1), при $v_{out} = 965$ Кбит/с и $v_{in} = 1000$ Кбит/с МС DATA0 должно декодироваться без ошибок и их появление возможно при меньшей скоро-

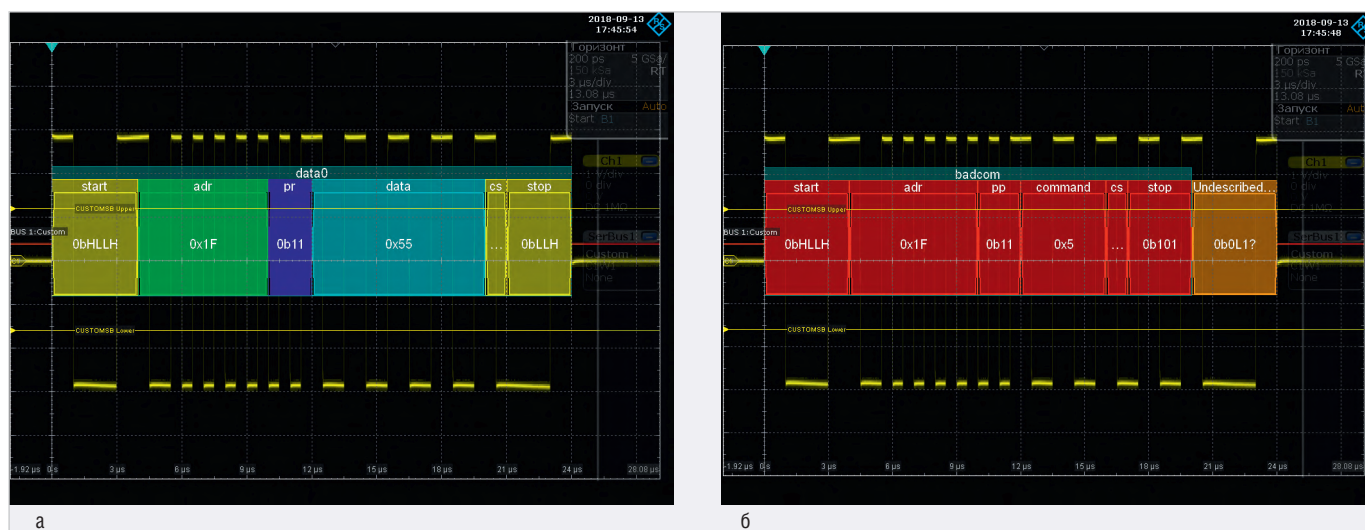


Рис. 11. Результат декодирования MC DATA (1 Мбит/с) в манчестерском коде при заданном значении скорости приёма: а) 901 Кбит/с; б) 900 Кбит/с

сти. Экспериментально были получены существенно большие допустимые значения отклонения битовых скоростей (см. рис. 10 и 11). Для NRZ-кода правильное декодирование осуществляется при битовой скорости приёма до 929 Кбит/с (см. рис. 10а), а при более низкой скорости опция декодирует пакет DATA0 с ошибками, первая из которых появляется в поле PP. Результатом недопустимо большого расхождения в значениях битовых скоростей является неправильная идентификация типа MC с появлением «лишних» бит (см. рис. 10б). Аналогичные результаты были получены и для манчестерского кодирования, но правильное декодирование сохраняется до значения битовой скорости 901 Кбит/с.

Представленные примеры охватывают все важные для практики аспекты отладки пользовательских протоколов. Как видно из полученных результатов, опция R&S RTE-K50 позволяет

проводить анализ MC с высоким уровнем автоматизации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Декодирование цифровых сигналов в манчестерском и NRZ-коде, имеющих пользовательские (нестандартизированные) характеристики, должно осуществляться с использованием программных опций, в значительной степени упрощающих отладку цифровых устройств. Непериодический характер таких сигналов диктует потребность в особых условиях запуска развёртки для захвата и обработки битовых последовательностей, а уникальный лексикон пользовательских протоколов обуславливает необходимость тщательного его описания для поиска MC конкретного типа.

Функциональные возможности опции R&S RTE-K50 охватывают, как было продемонстрировано, типовые задачи, возникающие при отладке цифровых устройств с пользовательскими

протоколами. Однако этим её возможности не ограничиваются. Если протокол сложен и обмен данными идёт между многими устройствами по единой шине, как это было в рассмотренном примере, а лексикон включает десятки типов MC, то такая ситуация усложнит поиск необходимого MC в захваченной их совокупности. Для решения подобных проблем у опции имеются более сложные настройки запуска – по значениям битовых последовательностей в составе MC. Их использование позволяет выделить в потоке необходимое MC автоматически без длительного поиска.

Таким образом, опция R&S RTE-K50 является универсальным инструментом для глубокого анализа цифровых сигналов и имеет высокий потенциал практического применения.

ЛИТЕРАТУРА

1. R&S® RTE Digital Oscilloscope. User Manual. V.13 (FW 3.70).



НОВОСТИ МИРА

VI Международный промышленный форум «Территория NDT 2019»

VI Международный промышленный форум «Территория NDT 2019. Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика» пройдёт 4–6 марта 2019 г. в павильоне 7.2 ЦВК «Экспоцентр» (Москва).

Своё участие в форуме уже подтвердили ведущие разработчики и производители оборудования НК: «Интерюнис-ИТ», НПП «ПРОМ-ПРИБОР», «АЛТА-РУСЬ», НПЦ НК «Кропус», «Хеметалл», «СИНЕРКОН», «Объединённая сварочная компания», RayCraft, «АКС», «Галас НДТ», «ДИАПАК», ИКБ «Гра-

диент», «КОНСТАНТА», «Мелитэк», НИИИИ МНПО «СПЕКТР», НПК «ЛУЧ», НПП «Маш-проект», НУЦ «Качество», «ОЛИМПАС МОСКВА», «Просек Рус», СертиНК ФГАУ НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана и многие другие.

В рамках деловой программы участники круглых столов – руководители и ведущие специалисты ключевых предприятий и корпораций России, профильных институтов и государственных структур – обсудят актуальные проблемы и современные тенденции в области НК и ТД по направлениям:

- средства автоматизированного контроля при производстве и эксплуатации промышленного оборудования;

- новые подходы при решении задач НК композиционных материалов;
- антенные решётки (АР) в ультразвуковом контроле: современный уровень, проблемы и перспективы;
- профессиональные квалификации;
- обучение, аттестация и сертификация в области НК;
- метрология, стандартизация, цифровизация: вызовы 4-й промышленной революции;
- неразрушающий контроль в аддитивном производстве;
- заседание ТК.371.

Вход для посетителей бесплатный.

www.expo.ronktd.ru

Усовершенствованный тонкомпенсированный пассивный регулятор громкости с НЧ-коррекцией

Алексей Кузьминов (compmicrosys@mail.ru)

В статье приведены схема, разводка плат, фотографии и результаты испытаний нового пассивного тонкомпенсированного двухканального регулятора громкости, основанного на двух резонансных LC-контурах с частотами 20 Гц и 20 кГц. Новый прибор имеет улучшенную по сравнению с предыдущей разработкой АЧХ, существенно приближённую к линиям равной громкости, и обеспечивает более плавное регулирование. Кроме того, его конструкция существенно упрощена.

ВВЕДЕНИЕ

Эксплуатация тонкомпенсированного регулятора громкости (ТКРГ), описанного автором в [1–3], выявила ряд его недостатков:

1. Антилогарифмическая (показательная) характеристика переменного резистора R_g (22 кОм), регулирующего общую громкость, в области максимальной громкости приводит к тому, что незначительный угол поворота резистора существенно изменяет громкость и общий вид АЧХ ТКРГ. В связи с этим получение нужной громкости несколько затруднено.
2. На практике отсутствует необходимость в столь широком (до 40 дБ) диапазоне регулировки громкости, и его можно сузить более чем вдвое.
3. Выявлено незначительное проникновение сигнала из одного канала в другой.
4. Минимум АЧХ ТКРГ приходится на частоты в районе 1,5 кГц, что несколько отличается от минимума кривых равных громкостей Флетчера-Мэнсона, Робинсона-Дадсона, ГОСТ Р ИСО 226-209, составляющего около 3 кГц.
5. Для получения индуктивности около 3 Гн необходима намотка довольно большого количества витков (от 500 и более) на ферритовое кольцо резонансного контура, настроенного на частоту 20 Гц.

В предлагаемом ТКРГ все эти недостатки существенно скорректированы или устранены.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

В ТКРГ, описанном в [1–3], использовались ВЧ резонансный контур, настроенный на частоту около 20 кГц, и НЧ-LC-цепочка, настроенная так, чтобы при частоте резонанса F_p около 20 Гц её индуктивное и ёмкостное сопротивле-

ния были равны (т.е. $\omega L = 1/\omega C$). Называть эту LC-цепочку контуром не совсем верно, поскольку она не замкнута. В качестве индуктивности L данной LC-цепочки использовалось ферритовое кольцо марки T2010 размером 20×10×10 мм (D×d×h) из материала CF199 с начальной магнитной проницаемостью $\mu_r = 10\,000$ производства компании Cosmo Ferrites. На кольцо было намотано 530 витков провода ПЭПШО-0,08, и полученная индуктивность составила около 3 Гн. В цепочке использовался керамический SMD-конденсатор ёмкостью 22 мкФ.

Если увеличить ёмкость C в 2–4 раза (например, до 47 или до 100 мкФ) и одновременно во столько же раз уменьшить индуктивность L , чтобы сохранить значение резонансной частоты $F_p = 20$ Гц, то можно существенно уменьшить количество витков W . Однако здесь возникает вопрос о применимости керамических конденсаторов столь большой ёмкости. Поскольку плёночные конденсаторы аналогичной ёмкости имеют большие размеры, то стоит рассмотреть возможность использования электролитических алюминиевых или танталовых конденсаторов. Анализ имеющихся данных по современным керамическим конденсаторам для поверхностного монтажа [4–8] показал следующее.

В очень большом диапазоне температур (–50...+65°C) имеет место зависимость ёмкости от температуры. Однако, поскольку эксплуатация ТКРГ, как правило, происходит при комнатной температуре, эта зависимость несущественна.

Зависимость ёмкости от частоты проявляется на высоких частотах от 100 кГц, но в звуковом диапазоне частот эта зависимость практически неощутима.

У рассматриваемых конденсаторов имеется существенная зависимость

ёмкости от приложенного напряжения, начиная от 0,5 В и вплоть до максимально допустимых значений. Что интересно, в справочных листках приводятся две зависимости ёмкости от напряжения: одна для переменного напряжения, вторая для постоянного. Было замечено, что для двух конденсаторов, один из которых рассчитан на напряжение 6,3 В, а второй – 16 В, зависимость ёмкости от переменного напряжения (точнее от его RMS) одна и та же, и она проявляется при $RMS > 0,5$ В. Если же $RMS < 0,5$ В, то ёмкость от RMS не зависит. Зависимость ёмкости от приложенного постоянного напряжения проявляется по-другому. У конденсатора с максимальным напряжением 6,3 В эта зависимость имеется, если постоянное напряжение выше 2–3 В, а у конденсатора, рассчитанного на напряжение 16 В, данная зависимость становится заметной, когда приложенное напряжение превышает 10 В. Однако звуковой сигнал является переменным и в нём полностью отсутствует постоянная составляющая. Кроме того, его максимальное действующее значение не превышает 0,3 В, что меньше 0,5 В, т.е. зависимость ёмкости от приложенного напряжения пренебрежимо мала. В этой связи вполне возможно применение конденсаторов с самым низким максимальным напряжением 6,3 В.

Керамические конденсаторы по сравнению не только с электролитическими танталовыми, алюминиевыми, но и с плёночными, обладают ничтожной индуктивностью и очень малой активной проводимостью ($\text{tg} \delta < 10^{-4}$).

Таким образом, применение керамических конденсаторов в данной разработке вполне оправдано. Для дальнейших исследований были использованы керамические конденсаторы типоразмера 1210 ёмкостью 100 мкФ, рассчитанные на напряжение 6,3 В, и ёмкостью 47 мкФ, рассчитанные на 16 В.

LC-контур характеризуется не только резонансной частотой F_p . Другим важным параметром является его добротность Q , которая определяет форму резонансной кривой: чем выше добротность Q , тем уже, острее и выше пик кривой резонанса. Форма резонансной кривой непосредственно опре-

деляет АЧХ ТКРГ. Резонансная частота последовательного резонансного контура F_n вычисляется по формуле:

$$F_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \times C}}, \quad (1)$$

где L – индуктивность, C – ёмкость.

Добротность контура Q вычисляется по формуле:

$$Q = \frac{\sqrt{L/C}}{R}, \quad (2)$$

где R – сопротивление контура (в основном это сопротивление катушки индуктивности).

Из формулы (2) следует, что $\sqrt{L/C} = QR$. Данный параметр НЧ-ИС-цепочки, как будет показано далее, играет более существенную роль, чем Q . Индуктивность катушки на кольцевом ферритовом сердечнике вычисляется по формуле:

$$L = W^2 \times \frac{\mu_0 \times \mu_r \times S}{l}, \quad (3)$$

где μ_0 – магнитная постоянная, μ_r – начальная магнитная проницаемость материала сердечника, S – площадь поперечного сечения сердечника, l – длина средней линии сердечника ($l = \pi(d+D)/2$, где d и D – внутренний и внешний диаметры сердечника соответственно), W – количество витков. Формулы (1) и (2) приведены для выполнения расчётов, а формула (3) – для оценки зависимости индуктивности от характеристик кольца.

Наиболее критичным при намотке, как уже отмечалось, является количество витков W , поскольку оно определяет трудоёмкость изготовления катушки. Его можно существенно уменьшить, если использовать кольцо из магнитного материала с наибольшей магнитной проницаемостью μ_r (например, 10 000 или 12 000). Отношение S/l также играет заметную роль. Если площади S двух катушек отличаются незначительно, то длина l может отличаться существенно. В этом случае индуктивность будет больше у катушки с меньшей длиной l , т.е. с меньшим диаметром. Это можно объяснить тем, что у такой катушки магнитное поле более «концентрированное», т.е. имеет бóльшую напряжённость (H).

Для эксперимента были выбраны несколько ферритовых колец разного размера с наибольшей начальной магнитной проницаемостью μ_r (см. табл. 1). В приведённой таблице A_L – коэффициент одновитковой индуктивности.

Для увеличения индуктивности вдвое можно склеить два кольца и тем самым в два раза увеличить площадь S . Кольца R10, R13 и R16 были склеены (по

Таблица 1. Применённые кольца

Обозначение в тексте	Марка кольца	Размер, мм (D×d×h)	Материал	μ _i	A _i , мкГн/вит ²	Производитель
R10	B64290L0038X038	10×6×4	T38	10000	4,09	EPCOS
R13	B64290L0044X038	12,5×7,5×5	T38	10000	5,11	EPCOS
R16	TX16/9.6/6.3	16×9,6×6,3	3E12	12000	7,73	Ferroxcube
R20	T2010	20×10×10	CF199	10000	12,4	Cosmo Ferrites

Таблица 2. Параметры применённых НЧ-LC-цепочек

Кольцо	Количество витков, W	Индуктивность, Гн	Сопротивление обмотки R, Ом	Ёмкость C2, мкФ	Частота резонанса F _р , Гц	Добротность, Q	$\sqrt{L/C}$ (Ом)
2×R10	430	1,70	32	43,2	18,6	6,2	198
2×R13	450	1,81	28 (18+10)	43,2	18,0	7,3	205
2×R16	350	1,80	26	43,2	18,0	7,9	204
2×R10	280	0,7	30 (20+10)	90,1	20,04	2,94	88
R20	530	2,7	51	22,1	20,6	6,90	350

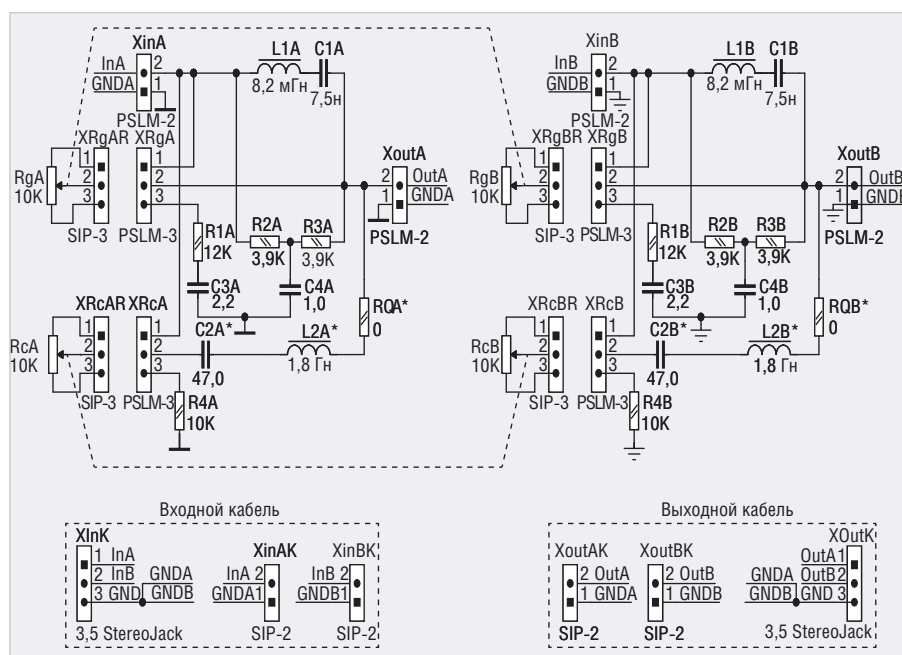


Рис. 1. Принципиальная схема ТКРГ

два) между собой, что в дальнейшем обозначено как 2×R10, 2×R13 и 2×R16. Для получения резонансной частоты 20 Гц на кольца были намотаны следующие провода: ПЭПШО-0,08 – на кольца 2×R10, ПЭЛ-0,125 – на кольца 2×R13 и ПЭЛШО-0,1 – на кольца 2×R16 в соответствии с таблицей 2, в которой также приведены полученные параметры LC-цепочек.

Последовательно с катушкой индуктивности на кольцах 2×R13, омическое сопротивление которой составило 18 Ом, был включён дополнительный резистор номиналом 10 Ом. Такой же дополнительный резистор 10 Ом был включён последовательно с катушкой 2×R10, омическое сопротивление которой составило 20 Ом. Это было сделано для предотвращения «защёлкивания» ТКРГ при очень низком сопротивлении катушки (менее 20 Ом) [1].

Для измерения индуктивности и ёмкости компонентов, приведённых в таблице 2, был использован более

точный измеритель LCR, с помощью которого была определена индуктивность кольца R20, составившая 2,7 Гн. Все измерения ёмкости и индуктивности производились при RMS тестового сигнала, равном 0,1 В на частоте 100 Гц.

Принципиальная схема устройства

Схема устройства (см. рис. 1) представляет собой два идентичных ТКРП левого и правого канала с теми же, что и в [1], двумя НЧ-LC-цепочками, настроенными на частоты 20 Гц (L2A-C2A-RQA и L2B-C2B-RQB – для левого и правого канала соответственно), и резонансными контурами 20 кГц (L1A-C1A-R2A-R3A и L1B-C1B-R2B-R3B – для левого и правого канала соответственно). Как уже отмечалось, НЧ-LC-цепочка не может считаться полноценным резонансным контуром, поскольку она не замкнута, или, другими словами, нагрузкой для неё является резонансный ВЧ-контур, сопротивление которого на

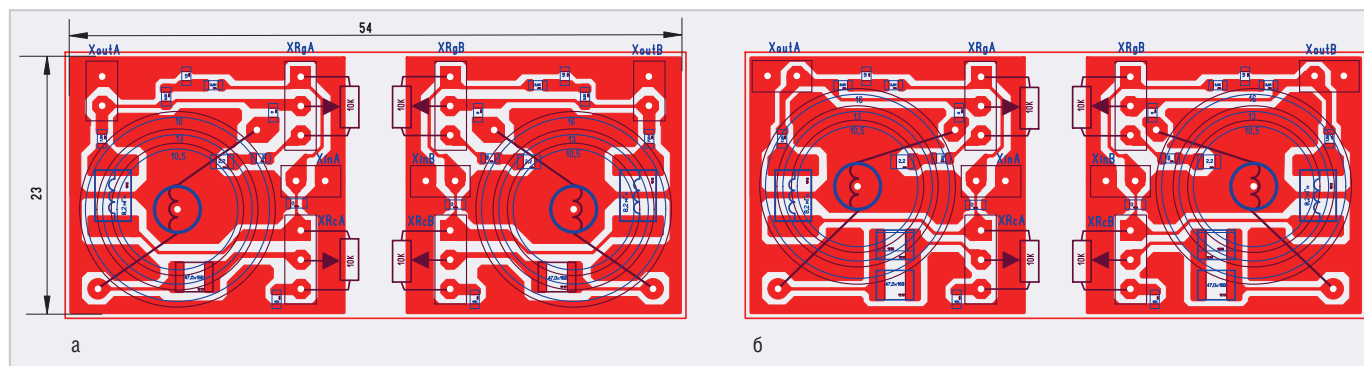


Рис. 2. Разводка плат ТКРГ: а) с одним конденсатором C2; б) с двумя конденсаторами



Рис. 3. Внешний вид ТКРГ: а) со стороны дорожек ($2 \times R16$); б) со стороны катушек (левая часть $2 \times R13$ – слева, правая часть $2 \times R10$ – справа); в) в составе усилителя ($2 \times R16$)

три порядка выше. Что касается входного импеданса предварительного усилителя, который также является нагрузкой для ТКРГ, то этот импеданс настолько огромен ($100 \text{ ГОм} \parallel 2 \text{ пФ}$ – входной импеданс ИУ AD8295[1]), что его вклад в нагрузку ТКРГ пренебрежимо мал.

RQA и RQB – резисторы, которые могут изменять добротность Q НЧ-контуров. В случае их равенства нулю (перемычки) в формулу (2) в качестве R следует подставить сопротивление обмотки катушки индуктивности. Переменный резистор, регулирующий общую громкость, номиналом 22 кОм с антилогарифмической (показательной) характеристикой разбит на два резистора: постоянный резистор R1 номиналом в 12 кОм (R1A и R1B) и переменный резистор R_g номиналом в 10 кОм (сдвоенный – R_{gA} и R_{gB}), но уже с линейной характеристикой. Это позволило сузить диапазон регулировки громкости и добиться её плавности. Сдвоенный переменный резистор R_{gA} , R_{gB} номиналом 10 кОм для НЧ-коррекции также имеет линейную характеристику.

Для подключения переменных резисторов к плате на ней установлены 3-контактные цанговые штыри с расстоянием между ними 2,54 мм (PSLM-3). XR_A , XR_B – для подключения R_A и R_B соответственно и XR_A , XR_B – для подклю-

ния R_A и R_B. Резисторы подключаются к плате 3-проводными кабелями, которые одним концом припаиваются непосредственно к резисторам, а вторым – к 3-контактным цанговым гнездам с шагом 2,54 мм (SIP3), являющимся ответными частями для цанговых штырей.

Для подведения входных сигналов на плате установлены 2-контактные цанговые штыри с шагом 2,54 мм PSLM-2 (XinA, XinB). К этим разъёмам подключается входной кабель, на одном конце которого установлен 3-контактный 3,5 мм стереоразъём XinK, подключаемый к источнику звука, а на другом – 2-контактные цанговые гнезда SIP2: X_{in}AK и X_{in}BK. Схема этого кабеля представлена в пунктирном прямоугольнике в левой нижней части рисунка 1. Для снятия АЧХ реализовано подключение к компьютеру посредством аналогичного кабеля, схема которого показана в нижней правой части схемы на рисунке 1.

Если ТКРГ устанавливается в усилитель, то подключение к плате предварительного усилителя выполняется двумя кабелями, на двух концах которых расположены цанговые гнёзда SIP-2. Эти кабели подключаются одним концом к цанговым штырям PSLM-2 ($X_{out}A$ и $X_{out}B$), а вторым – к соответствующим разъёмам предварительного усилителя [1].

Для исключения влияния одного канала на другой, как видно из принципиальной схемы, были разделены общие «земли» правого и левого канала (GNDA и GNDB) и тем самым исключена связь резонансных контуров по «земле», в результате чего сигналы GNDA и GNDB стали соединяться между собой только в кабелях.

Разводка платы ТКРГ и его конструкция

Разводка плат (см. рис. 2) была сделана с помощью программы Sprint Layout 6.0. Два варианта разводки (см. рис. 2а и 2б) приведены для того, чтобы можно было использовать либо один конденсатор С2, например 47 мкФ / 16 В, либо два, подключённых параллельно, например 2х22 мкФ / 16 В. Как видно из рисунка, разводка достаточно проста и все дорожки расположены с одной стороны. Компоненты для поверхностного монтажа (резисторы и конденсаторы), расположенные с одной стороны платы, отмечены синим цветом, а компоненты для навесного монтажа (разъёмы и катушки индуктивности), расположенные с другой стороны, отмечены коричневым цветом.

Внешний вид устройства показан на рисунке 3. Особенности конструкции заключаются в следующем. После того как катушка намотана, к двум концам обмоточных проводов припаиваются по два

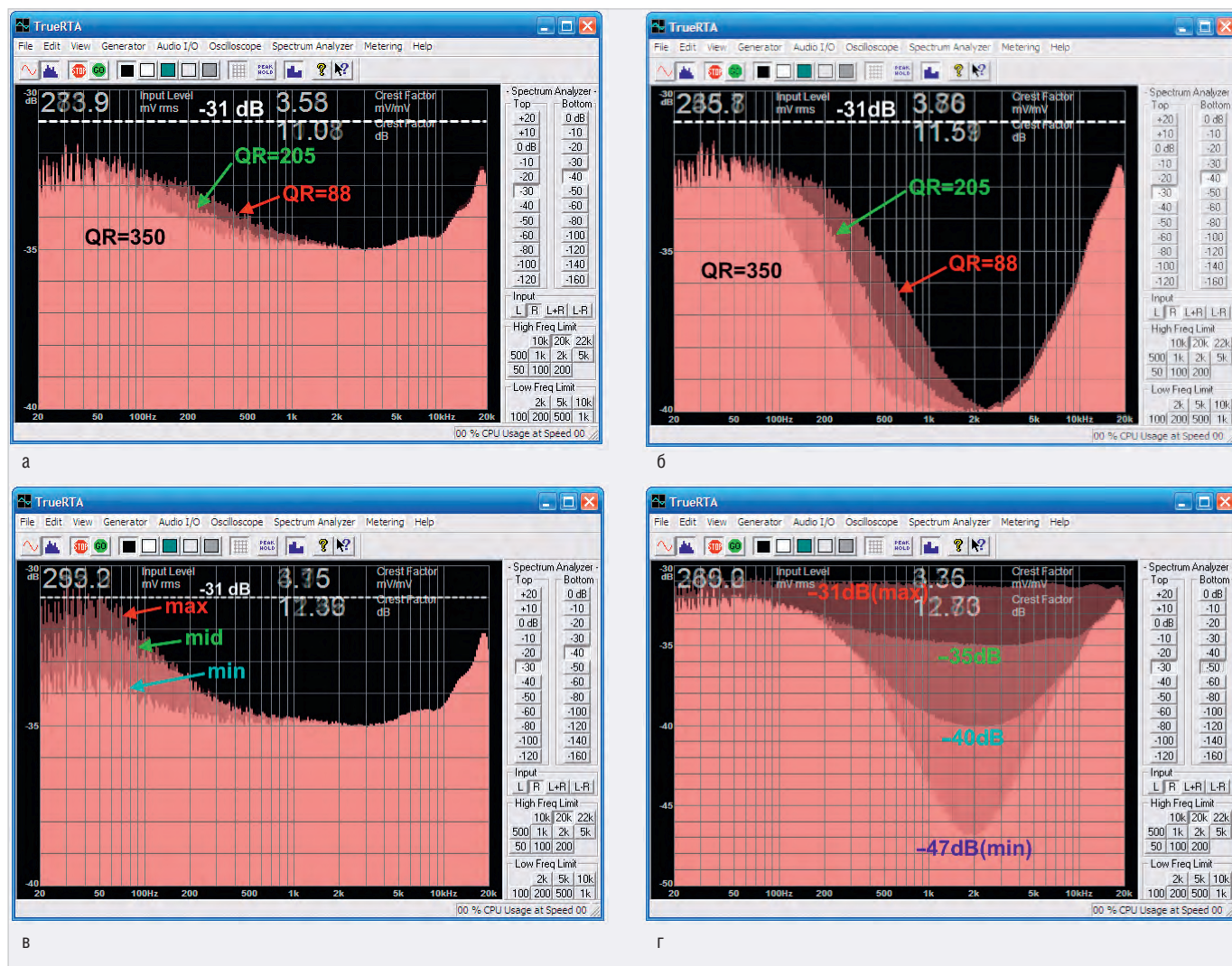


Рис. 4. АЧХ ТКРГ: а) минимум на -35 дБ при разных QR; б) минимум на -40 дБ при разных QR; в) QR=205, минимум на -35 дБ при 3 положениях ручки НЧ; г) QR=205, $-31 \dots -47$ дБ (R16)

провода МГТФ-0,03 длиной 15–20 мм. На место пайки надевается пластиковая трубка (кембрик). Оба провода местом пайки с надетой на него трубкой приклеиваются к внутренней цилиндрической поверхности кольца и выводятся наружу с одной его стороны (см. рис. 3б). Кольца крепятся на плате двумя винтами M2×20 мм (или M2×25 мм – в зависимости от размеров колец) с надетыми на них стеклотекстолитовыми шайбами толщиной 0,5 мм. Для того чтобы не повредить обмотку, с двух сторон кольца проложены шайбы из силикона (или резины) толщиной 0,5 мм. Винт фиксируется с другой стороны платы гайкой M2 с шайбой. Таким образом, кольцо жёстко закрепляется на плате, а провода выводятся наружу и через отверстия припаиваются к соответствующим контактным площадкам платы. Затем к оставшимся частям винтов прикручиваются две пластиковые стойки с внутренней резьбой M2 длиной 5–8 мм. Далее вся плата устанавливается на днище корпуса и прикручивается к нему двумя винтами

M2 с обратной его стороны. Таким образом, два винта M2 служат как для закрепления двух катушек на плате, так и для установки ТКРГ на днище усилителя. После закрепления платы ТКРГ в корпусе усилителя к ней подключаются все необходимые соединительные кабели (см. рис. 3в).

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВА

Испытание устройства проводилось двумя способами. Сначала были сняты АЧХ ТКРГ по методике, подробно описанной в [1] и вкратце сводящейся к следующему. В источник звука (телефон или плеер) записывается звуковой файл розового шума достаточно высокого качества, например PseudoPink_30sec.wav (приведён в дополнительных материалах к статье на сайте журнала www.soel.ru) или PinkNiose.flac. Затем ТКРГ подключается к разъёму телефона для наушников с помощью входного кабеля, а к микрофонному входу компьютера – с помо-

щью выходного кабеля. На телефоне воспроизводится звуковой файл розового шума, а в компьютере запускается программа анализатора спектра TrueRTA, результаты работы которой выводятся на экран (см. рис. 4). Поскольку спектральная плотность сигнала представляет собой энергию каждого колебания, а энергия всех составляющих розового шума равномерно распределена по всему звуковому частотному диапазону, то его спектр представляет собой практически горизонтальную прямую при максимальной громкости, т.е. ТКРГ свободно пропускает весь сигнал. На рисунке 4г этот спектр изображён самым тёмным коричневым цветом и подписан красным: -31 дБ(max). На рисунках 4а–4в максимальный уровень сигнала отмечен белым горизонтальным пунктиром и подписан -31 дБ. Действующее значение (RMS) этого сигнала составляет 290 мВ.

На рисунке 4а показаны совмещённые спектры, соответствующие применению в ТКРГ следующих катушек индук-

тивности (см. табл. 2): R20 ($QR=350$); $2 \times R10$ ($QR=88$); $2 \times R13$ ($QR=205$) или $2 \times R16$ ($QR=204$). Спектр ТКРГ с катушкой $2 \times R10$ ($QR=198$) не показан на рисунке, т.к. он незначительно отличается от спектра при $QR=204/205$. Положение регулятора громкости установлено так, чтобы минимум АЧХ был на уровне -35 дБ, а положение регулятора НЧ-коррекции – так, чтобы максимум пика на НЧ (20 Гц) был равен максимуму пика на ВЧ (20 кГц), т.е. около $-32,5$ дБ. Если сравнить рисунок 4а с линиями равной громкости (см. рис. 8 в [1]), то можно прийти к следующим выводам.

При $QR=205$ кривая АЧХ всюду «вогнутая», т.е. обращена выпуклостью вниз. Такая кривая больше соответствует кривым равной громкости. При $QR=88$, начиная от левого максимума и до минимума, АЧХ представляет собой почти прямую, что не соответствует «вогнутости» кривых равной громкости. Кроме того, при $Q=205$ кривая достаточно плавная (как и кривые равной громкости), а на АЧХ при $QR=350$ прослеживается явный пик на НЧ, что объясняется более высоким значением QR . Минимум всех АЧХ на рисунке 4а приходится на 3 кГц, что

полностью соответствует кривым равной громкости. Отсюда можно заключить, что при $QR=205$ кривая АЧХ наиболее близка к кривым равной громкости.

Следует заметить, что на остроту пика влияет не добротность Q , а именно комплекс $\sqrt{L/C}=QR$. При $QR=350$ пик самый острый, хотя при этом добротность $Q=6,9$ (см. табл. 2), в то время как при $QR=205$ – $Q=7,3$, а при $QR=204$ – $Q=7,9$ (см. табл. 2), что явно больше. Это объясняется тем, что контур 20 Гц не замкнут.

На рисунке 4б показаны те же совмещённые спектры, что и на рисунке 4а, но при регуляторе громкости, установленном так, чтобы минимум АЧХ приходился на -40 дБ, что соответствует более глубокому уменьшению громкости. На рисунке 4в показаны АЧХ ТКРГ с $QR=205$ при таком положении ручки регулировки громкости, чтобы минимум АЧХ приходился на -35 дБ, и при разных положениях ручки регулировки НЧ-коррекции. Как видно из рисунка 4в, диапазон регулировки НЧ-коррекции составляет около 3 дБ, что более чем достаточно (см. далее). На рисунке 4г показаны АЧХ при $QR=205$ во всём диапазоне регулировки громкости $-31...-47$ дБ. Как видно

из рисунка, диапазон регулировки громкости соответствует 16 дБ.

Помимо измерительных испытаний, ТКРГ в составе усилителя был опробован «на слух». Хотя этот способ является субъективным, он позволяет проверить работу регулятора в реальных условиях. Испытания ТКРГ проводилось в составе усилителя, описанного в [1–3], на двух АС: 15АС-220 (15 Вт, 4 Ом) и 35АС-016 «Орбита» (35 Вт, 4 Ом). В варианте с $QR=88$ при регулировке НЧ-коррекции слишком явно поднимаются (или опускаются) средние частоты. Этот вариант был сразу отвергнут.

Если используется АС 15АС-220, у которой спад НЧ начинается с 63 Гц, то лучше применять ТКРГ с $QR=350$, т.к. он способен поднять НЧ до необходимого уровня. Если же используется АС 35АС-016, у которой спад АЧХ начинается с 31,5 Гц, то применение ТКРГ с $QR=350$ приводит к слишком высокому уровню НЧ, который уже неприятен на слух. Наиболее предпочтительным для подобных АС является использование ТКРГ с $QR=198$ или $QR=204/205$. Из этих трёх LC-цепочек наилучшее качество звука показали LC-цепочки с кольцами $2 \times R13$ ($QR=205$)

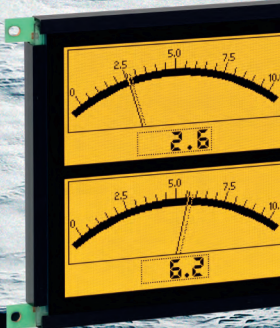


LUMINEQ

POWERED BY ВЕНЕК

ДИСПЛЕИ ДЛЯ

от -50°C





PROSOFT®

WWW.PROSOFT.RU

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

и 2×R16 ($QR=204$). LC-цепочка с кольцом 2×R16 имеет 3 существенных преимущества перед цепочкой с кольцом 2×R13:

1. Кольцо 2×R16 имеет наименьшее количество витков (350 против 450).
2. Это кольцо имеет более равномерную намотку, у него полностью заполнен один слой, а второй слой – только наполовину, тогда как обмотка кольца 2×R13 состоит из 4 слоёв.
3. Омическое сопротивление кольца 2×R16 составляет 26 Ом, что полностью исключает вероятность «защёлкивания» ТКРГ.

Таким образом, выбор в пользу кольца 2×R16 является достаточно очевидным. Перечисленные преимущества этого кольца послужили причиной установки в усилитель именно его (см. рис. 3в).

Если рассматривать описанный ТКРГ как регулятор тембра (а точнее тембра средних частот), то диапазон регулировки в 16 дБ более чем достаточен, т.к. дальнейшее уменьшение уровня средних частот (ниже –47 дБ) приводит к неприемлемому для слуха звучанию.

И последнее, что следует особо отметить. На максимальной громкости, уста-

новленной в ТКРГ и телефоне, при отсутствии звукового сигнала паразитный шум в АС настолько слаб, что его можно услышать только в непосредственной близости от ВЧ-динамика. В СЧ- и НЧ-динамиках не прослушивается даже такое слабое шипение. Это является следствием того, что ТКРГ – полностью пассивный, т.е. в нём отсутствуют какие-либо активные электронные компоненты (транзисторы, микросхемы). Именно пассивный ТКРГ, как известно, отличается очень низким уровнем собственного шума.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение описанного ТКРГ позволяет существенно повысить комфортное восприятие звучания АС. Особенно это касается таких АС, у которых в области НЧ наблюдается существенный спад. Высокое качество работы данного ТКРГ позволило заменить им регулятор, установленный в усилителе, описанном автором в [1–3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьминов А. Применение инструментального усилителя для мостового вклю-

чения двух мощных ОУ. Часть 2. Современная электроника. 2017. № 5. С. 50.

2. Кузьминов А. Применение инструментального усилителя для мостового включения двух мощных ОУ. Часть 3. Современная электроника. 2017. № 6. С. 74.
3. Кузьминов А. Применение инструментального усилителя для мостового включения двух мощных ОУ. Часть 4. Современная электроника. 2017. № 7. С. 42.
4. Гийом М., Мороз Д. Конденсаторы для импульсных источников питания: альтернатива электролитическим конденсаторам. Компоненты и технологии. 2005. № 2. С. 13.
5. Голубев И. Обзор современных конденсаторов. Современная электроника. 2006. № 5. С. 16.
6. Звонарёв Е. Пассивные компоненты компании YAGEO. Новости электроники. 2009. № 16. С. 15.
7. Красильщиков М., Смирнов В., Шалаева А. Влияние постоянного напряжения на параметры керамических конденсаторов. Электроника: наука, технология, бизнес. 2012. № 2. С. 76.
8. Желобов И. Особенности выбора керамических конденсаторов. Электронные компоненты. 2017. № 7. С. 74.



ЖЁСТКИХ УСЛОВИЙ

до +85°C



Основные свойства электролюминесцентных дисплеев

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

Области применения

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

LUMINEO
POWERED BY  **beepo**

МОСКВА
(495) 234-0636
info@prosoft.ru

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
(812) 448-0444
info@spb.prosoft.ru

ЕКАТЕРИНБУРГ
(343) 356-5111
info@prosoftsystems.ru



Реклама

Устройство световых эффектов с сетевым интерфейсом

Сергей Шишкин (schischckin.sergei2014@yandex.ru)

В статье представлен вариант устройства световых эффектов на базе микроконтроллеров AVR с управлением по интерфейсу RS-485. В состав устройства входят 15 контроллеров световых эффектов и пульт управления, включённые в сеть RS-485. Для реализации вышеуказанной сети задействованы драйверы MAX487CPA. Каждый контроллер реализует 16 различных световых эффектов, тип и скорость выполнения которых можно задать с клавиатуры контроллера или пульта.

Структурная схема устройства световых эффектов представлена на рисунке 1.

В качестве канала связи применён интерфейс RS-485. Это широко распространённый высокоскоростной и помехоустойчивый промышленный последовательный интерфейс передачи данных. В настоящее время на рынке представлены сотни различных типов драйверов, на которых можно его реализовать. В устройстве задействован драйвер MAX487CPA. Он позволяет подключить в сеть до 128 станций (устройств).

В состав устройства входят пульт и 15 контроллеров световых эффектов № 1...№ 15, подключённые в сеть RS-485. Контроллеры идентичны по конструкции и схемотехнике. Каждый из них имеет в сети свой адрес, зашитый в память программ микроконтроллера, поэтому программное обеспечение у них разное. Принципиальная схема контроллера световых эффектов представлена на рисунке 2.

Принципиальная схема пульта управления представлена на рисунке 3.

В устройстве количество подключаемых контроллеров к пульту ограничено только тем, что на его дисплее для задания адреса предусмотрен один разряд (7-сегментный индикатор). Таким образом, если для задания адреса задействовать два разряда, то количество подключаемых контроллеров можно довести до 127, доработав при этом

соответствующим образом программное обеспечение контроллера.

Не будем останавливаться на конструкции функциональных узлов устройства, а перейдём к схемотехнике и программному обеспечению. Интерфейс управления (ИУ) устройства состоит из ИУ контроллеров и ИУ пульта. Элементы интерфейса контроллера: клавиатура (кнопки S1...S5), индикаторы HG1, HG2 (см. рис. 2); элементы интерфейса пульта: индикаторы HG1...HG3, клавиатура (кнопки S1...S5) (см. рис. 3).

Рассмотрим алгоритм работы контроллера № 1. Число, индицируемое на индикаторе HG1, определяет номер светового эффекта, исполняемого в устройстве. Число, индицируемое на индикаторе HG2, определяет относительную скорость переключения индикаторов в выбранном световом эффекте; данное число может изменяться в пределах от 1 до 8 с шагом 1.

Кнопки клавиатуры имеют следующее назначение:

- S1 (Δ) – инкремент числа, индицируемого на индикаторе HG1 (выбор номера выполняемого светового эффекта); инкремент числа, индицируемого на индикаторе HG2 (увеличение скорости);
- S2 (∇) – декремент числа, индицируемого на индикаторе HG1 (выбор номера выполняемого светового эффекта); декремент числа, индициру-

емого на индикаторе HG2 (уменьшение скорости);

- S3 (C) – старт/стоп (после нажатия на данную кнопку устройство реализует световой эффект, индицируемый на индикаторе HG1, со скоростью переключения, индицируемой на индикаторе HG2);
- S4 (B) – включить/выключить индикаторы HL1...HL64 (после нажатия на данную кнопку включаются/выключаются все индикаторы, подключённые к контроллеру. Данная опция необходима для проверки работоспособности индикаторов в устройстве);
- S5 (P) – кнопка выбора режима работы кнопок S1, S2 – задание номера светового эффекта или задание скорости (при выборе номера светового эффекта точка h индикатора HG2 выключается, при выборе режима задания скорости – включается).

Световые эффекты, реализуемые контроллером № 1, аналогичны описанным в [1]. Конструктивно индикаторы HL1...HL8 образуют собой гирлянду (гирлянда № 1) – соответственно, индикаторы HL9...HL16 образуют гирлянду № 2 и т.д. Индикаторы HL58...HL64 – гирлянда № 8. Считаем также, что конструктивно все индикаторы в гирлянде расположены в один ряд.

Алгоритм работы контроллера № 1 следующий. Сразу после подачи питания устройство готово к работе. Номер исполняемого светового эффекта задаётся кнопками S1, S2 (точка h индикатора HG2 выключена). Далее необходимо нажать кнопку S4 (B) – при этом включится точка h в индикаторе HG2 дисплея. Кнопками S1, S2 нужно задать скорость переключения индикаторов в выбранном световом эффекте. Исполнение эффекта начинается после нажатия кнопки S3 (C). Для исполнения другого светового эффекта (или для изменения скорости переключения индикаторов в исполняемом) необходимо нажать кнопку S3 (C) (остановить исполняемый световой эффект). Далее следует выполнить вышеуказанные операции по установке номера светового эффекта и задания скорости переключения индикаторов. На 7-сегментном индикаторе HG1 буква B и цифра 8,

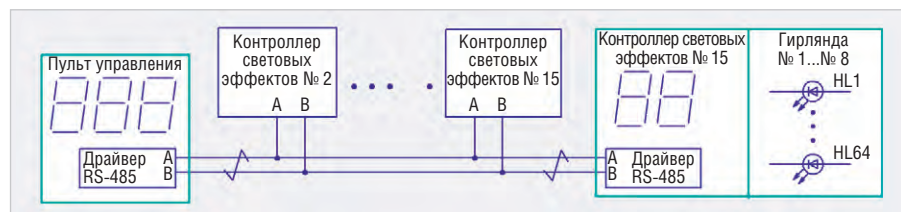


Рис. 1. Структурная схема устройства световых эффектов

а также буква D и цифра 0 индицируются одинаково, поэтому при индицировании букв B и D на 7-сегментном индикаторе HG1 включается точка h.

С порта PB микроконтроллер DD2 управляет индикаторами гирлянд № 1...№ 8. Сами гирлянды управляют ключами, выполненными на транзисторах VT3...VT10. Данные ключи управляются с выводов синхронного регистра DD1 и выводов 9, 11 микроконтроллера DD2. Резисторы R3...R10 – токоограничительные для индикаторов HL1...HL64. Все индикаторы в контроллере работают в режиме динамической индикации. Коды для включения индикаторов при функционировании динамической индикации поступают на вход порта PB микроконтроллера DD2. Регистр DD1 управляет ключами VT1...VT8. Для функционирования клавиатуры задействован вывод 8 микроконтроллера DD2. Питательное напряжение поступает на контроллер с соединителя X2. Конденсатор C5 фильтрует пульсации в цепи питания +5 В. При инициализации во все разряды портов микроконтроллера DD1 записывается лог 1. Ключи на транзисторах VT3...VT10 закрыты, индикаторы HL1...HL64 выключены.

Программное обеспечение микроконтроллера DD2 обеспечивает реализацию алгоритма работы задаваемых световых эффектов в режиме динамической индикации с заданной скоростью переключения гирлянд. Задача по формированию временного интервала для включения индикаторов на каждой гирлянде (или интервала переключения индикаторов и гирлянд) решена с помощью прерываний от таймера T/C1 и счётчиков на регистрах r8 (sek1) и r13 (min1). Таймер T/C1 формирует запрос на прерывание, счётчики на регистрах r8 и r13 подсчитывают количество прерываний, и устанавливается необходимый флаг (нулевой разряд регистра r19 (flo)). Скорость переключения индикаторов меняется путём изменения числа speed, загружаемого в регистр r13 (min1).

Программа состоит из процедуры инициализации, основной программы, работающей в замкнутом цикле, и подпрограммы обработки прерывания от таймера T/C1 и прерывания по завершению приёма USART. При переходе на метку Reset инициализируются стек, USART, таймер, порты, а также флаги и переменные, используемые в программе.

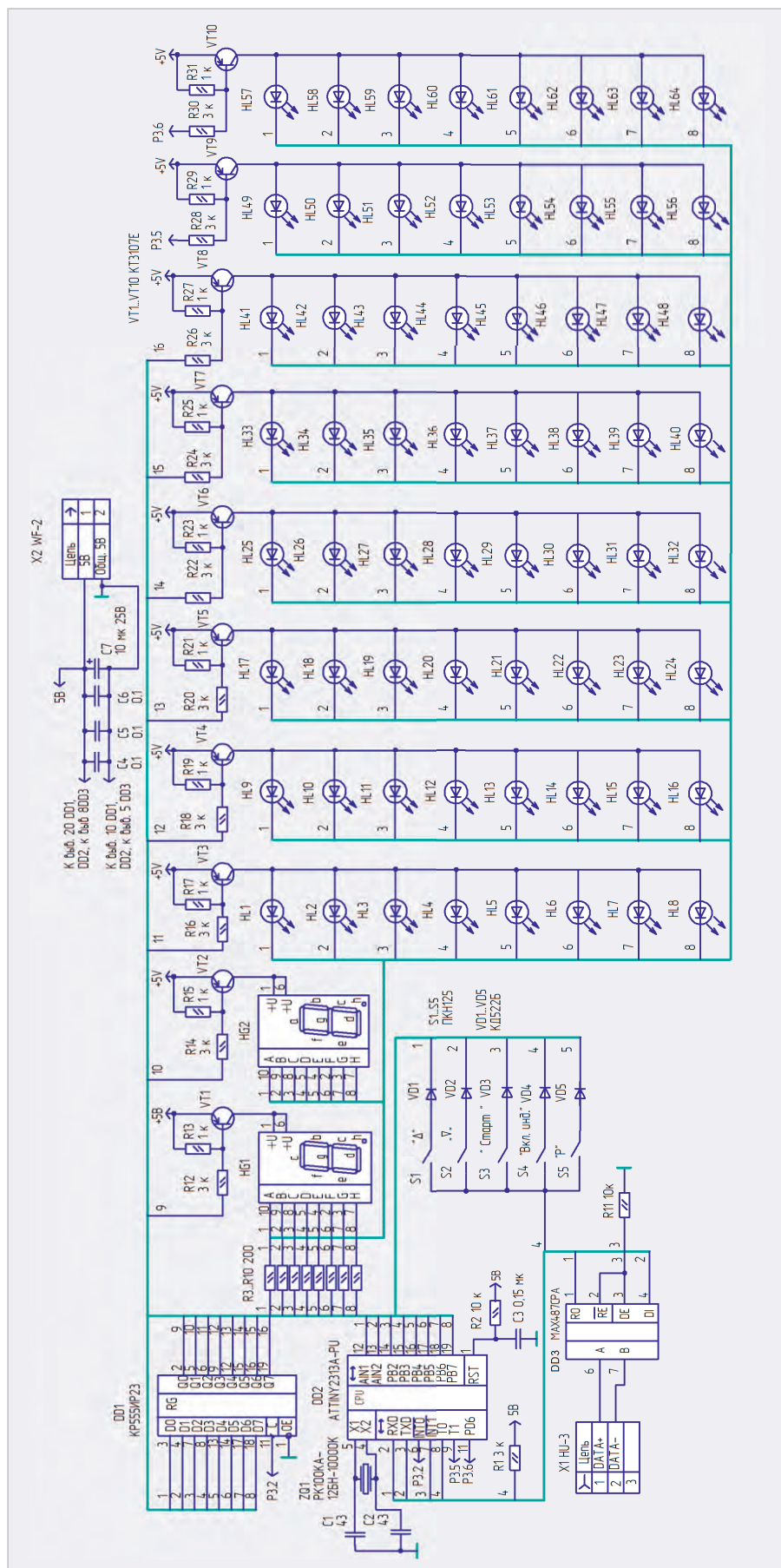


Рис. 2. Принципиальная схема контроллера световых эффектов

В подпрограмме обработки прерывания осуществляются формирование временного интервала для вклю-

чения индикаторов, опрос клавиатуры, работа динамической индикации, а также происходит выполнение всех

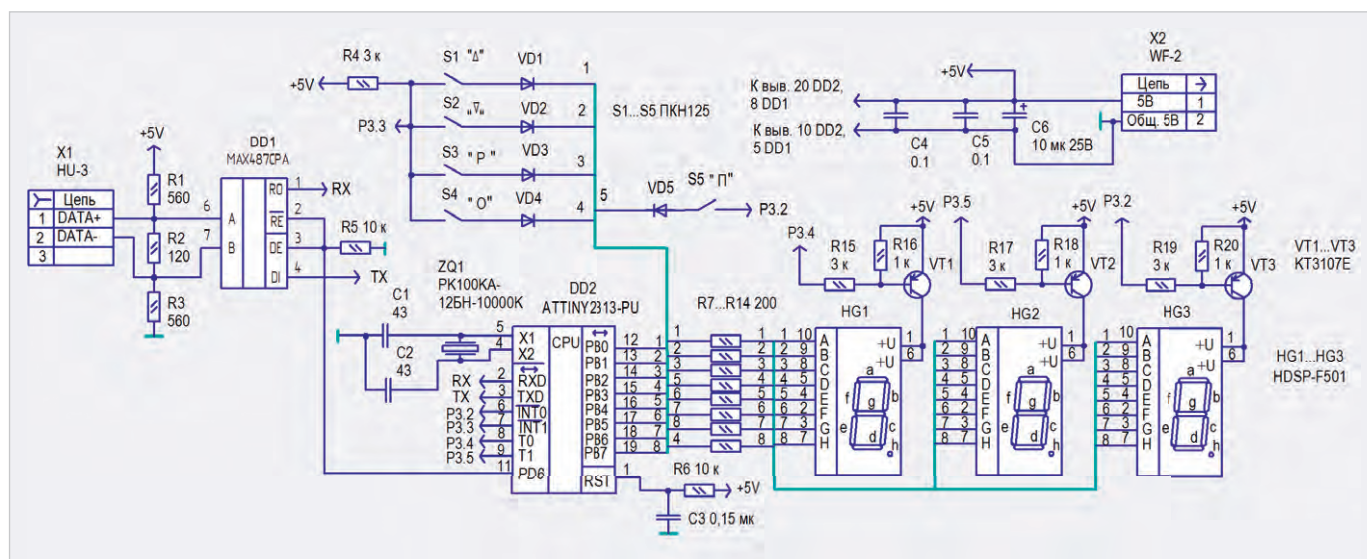


Рис. 3. Принципиальная схема пульта управления

Листинг 1

```

LDS tec,$70; // Проверка: сравнение принятой и вычисленной CRC8
CP tec,CRC8
brne ms2

LDS tec,$6C; // Проверка адреса контроллера
CPI tec,1;
brne ms2;
ldi tec,0
STS $6C,tec;

LDS tec,$6D; // Загрузка номера светового эффекта
STS $60,tec
mov nomer,tec

LDS tec,$6E; // Загрузка скорости переключения индикаторов
STS $61,tec
mov speed,tec

```

световых эффектов, реализованных в устройстве. В памяти данных микроконтроллера DD1 с адресов 60H...69H организован буфер отображения для динамической индикации. По адресу 60H размещён байт номера отображаемого светового эффекта. По адресу 61H размещено число, задающее скорость переключения индикаторов. Данные байты после перекодировки в режиме динамической индикации выводятся на дисплей устройства. 62H...69H – адреса, где хранятся текущие значения для индикаторов HL1...HL64 (гирлянд № 1...№ 8). Доступ к данным в адресном пространстве с помощью адресных указателей следующий: адреса гирлянд № 1...№ 8 и байты номеров светового эффекта и скорости загружаются в Y-регистр во фрагментах программы, где происходит выполнение светового эффекта. Z-регистр задействован только во фрагменте динамической индикации. При задании параметров с пульта в приёмнике из регистра UDR сообщение переписывается в буфер приёма на адреса 60H...70H.

Протокол односторонний – от пульта к контроллерам; пульт – передатчик,

контроллеры – приёмники. Сообщения (протокол передачи) имеют следующий вид: A1 A2 A3 A4, A5 где A1 – байт адреса контроллера светового эффекта (число от 1 до F); A2 – байт номера светового эффекта (число от 0 до F, световые эффекты представлены в [1]); A3 – байт скорости переключения индикаторов (число от 1 до 8); A4 – байт включения/выключения заданного светового эффекта (число 1 в данном байте – включение выбранного светового эффекта, число 0 – выключение светового эффекта; в устройстве по умолчанию в нём установлено число 1); A5 – байт контрольной суммы CRC8 (этот байт нужен для проверки целостности принятой информации).

Фрагмент программы обработки буфера приёма для контроллера № 1 с адресом –1 приведён в листинге 1.

Фрагмент программы обработки прерывания от USART и вычисления CRC8 приведён в листинге 2.

Разработанная программа на ассемблере занимает порядка 1,9 Кбайт памяти программ (flash-память программ) микроконтроллера.

В контроллере использованы резисторы C2-33H-0.125, однако подойдут любые другие с такой же мощностью рассеивания и погрешностью 5%. Конденсаторы C1...C6 типа К10-17а, C7 – типа К50-35. Конденсатор C4 устанавливается между цепью +5В и общим проводником микроконтроллера DD2. Конденсатор C5 устанавливается между цепью +5В и общим проводником регистра DD1. 7-сегментные индикаторы HG1, HG2 типа HDSP-F501. Индикаторы HL1...HL64 типа КИПД40С20-Л4-П7. Для гирлянд можно подобрать абсолютно любые индикаторы, желательно с $I_{np}=10$ mA.

Рассмотрим алгоритм работы пульта. Кнопки его клавиатуры имеют следующее назначение:

- S1 (Δ) – инкремент числа выбранного разряда в 4-разрядном дисплее;
- S2 (V) – декремент числа выбранного разряда в 4-разрядном дисплее;
- S3 (P) – кнопка выбора разряда на дисплее для изменения числа в нём (выбранный разряд мигает с частотой 1 с);
- S4 (O) – кнопка обнуления показаний на дисплее (после нажатия на данную кнопку во всех разрядах дисплея индицируются нули);
- S5 (Π) – кнопка отправки (передачи) набранного сообщения по последовательному каналу.

Функциональное назначение индикаторов HG1...HG3 на дисплее пульта соответствует назначению байт в сообщении:

- HG1 – индикатор адреса (число от 1 до F);
- HG2 – индикатор номера светового эффекта (число от 1 до F);

- HG3 – индикатор скорости переключения индикаторов в световом эффекте (число от 1 до 8).

Число, индицируемое на каждом из индикаторов HG1, HG2 кнопками S1 (Δ), S2 (V), можно задать в диапазоне от 0 до F. В данном случае программа для пульта получается более простой и занимает меньше места в памяти программ микроконтроллера. Точно так же, как и в дисплее контроллера, на 7-сегментном индикаторе буква В и цифра 8, а также буква D и цифра 0 индицируются одинаково, поэтому при индицировании букв В и D в 7-сегментных индикаторах дисплея пульта включается точка h. Сразу после подачи питания пульт переходит в рабочий режим, на дисплее индицируется число 000. Затем с помощью клавиатуры задаётся и отправляется необходимое сообщение в выбранный контроллер.

В программе пульта используются 3 прерывания: Reset, прерывание таймера T1 и прерывание по событию «Регистр данных USART пуст». При переходе на метку Reset инициализируются стек, USART, таймер, порты, а также флаги и переменные, используемые в программе. В обработчике прерывания таймера T1 осуществляются процедура опроса кнопок S1...S5, функционирование динамической индикации, перекодировка двоичного числа в код для отображения информации на 7-сегментных индикаторах устройства. В подпрограмме обработки прерывания по событию «Регистр данных USART пуст» происходит передача данных через передатчик USART. В ОЗУ микроконтроллера по адресам \$61...\$63 организован буфер отображения для динамической индикации.

Листинг 2

```
cli; // Обработка прерывания от USART, ПРИЁМ
        in      SSREG,SREG
        push    YL
        push    YH
        push    ZL
        push    ZH
pr4:     ldi      YL,low(RAM+12)
        ldi      YH,high(RAM+12)
        add     YL,t4
        clr     t5
        adc     YH,t5
USART1:  sbis     UCSRA,RXC
        rjmp    USART1
        in      t5,UDR
        st      Y+,t5
        inc     t4
        cpi     t4,5
        brne    pr2
        ldi     t4,0
        SBR     f10,0b00000100
        clr     t5
        clr     t4
        clr     CRC8; // Вычисление контрольной суммы
        clc
        ldi     tec,0x8C; // Полином
        mov     POLIN,tec
        ldi     tec,4
        mov     tml,tec
        ldi     YL,low(RAM+12)
        ldi     YH,high(RAM+12)
loc1:    ld      cod,Y+
        ldi     tec,8
        mov     bits,tec
        eor     CRC8,cod
loc2:    lsr     CRC8
        brcc    loc3
        eor     CRC8,POLIN
loc3:    dec     bits
        brne    loc2
```

Разработанная программа на ассемблере занимает порядка 0,8 Кбайт памяти программ (flash-память программ) микроконтроллера.

Пульт и контроллеры собраны фактически из одних и тех же элементов. В пульте применены резисторы типа C2-33H, но подойдут любые другие с такой же мощностью рассеивания и погрешностью 5%. Конденсаторы C1...C5 типа K10-17a, C6 – типа K50-35a. 7-сегментные индикаторы HG1...HG3 типа HDSP-F501, зелёного цвета. Элементную базу для клавиатуры и динамической индикации можно подобрать любую – главное, чтобы она отвечала требованиям для рабо-

ты в составе функциональных узлов устройства. Для организации сети RS-485 можно применить кабель типа КИПЭП 1×2×0,60 ТУ16.К99-008-2001 или любой другой типа витая пара с волновым сопротивлением 120 Ом.

Тексты программ (для пульта и версии для контроллеров № 1...№ 15), а также hex-файлы представлены в дополнительных материалах на сайте журнала www.soel.ru.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шишкин С. Устройство световых эффектов с управлением скоростью переключения и яркостью свечения. Современная электроника. 2017. № 7.



НОВОСТИ МИРА

Началась подготовка 2-го выпуска сборника «ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ В ЭЛЕКТРОНИКЕ»

Первый номер сборника «Электромагнитная совместимость в электронике» с материалами отраслевых изданий вышел в июне 2018 года. В нём рассматривались практически все аспекты электромагнитной совместимости (ЭМС): от пассивных компонентов, ЭМП-фильтров до стандартов и методов испытания устройств. Объём составил 170 страниц, в него вошли 36 статей. Скачать сборник в pdf-формате можно на сайте www.emc-e.ru.

Проект, включающий, помимо сборника в pdf-формате ещё и онлайн-ресурс, призван решить важные задачи по систематизации и актуализации всей информации в области ЭМС в электронике, а также содействовать объединению аудитории специалистов.

Второй выпуск ежегодника планируется в июне 2019 года. В него войдут материалы ведущих изданий отрасли – «Современная электроника», «Компоненты и технологии», «Электронные компоненты», «Силовая электроника» и «СВЧ-электроника».

Важной составляющей проекта является актуальная пополняемая база аккредитованных лабораторий, проводящих сертифици-

фикационные испытания по ЭМС, которая позволяет ранжировать испытательные лаборатории по таким параметрам, как:

- область аккредитации лабораторий;
- соответствие проводимых испытаний национальным стандартам (ГОСТ) в области ЭМС;
- виды проводимых испытаний на ЭМС;
- виды продукции, испытываемой в лаборатории на ЭМС и пр.

Принять участие в проекте могут все заинтересованные организации и авторы. Приём материалов осуществляется до 17 мая 2019 года.

www.emc-e.ru

Проектирование усилителя Догерти на основе GaN HEMT для систем связи нового поколения

Дэвид Вай (AWR Group, NI), Джеймс Вонг, Андрей Гребенников, Наоки Ватанабе, Эйдзи Мочида (Sumitomo Electric)

В статье рассматривается проект инвертированной конструкции многодиапазонного усилителя Догерти, выполненный в NI AWR Design Environment (Microwave Office) на основе широкополосных транзисторов GaN HEMT диапазона 1,8–2,7 ГГц. Ряд конструкторских решений обеспечивает возможность работы усилителя с несколькими стандартами передачи данных, сохраняя при этом высокие значения КПД и выходной мощности.

ВВЕДЕНИЕ

Для систем связи 4-го и 5-го поколения требуются усилители мощности (УМ), обладающие высокой эффективностью в широком частотном диапазоне и совместимые с различными стандартами. В таких системах ввиду увеличенной рабочей полосы и больших объемов передаваемых данных одним из ключевых параметров сигнала является отношение пикового уровня к среднему (peak-to-average ratio, PAPR), которое характеризует мгновенные отклонения уровня передаваемой мощности от среднего значения. В связи с этим в усилителе важно обеспечить высокое значение КПД не только при максимальном уровне выходной мощности, но и при меньших значениях

ях – обычно при 6 дБ до максимума – во всей рабочей полосе.

В данной статье описывается инновационный проект усилителя Догерти на основе 200 Вт нитридных HEMT-транзисторов, обеспечивающего средний КПД до 50–60% с выходной мощностью до 100 Вт и позволяющего значительно уменьшить размеры, стоимость и уровень потребляемой мощности передатчика.

Авторы проекта использовали программное обеспечение NI AWR Design Environment и, в частности, его модуль схемотехнического проектирования Microwave Office.

В одной из ранее опубликованных работ описывался усилитель Догерти стандартной конструкции с четверть-

волновым преобразователем импеданса и выходным сумматором. По результатам моделирования в частотном диапазоне 1,5–2,14 ГГц было получено значение КПД добавленной мощности в 31% при уровне мощности на 6 дБ меньше максимального, составившего 43 дБм [1]. Более широкополосное исполнение усилителя предполагает использование выходной цепи, состоящей из двух четвертьволновых инверторов импеданса с пониженными коэффициентами преобразования [2]. Для суммирования сигналов в широкой полосе (2,2–2,96 ГГц) можно заменить выходную линию с постоянным значением импеданса на многокаскадную линию с различными импедансами и электрическими длинами отрезков [3].

В данной статье широкополосное согласование было выполнено методом эквивалентных схем на основе заданных частотно зависимых значений оптимального импеданса. Тем не менее нелинейная оптимизация полной конструкции усилителя Догерти привела к усложнению проекта с точки зрения моделирования и к

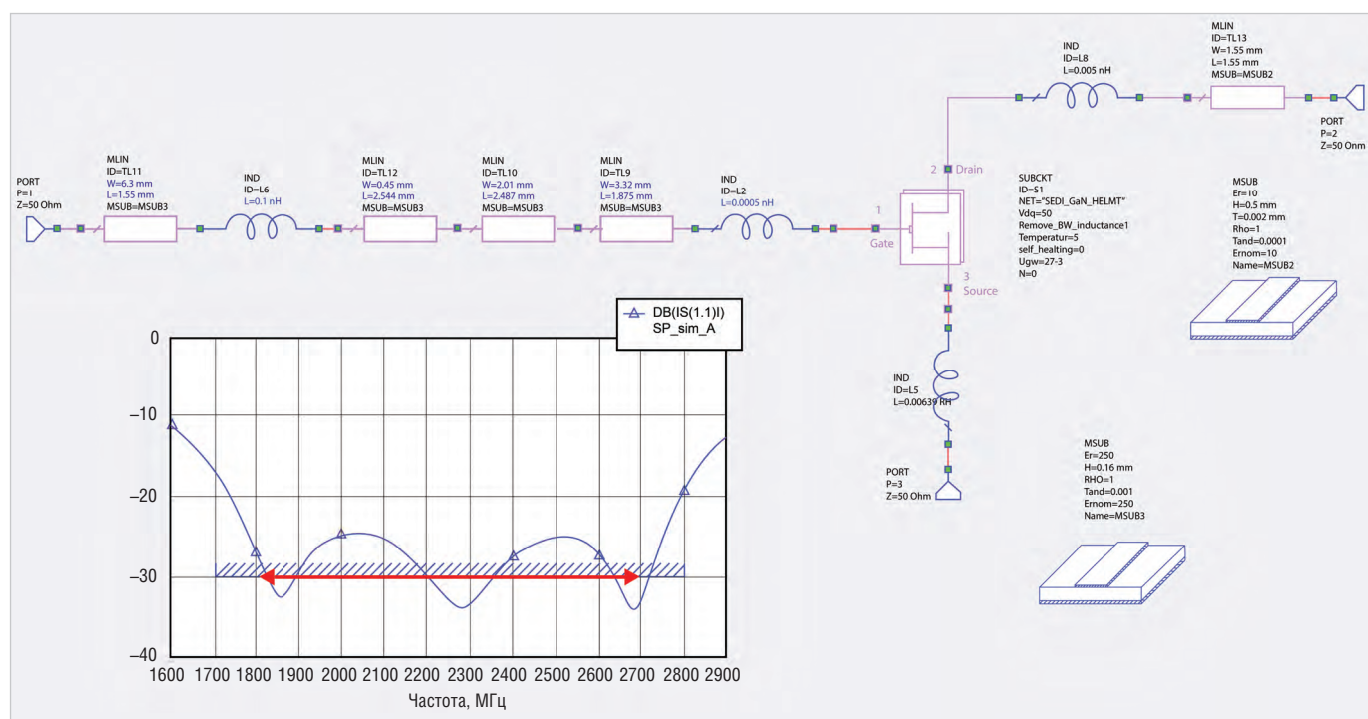


Рис. 1. Эквивалентная схема устройства и возвратные потери на входе ($\text{dB}(\text{IS}_{11})$)

довольно большим размерам платы усилителя.

Другой пример описывает проект усилителя с пиковой мощностью до 350 Вт в частотном диапазоне 760–960 МГц, отличающийся модифицированной схемой сумматора с двумя четвертьволновыми линиями в пиковом плече усилителя [4]. Применение асимметричной конструкции позволило добиться насыщенной мощности более 270 Вт и коэффициента усиления более 13 дБ при КПД стока больше 45% на мощности от –8 дБ до максимальной в частотном диапазоне 2,5–2,7 ГГц [5].

Устройство в корпусе

Способность усилителя Догерти работать в нескольких полосах определяется соответствием каждой из отдельных его частей заданным спецификациям в выбранных частотных диапазонах. В данном случае усилители средней и пиковой мощности будут обладать высоким КПД в широкой полосе в том случае, если их входные согласующие цепи спроектированы широкополосными, при этом цепь нагрузки может быть представлена в виде ФНЧ на сосредоточенных или распределённых элементах с двумя или тремя согласующими схемами. Следовательно, для получения высокой выходной мощности важно, чтобы согласующие цепи были частично исполнены внутри корпуса устройства, особенно если речь идёт о низком входном импедансе устройства в рабочей полосе.

На рисунке 1 представлена эквивалентная схема устройства без корпуса с элементами входного согласования, а также результаты моделирования параметра S_{11} в режиме малого сигнала на входе внутренней входной согласующей схемы, включающей выводы корпуса.

Модель Sumitomo 50V представляет собой 6 базовых ячеек 15 Вт нитридных HEMT, соединённых параллельно и обеспечивающих более 80 Вт выходной мощности в диапазоне 1,8–2,7 ГГц. Трёхкаскадный микрополосковый преобразователь импеданса создан на 0,16 мм алюминий-оксидной подложке с диэлектрической проницаемостью 250 для получения компактной структуры. С его помощью импеданс затвора кристалла транзистора преобразовывается к 10 Ом на опорной плоскости входного вывода корпуса. При подключении к системе с характеристическим импедансом 10 Ом уровень возвратных потерь достигает 25 дБ.

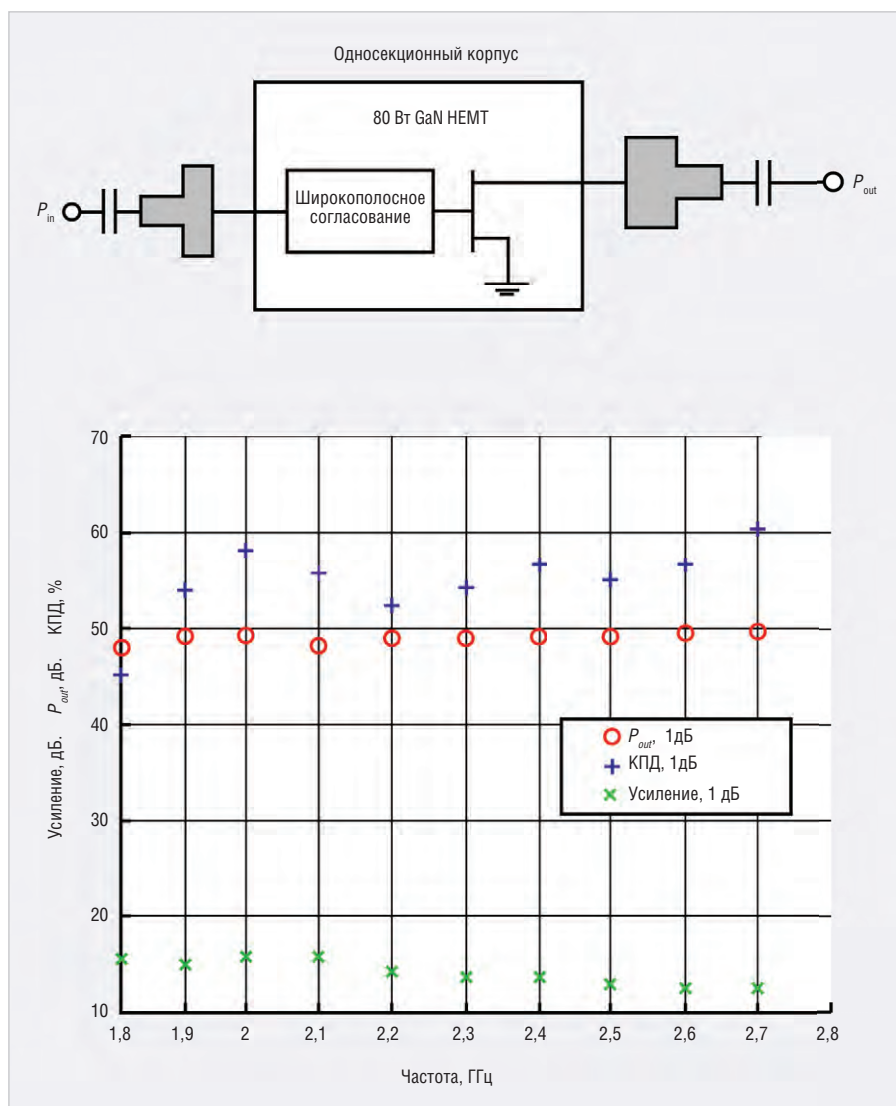


Рис. 2. Усилитель класса АВ с внешними цепями согласования

Характеристики в широкой полосе

Как правило, многодиапазонный преобразователь импеданса, необходимый для широкополосного усилителя, может быть представлен в виде N ($N \geq 2$) каскадно-соединённых линий передачи с различными значениями характеристического импеданса [6]. Например, для согласования выходного импеданса 25 Ом с импедансом нагрузки 50 Ом широкополосный преобразователь можно построить при помощи двухсекционной линии передачи, где характеристический импеданс первого четвертьволнового отрезка составляет 30 Ом, а второго – 42 Ом. Таким образом можно получить отклонение значения входного импеданса в $\pm 0,5$ Ом и фазы в $\pm 1^\circ$ в диапазоне частот от 2,0 до 2,8 ГГц, в который входят диапазоны 2,11–2,17 ГГц и 2,62–2,69 ГГц, соответствующие диапазонам стандартов WCDMA и LTE [7]. В то же время увеличение допустимых отклонений до

± 1 Ом и $\pm 2^\circ$ позволяет получить рабочую полосу в 1 ГГц (1,9–2,9 ГГц). Следовательно, если сместить центральную частоту до 2,3 ГГц, то становится возможной работа ещё и с третьим диапазоном – 1805–1880 МГц.

На рисунке 2 (сверху) представлена схема 80 Вт GaN HEMT усилителя мощности класса АВ с внешними цепями входного и выходного согласования, работающего в диапазоне 1,7–2,7 ГГц. Согласующие цепи выполнены на подложке Rogers RO4350 и представляют собой двухсекционные преобразователи импеданса с различными отношениями характеристических импедансов и электрических длин секций.

В результате моделирования получена выходная мощность более 48 дБм с коэффициентом усиления более 12 дБ и КПД стока более 52% в диапазоне 1,8–2,7 ГГц (см. рис. 2, внизу). В предыдущих работах были получены значения КПД, превышающие 60% в диапазоне 1,9–2,9 ГГц для проекта на основе

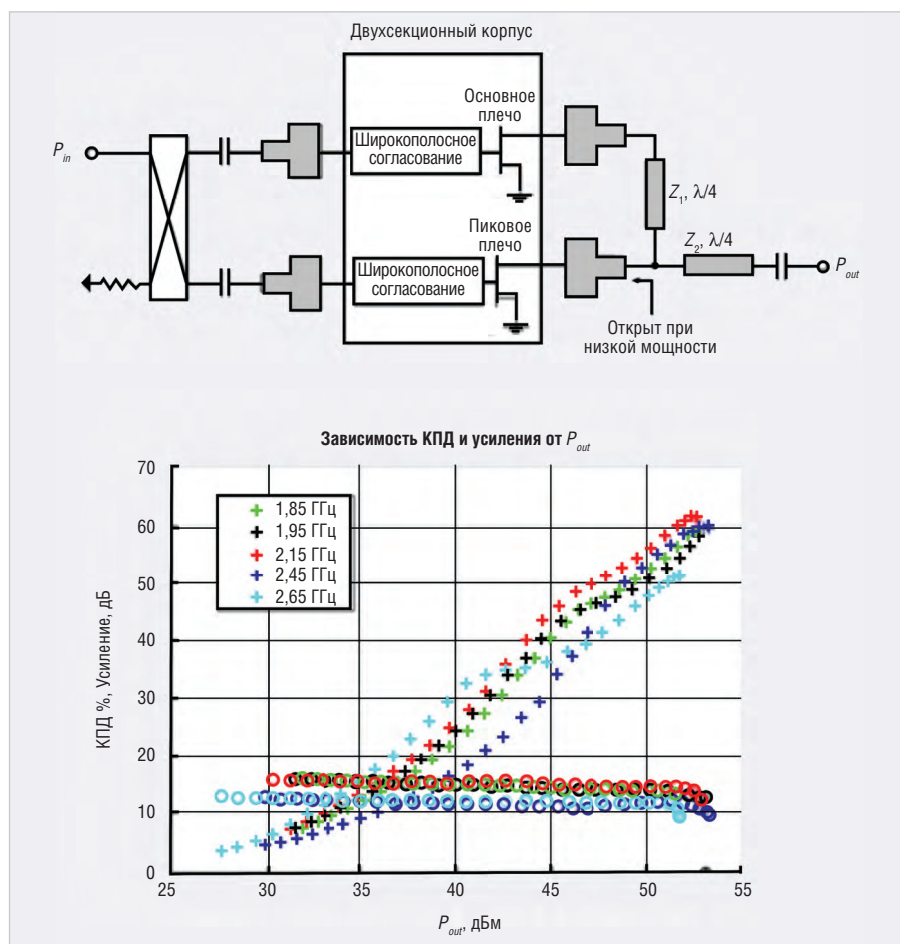


Рис. 3. Схема и результаты моделирования усилителя Догерти

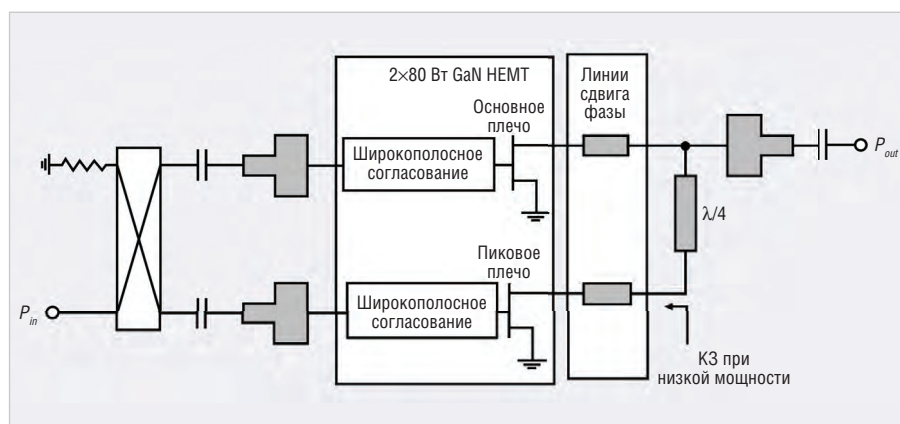


Рис. 4. Блок-схема инвертированного широкополосного усилителя Догерти

45 Вт транзистора CGH40045F [8]. При этом для определения оптимальных значений импедансов и параметров элементов использовался метод эквивалентных схем.

Широкополосный усилитель Догерти

Для увеличения рабочей полосы усилителя необходимо минимизировать его нагруженную добротность (когда она равна единице, рабочая полоса бесконечна). Тем не менее в конструкциях усилителя Догерти ввиду необходимо-

сти в четвертьволновых преобразователях минимальное значение добротности равно 2. Это означает, что можно добиться широкополосной работы усилителя, найдя компромисс между значением нагруженной добротности и рабочей полосой усилителя Догерти. Классическая конструкция обладает ограниченной рабочей полосой в области малых мощностей, поскольку при выключенном пиковом плече усилителя необходимо обеспечивать преобразование импеданса с 25 до 100 Ом. Значение добротности при

этом составляет $Q_L = \sqrt{100/25 - 1} = 1,73$, чего вполне достаточно для широкополосного режима работы. При более высоких уровнях мощности рабочую полосу можно увеличить за счёт использования широкополосных конструкций выходного четвертьволнового преобразователя и согласующих цепей основного и пикового усилителей.

На рисунке 3 (сверху) показана схема стандартного усилителя Догерти на подложке RO4350 толщиной 0,508 мм на основе двух 80 Вт нитридных транзисторов с внутренним входным согласованием. Входные и выходные согласующие цепи являются двухсекционными. Входной делитель мощности представляет собой направленный ответвитель на основе связанных линий производства Anaren (модель X3C17A1-03WS), обеспечивающий максимальное отклонение фазы в $\pm 5^\circ$ и амплитуды в $\pm 0,5$ дБ в диапазоне 690–2700 МГц.

Результаты моделирования коэффициента усиления и КПД усилителя представлены на рисунке 3 (внизу). Во всём диапазоне от 1,8 до 2,7 ГГц получен коэффициент усиления, превышающий 9 дБ. Значение КПД стока составило около 60% в точке компрессии 3 дБ (кроме самых высоких частот диапазона) и 40–50% при сниженной на 6 дБ мощности.

Широкополосный инвертированный усилитель Догерти

Схема инвертированного широкополосного усилителя Догерти показана на рисунке 4. Четвертьволновый преобразователь находится в плече пикового усилителя. Такая конструкция может быть полезной, если в области малых уровней мощности проще обеспечить короткое замыкание (КЗ) вместо холостого хода (ХХ) на выходе пикового усилителя. Реализуемость такого подхода зависит от характеристик транзистора и значения ёмкости $C_{сн}$ его модели, зависящей от физических размеров устройства: чем он больше, тем большую мощность он может обеспечить и тем выше значение $C_{сн}$. Эта ёмкость также зависит от частоты, что напрямую влияет на параметры широкополосного согласования усилителя [9]. В данном случае четвертьволновая линия используется для преобразования малого выходного импеданса после линии сдвига фазы до высокого значения со стороны нагрузки. Учитывая паразитное влияние компонентов корпуса транзистора, можно

спроектировать выходную согласующую схему и линию сдвига фазы таким образом, чтобы обеспечить наибольшую выходную мощность пикового усилителя в области высоких мощностей и получить КЗ в области малых мощностей [10].

Чтобы лучше понять принцип работы инвертированного усилителя Догерти, рассмотрим цепь нагрузки усилителя отдельно при выключенном пиковом плече (см. рис. 5, слева). В области малых мощностей подстройка фазы линией сдвига электрической длиной θ приводит к КЗ пикового усилителя (т.е. выходной импеданс становится равным 0 Ом). Согласующая цепь и линия сдвига обеспечивают преобразование импеданса от 25 Ом к Z_{out} на выходе пикового усилителя в условиях 6 дБ потерь мощности (в идеальном случае $Z_{out} = 100$ Ом), как показано на рисунке 5 (справа).

В данном случае КЗ на выходе четвертьволнового преобразователя превращается в ХХ на его входе, предотвращая потери мощности в пиковом плече, когда оно отключено. В области высоких мощностей оба плеча усилителя работают параллельно на 50 Ом, и четвертьволновая линия с характеристическим импедансом 35,3 Ом преобразует 25 Ом в 50 Ом нагрузки. Построенный в такой конфигурации усилитель Догерти обеспечил КПД 47%, среднюю выходную мощность 38 дБм и насыщенную мощность 44 дБм с коэффициентом усиления более 11 дБ в диапазоне 1,8–2,7 ГГц; в роли активных устройств выступили два 10 Вт транзистора Cree CGH40010P [7, 11]. Отметим, что в симметричной конструкции усилителя динамический диапазон максимального КПД составляет 6 дБ, следовательно, максимальные значения отсчитываются от уровня меньше мощности насыщения на 6 дБ.

Значения импеданса в различных точках цепи нагрузки пикового плеча усилителя в выключенном состоянии представлены на рисунке 6. График Z_{match} (см. рис. 6, слева) показывает низкую реактивность на выходе цепи нагрузки во всём диапазоне 1,8–2,7 ГГц, равную нулю в середине диапазона и немного увеличивающуюся к его краям. В то же самое время за счёт использования последовательной четвертьволновой линии передачи условие ХХ выполняется при высокой ёмкостной и индуктивной реактивности схемы во всём частотном диапазоне, что видно из графика $Z_{peaking}$ (см. рис. 6, справа). Таким образом, инвертированная

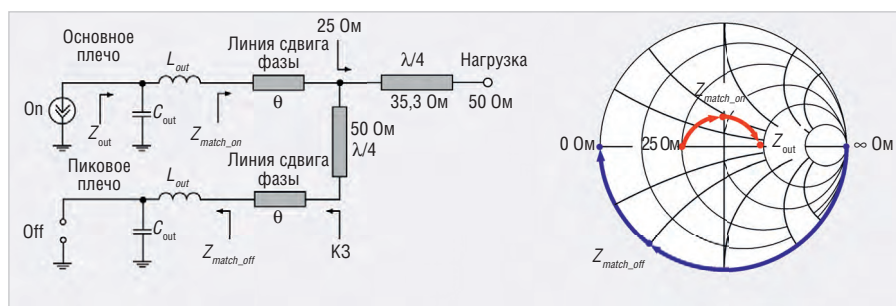


Рис. 5. Схема цепи нагрузки и значения импеданса

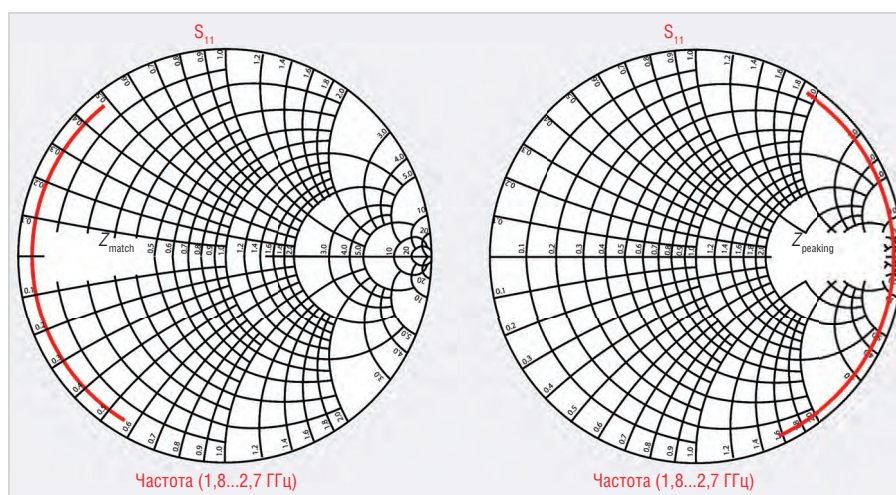


Рис. 6. Значения импеданса для пикового плеча усилителя

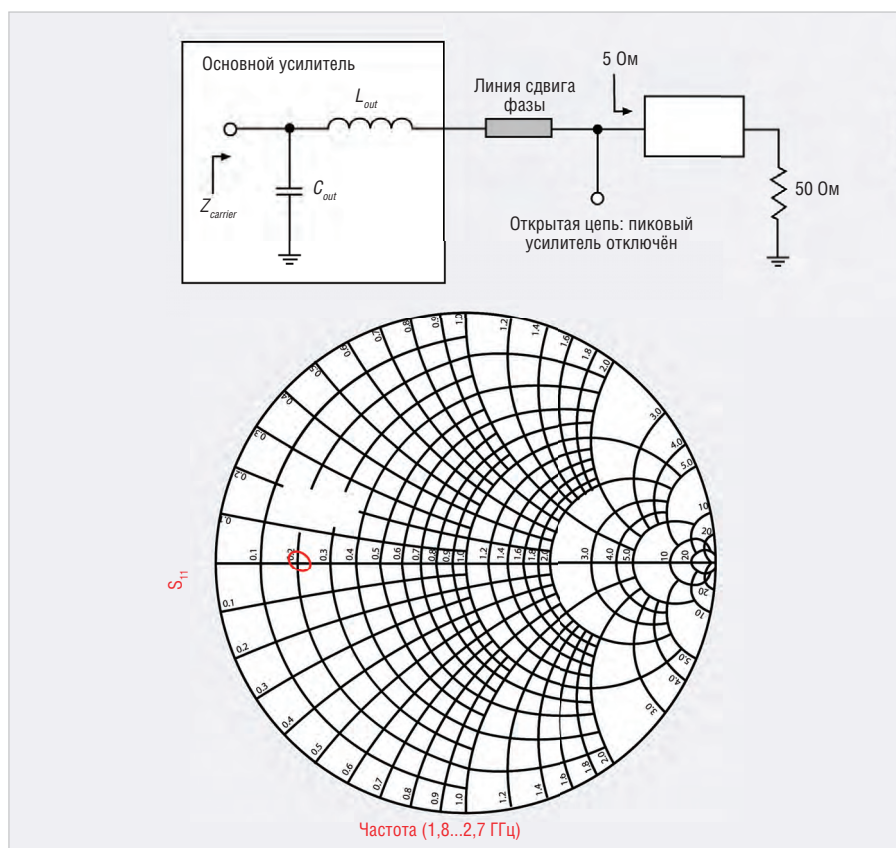


Рис. 7. Цепь согласования и импеданс нагрузки основного плеча усилителя

конструкция усилителя Догерти может быть реализована в широкополосном исполнении.

На рисунке 7 показана эквивалентная схема цепи нагрузки основного плеча усилителя (см. рис. 7, сверху)

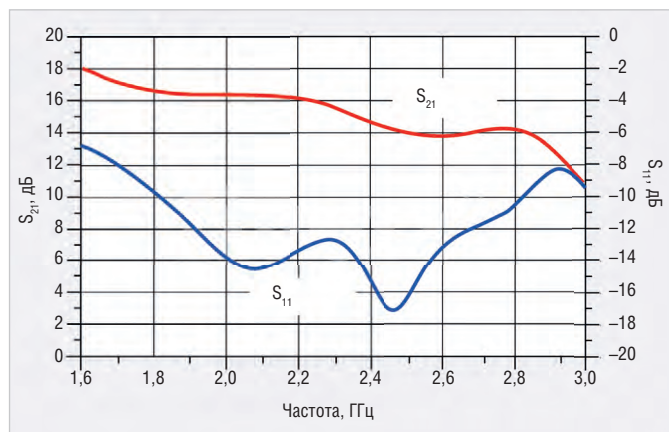


Рис. 8. Результаты моделирования S-параметров в режиме малого сигнала

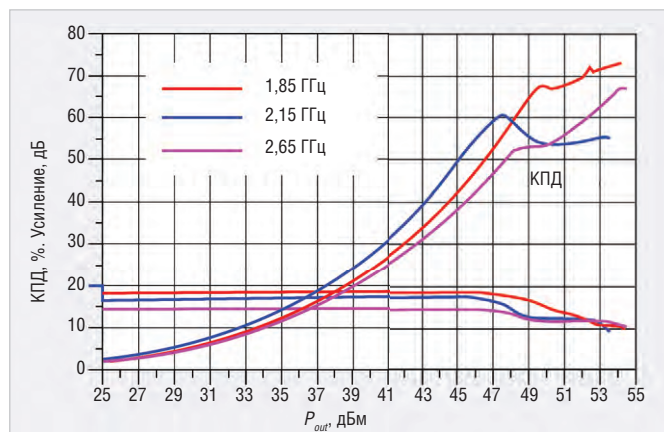


Рис. 9. Результаты моделирования коэффициента усиления и КПД инвертированного усилителя Догерти

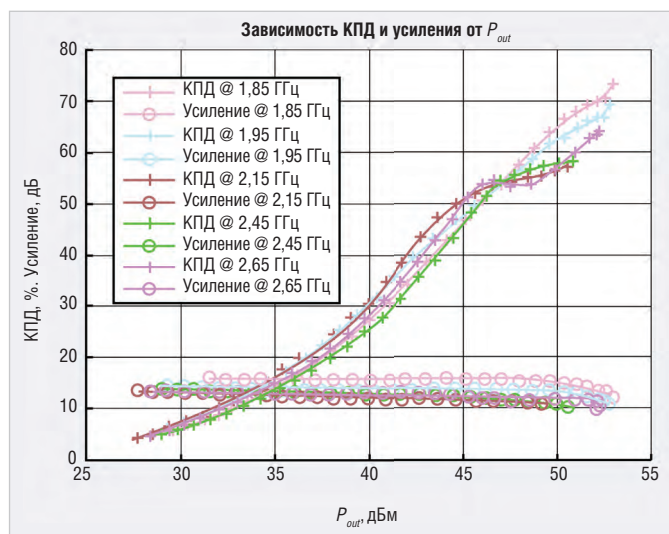


Рис. 10. Параметры инвертированного усилителя Догерти

и частотная зависимость импеданса $Z_{carrier}$, вещественная компонента которого немного отклоняется от значения 10 Ом (см. рис. 7, снизу). Это означает, что значение импеданса со стороны эквивалентного источника тока с несколькими гармониками на основной частоте во всём диапазоне 1,8–2,7 ГГц увеличивается в 2 раза от начальных 5 Ом на входе широкополосного выходного преобразователя импеданса, что является достаточно высоким значением для получения высокого КПД в условиях пониженной выходной мощности. При этом учитывается параллельная ёмкость на выходе транзистора C_{out} порядка 5 пФ и последовательная индуктивность L_{out} , включающая все проволочные соединения и рамку корпуса с выводами.

В рассматриваемом случае выходные реактивные компоненты транзистора представляют собой L-образную согласующую цепь в виде фильтра нижних частот, увеличивающую импеданс нагрузки на второй и более высоких

гармониках для внутреннего источника тока транзистора. На рисунке 8 представлены результаты моделирования параметров S_{11} и S_{21} в режиме малого сигнала в зависимости от частоты, демонстрирующие пропускную способность модифицированной инвертированной конструкции усилителя Догерти для диапазона 1,6–3,0 ГГц с коэффициентом усиления более 11 дБ.

На рисунке 9 показаны результаты моделирования в режиме большого сигнала для коэффициента усиления и КПД трёхдиапазонного инвертированного усилителя Догерти со следующими параметрами смещения: $V_g = -2,5$ В для основного транзистора, $V_g = -5,5$ В для пикового транзистора, напряжение питания $V_{dd} = 50$ В. В частотном диапазоне 1,8–2,7 ГГц были получены выходная мощность более 53 дБм и коэффициент усиления более 10 дБ. КПД стока превысил 50% в режиме насыщения и при 7 дБ уменьшении максимальной мощности на частотах 1,85; 2,15 и 2,65 ГГц. При этом при низких частотах и пико-

вой мощности в 52,5 дБм КПД превысил 70%. При уменьшении мощности до 46 дБм КПД превысил 50% во всём частотном диапазоне.

Тестовая схема инвертированного усилителя Догерти на основе двух 80 Вт нитридных транзисторов с внутренним согласованием была изготовлена на плате RO4350 толщиной 0,508 мм для работы в трёх полосах диапазона 1,8–2,7 ГГц. В качестве входного делителя использовался направленный ответвитель на основе связанных линий производства Anaren (модель X3C17A1-03WS), обеспечивающий максимальное отклонение фазы в $\pm 5^\circ$ и амплитуды в $\pm 0,5$ дБ в диапазоне 690–2700 МГц. Входная согласующая цепь, выходная цепь нагрузки и цепи питания и смещения (за исключением блокирующих конденсаторов) целиком составлены из микрополосковых линий различных электрических длин и характеристических импедансов.

На рисунке 10 представлены результаты измерений коэффициента усиления

Тестовые условия передачи сигналов

Тестовые условия	
Тестируемое устройство	1,8–2,7 ГГц УМ Догерти (2×80 Вт GaN HEMT)
Сигналы	1850 МГц GSM + 2650 МГц LTE (10 МГц)
Мощность GSM	42,62 дБм (18,2 Вт)
Мощность LTE, PAR 8 дБ	42,3 дБм (17 Вт)
PAR композитного сигнала	7,1 дБ
Общая ВЧ-мощность	35,2 Вт (45,5 дБм)
КПД	51%

и КПД для пяти частот выбранного диапазона. Значение коэффициента усиления превысило 9 дБ, в то время как КПД стока оказался больше 55% в режиме насыщения и порядка 50% при 7 дБ до уровня максимальной выходной мощности. Максимальный КПД составил более 70% на частотах менее 1,95 ГГц.

Усилитель также был протестирован в условиях реальных сигналов GSM и LTE (см. табл.). В результате благодаря применению собственного алгоритма линеаризации методом цифровой коррекции предскажений был получен КПД 51% при средней выходной мощности 45,5 дБм (18,2 Вт для сигнала GSM и 17 Вт для сигнала LTE). На рисунке 11 представлены спектральные характеристики усилителя после двухдиапазонной линеаризации: уровень внеполосной интермодуляции для сигнала GSM составил менее –70 дБн (см. рис. 11а), а коэффициент утечки в соседний канал для сигнала LTE – менее –57 дБн (см. рис. 11б).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Системы связи 4G/5G требуют разработки новых конструкций усилителей мощности, способных обеспечивать высокий КПД в широком частотном диапазоне для работы в нескольких полосах и соответствия нескольким стандартам связи одновременно. В этой статье был представлен проект конструкции усилителя Догерти, выполненный в NI AWR Design Environment (Microwave Office) на основе широкополосных транзисторов GaN HEMT диапазона 1,8–2,7 ГГц. Значения КПД составили около 50–60% для уровней выходной мощности порядка 100 Вт.

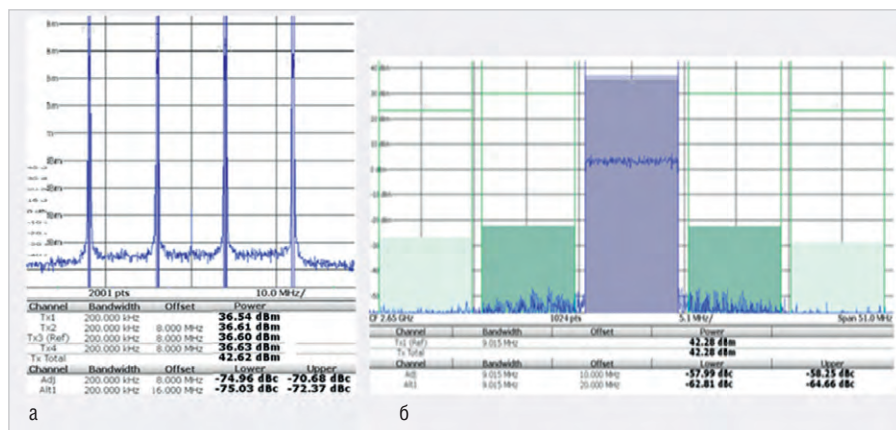


Рис. 11. Двухдиапазонная цифровая коррекция предскажений: а) сигнал GSM; б) сигнал LTE

ЛИТЕРАТУРА

1. Bathich K., Markos A.Z., Boeck G. A wideband GaN Doherty amplifier with 35% fractional bandwidth. Proc. 40th Europ. Microwave Conf. C. 1006–1009. 2010.
2. Bathich K., Gruner D., Boeck G. Analysis and design of dual-band GaN HEMT based Doherty amplifier. Proc. 6th Europ. Microwave Integrated Circuits Conf. C. 248–251. 2011.
3. Sun G., Jansen R.H. Broadband Doherty power amplifier via real frequency technique IEEE Trans. Microwave Theory Tech. Vol. MTT60. C. 99–111. Jan. 2012.
4. Wu D.Y., Annes J., Bokatijs M., Hart P., Kravac E., Tucker G. A 350 W, 790-to-960 MHz wideband LDMOS Doherty amplifier using a modified combining scheme. 2014 IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig. C. 1–4.
5. Yoshimura N., Umata H., Watanabe N., Deguchi H., Ui N. A 2.5–2.7 GHz broadband 40W GaN HEMT Doherty amplifier with higher than 45% drain efficiency for multi-band application. 2012 IEEE Radio and Wireless Symp. Dig. C. 53–56.
6. Monzon C. A small dual-frequency transformer in two sections. IEEE Trans. Microwave Theory Tech. Vol. MTT-51. C. 1157–1161. Apr. 2003.
7. Grebennikov A. RF and Microwave Power Amplifier Design. 2nd edition. McGraw-Hill. 2015.
8. Wu D.Y., Mkaem F., Boumaiza S. Design of broadband and highly efficient 45W GaN power amplifier via simplified real frequency technique. 2010 IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig. C. 1090–1093.
9. Cygan L.F. A high efficiency linear power amplifier for portable communications applications. 2005 IEEE Compound Semiconductor Integrated Circuit Symp. Dig. C. 153–157.
10. Abn G., Kim M., Park H., Jung S., Van J., Cho H., Kwon S., Jeong J., Lim K., Kim J.Y., Song S.C., Park C., Yang Y. Design of a highefficiency and high-power inverted Doherty Amplifier. IEEE Trans. Microwave Theory Tech. Vol. MTT-55. C. 1105–1111. June 2007.
11. Grebennikov A. Multiband Doherty amplifiers for wireless applications. High Frequency Electronics. Vol. 13. C. 30–46. May 2014.



НОВОСТИ МИРА

«Микрон» прошёл аудит на соответствие международному стандарту IATF 16949:2016

«Микрон», крупнейший производитель и экспортер микроэлектроники в России, первым среди отечественных производителей успешно прошёл аудит на соответствие системы менеджмента качества (СМК) требованиям международного стандарта IATF 16949:2016 в области проектирования и производства интегральных микросхем в форме кристаллов на пластинах для автопрома.

Письмо о соответствии (letter of conformance) получено по итогам аудита меж-

дународной независимой организации United Registrar of Systems Ltd. (URS Certification, Великобритания), который «Микрон» успешно прошёл в конце 2018 года. Через год при положительных результатах повторного аудита компания планирует получить сертификат соответствия, который позволит сделать важный шаг в развитии системы менеджмента качества для работы на новых рынках. В дорожную карту продукции «Микрона» для автопрома входят как стандартные массовые контроллеры, так и адаптированные под требования конкретных автопроизводителей. Первая партия новой линейки микросхем, управляющих светодиодными прибо-

рами освещения автомобилей, произведена в 2018 году.

Микроэлектроника для автомобильной промышленности является самым быстрорастущим сегментом мирового рынка. С 2016 года темпы его роста, по данным WardsAuto, в среднем составляют 13,4% в год.

«Микрон» осуществляет поставки продукции на экспорт с начала 90-х годов и в настоящее время является крупнейшим российским экспортером изделий микроэлектроники. Все бизнес-процессы в компании выстроены и сертифицированы в соответствии со стандартами ISO 9001, ISO 14001 и ISO 50001.

Пресс-служба ПАО «Микрон»

Формирование текстовой документации в САПР Altium

Евгений Кондратьев (evgeny.kondratiev@altium.com)

В статье рассмотрены функциональные возможности обновлённого вспомогательного программного модуля GOST 2.701-2008/2.106-1996 от компании Altium для решения задач формирования текстовой конструкторской документации на электронные модули, спроектированные в САПР Altium Designer и Altium NEXUS.

Цели и задачи стандартизации

В 1968 году в СССР Госстандартом была введена в действие Государственная система стандартизации, одним из элементов которой стала Единая система конструкторской документации (ЕСКД): группа ГОСТов – 2, первая редакция – 1971 год. ЕСКД пришла на смену Системе чертёжного хозяйства (СЧХ) и явилась значительным шагом в деле стандартизации.

Стандартизация – это установление и применение правил с целью упорядочения деятельности в определённой области на пользу и при участии всех заинтересованных сторон, в частности для достижения всеобщей оптимальной экономии при соблюдении условий эксплуатации и требований безопасности.

Одной из основных задач стандартизации является установление норм, требований и методов в области проектирования и производства продукции с целью обеспечения её оптимального качества и исключения нерационального многообразия видов, марок и типоразмеров комплектующих элементов, а также создание единой системы технической документации.

27 декабря 2002 года был принят Федеральный закон РФ № 184-ФЗ «О техническом регулировании», в соответствии с которым обязательное выполнение требований ГОСТов на территории РФ отменяется, их требования приобретают рекомендательный характер.

Обязательными для исполнения являются т.н. технические регламенты, сфера охвата которых весьма ограничена. В переходный период до разработки и введения в действие технических регламентов действуют соответствующие ГОСТы.

Таким образом, организациям, занимающимся проектированием и реали-

зацией инсталляций, предоставляется уникальный шанс: есть возможность взять из системы ГОСТов всё лучшее, что помогает существенно упростить и удешевить процессы проектирования и отработки технической документации, и отбросить всё лишнее, не выдержавшее проверку временем или представляющееся избыточным.

Соответствие ГОСТам – по-прежнему обязательное требование при проведении многих тендеров, конкурсов, представлении проектов и сдаче в эксплуатацию готовых комплексов – в случае, когда заказчиком выступает государственная организация.

В настоящее время проектирование электронных модулей на основе печатных плат выполняется в САПР, где проектные данные агрегируются в виде электронных моделей, содержащих в себе, в том числе, и состав изделия. Различные службы требуют предоставлять его в форме текстовых конструкторских документов.

Текстовый конструкторский документ – это конструкторский документ, содержащий в основном сплошной текст или текст, разбитый на графы. Виды текстовых документов определены ГОСТ 2.102 и ГОСТ 2.113, формы и правила выполнения спецификаций, ведомостей и прочих документов определяет ГОСТ 2.106, а перечень элементов – ГОСТ 2.701.

Процесс создания текстовой документации на электронный модуль в целом начинается после глубокой проработки электрической схемы. Под глубокой проработкой прежде всего следует понимать не наличие связей на схеме и её приведение в соответствие с ЕСКД, а качественно-количественный показатель. При этом зачастую на отечественных предприятиях от разработчика требуют уже на ранних стадиях проекта представить ведомость

покупных изделий (ВПИ) для передачи в обработку отделу снабжения. Это, как правило, связано с большими сроками поставки (от недель до нескольких месяцев) и является, так сказать, опережающей закупкой комплектующих, даже в ущерб качеству и количеству. В результате предприятие принимает на себя риски, связанные с тем, что проект может претерпеть изменения и часть комплектующих «осядет» на складе.

В связи с этим последовательность создания документов несколько отличается от предложенной в ЕСКД: на первом месте – ведомость покупных изделий, затем – перечень элементов (ПЭ) и на последнем месте в списке – спецификация. Остальные текстовые документы, необходимые для полного комплекта, в данной статье рассматриваться не будут.

Здесь также следует сказать о правильном и своевременном заполнении реквизитной части проектных данных. Впоследствии они являются источником данных для реквизитов и атрибутов основной надписи согласно ГОСТ 2.104 для всех видов документов. Это важно для последующей идентификации документов в хранилище предприятия, как бумажном, так и электронном (PDM/PLM/ERP).

Задача автоматизированного формирования ВПИ, ПЭ и спецификации, несмотря на сложность сортировки данных, решена во многих программных приложениях. Зачастую они работают как самостоятельные редакторы с функцией импорта данных в нейтральных форматах. Всеобщая тенденция к сокращению времени проектирования диктует требования автоматизированного формирования текстовых документов непосредственно из электронной модели изделия без участия дополнительных конверторов проектных данных. Последние, хотя и снижают время формирования текстовых документов по сравнению с ручным вводом с дней и часов до минут, тем не менее гораздо медленнее средств прямого формирования документов из моделей, где время генерации не превышает нескольких секунд/минут.

Компания Altium LLC для реализации этой задачи в своих флагманских САПР Altium Designer и Altium NEXUS выпустила обновлённый программный модуль GOST 2.701-2008/2.106-1996 (GOSTBOM). К основным достоинствам модуля можно отнести то, что формируемые файлы документов в формате Excel® не требуют установленного приложения Microsoft Excel®, а также упрощённый процесс настройки и внедрения на предприятии.

Основными причинами модернизации модуля GOSTBOM стали:

- расширение функциональных возможностей;
- адаптация под новые технологии Altium;
- оптимизация производительности;
- системная интеграция.

Далее в рамках данной статьи будут рассмотрены основные приёмы работы с модулем GOSTBOM по формированию текстовых конструкторских документов (перечень элементов, ведомость покупных изделий, спецификация).

Установка и начальная настройка модуля

Модуль GOSTBOM входит в дистрибутив ПО Altium, но требует дополнительной установки пользователем, поскольку является региональным. Установка модуля производится на установленном ПО Altium из пользовательского интерфейса в разделе *Extensions & Updates* (см. рис. 1).

Для корректной работы комплекса (Altium & GOSTBOM) в состав модуля были добавлены шаблоны листов схем, которые содержат основные надписи по ЕСКД и форматы с А4 по А0. Установка шаблонов производится командой *Copy Templates*. Шаблоны листов схем будут скопированы в папку, указанную на странице системных настроек *Data Management* → *Templates*.

Для корректного заполнения текстом граф, размер которых регламентирован ГОСТом, в формируемых документах рекомендуется установить шрифт, который используется в шаблонах (по умолчанию) текстовых документов и листов схем. Шрифт находится в папке установленного модуля. Не рекомендуется менять шрифт по умолчанию. При изменении шрифта изменяется его гарнитура: плотность и насыщенность – в связи с этим данные могут не уместиться в соответствующие ячейки таблицы отчёта.

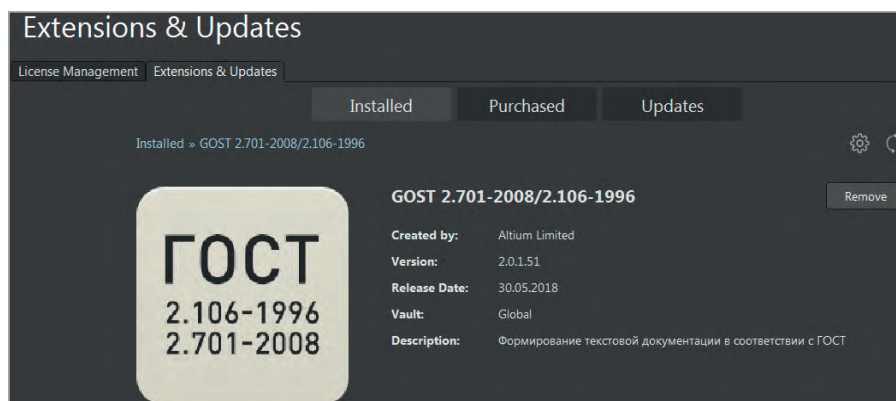


Рис. 1. Модуль GOSTBOM

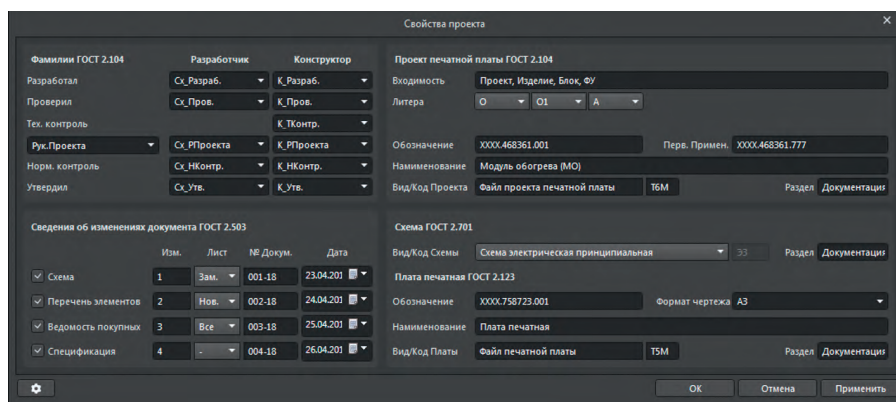


Рис. 2. Диалоговое окно редактирования свойств проекта

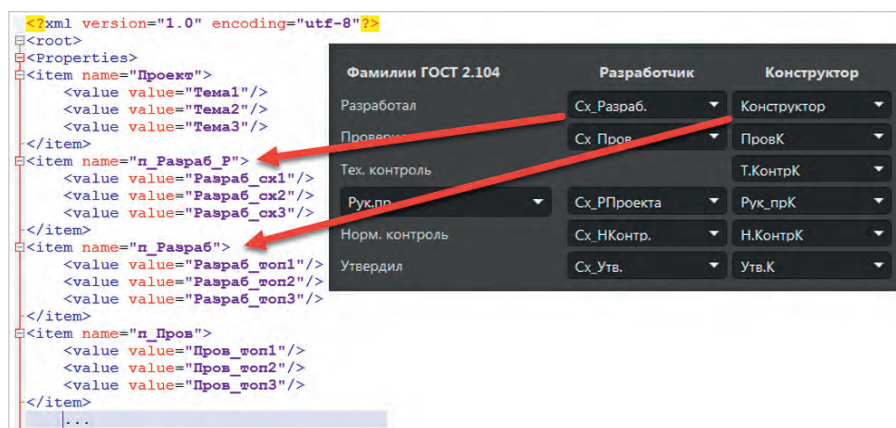


Рис. 3. Блок заполнения сведений о подписании документов

Заполнение свойств проекта

Подготовительным этапом создания текстовых документов является заполнение реквизитной части проектных данных, которые будут использованы как при заполнении основной надписи электрической схемы, так и в документах, генерируемых модулем GOSTBOM. Для заполнения и редактирования реквизитов применяется команда *Project Properties*, которая открывает диалоговое окно «Свойства проекта» (см. рис. 2).

Диалоговое окно разделено на информационные блоки. Блок сведений об авторах проектных данных

заполняется согласно ГОСТ 2.106, также учитывается разделение ответственности по проектным задачам: проектирование электрической схемы и конструкции печатной платы.

Для сокращения времени заполнения предусмотрены выпадающие списки, которые допускается править. Справочник списков расположен в папке модуля GOSTBOM – файл *Settings.xml* (см. рис. 3).

Блок «Сведения об изменениях документа ГОСТ 2.503» предусматривает возможность вносить данные об изменениях для каждого формируемого документа в отдельности. Изме-



Рис. 4. Пример заполненной основной надписи листа схемы

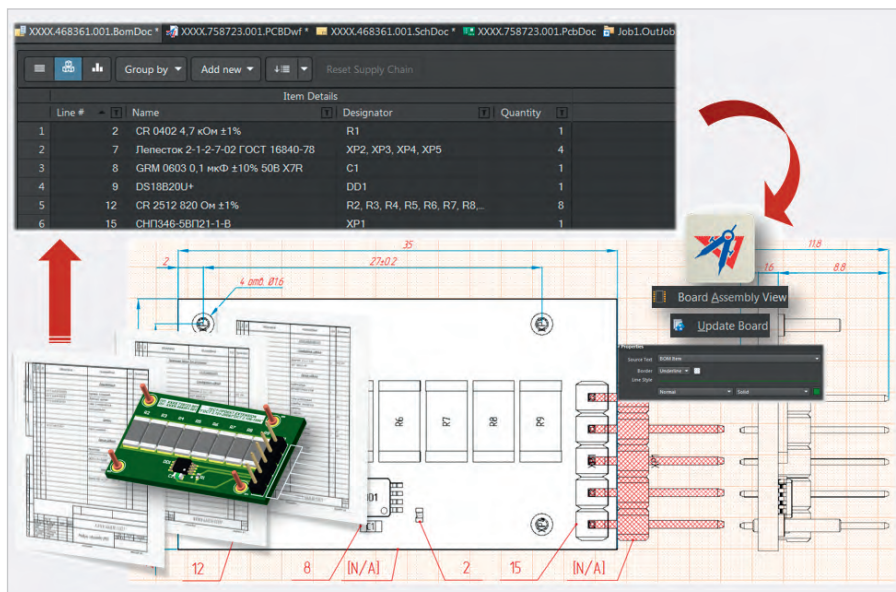


Рис. 5. Добавление позиционных обозначений на сборочный чертёж

нения разнесены с учётом специфики
и в дополнение к стандартам.

Значения свойств информационных блоков «Проект печатной платы ГОСТ 2.104» и «Схема ГОСТ 2.701» заполняются в соответствии с указанными стандартами. Дополнительно к требованиям ГОСТов введены такие атрибуты, как «Входимость», «Вид/Код Проекта», «Вид/Код Платы» и «Раздел», которые заполняются на усмотрение пользователя. Результат заполнения основной надписи в документе «Схема электрическая принципиальная» представлен на рисунке 4.

Атрибуты проекта после первого применения команды *ProjectProperties* добавляются в параметры проекта *Project Options... → Parameters*.

После рассказа о подготовке реквизитной части проекта следует сказать несколько слов об общих принципах работы модуля GOSTBOM:

- модуль не требует предустановленного ПО Microsoft Office;
- отчёты формируются в виде таблиц Excel, которые, в свою очередь, будут включены в папку *Other Documents*;

имена документов выполнены по схеме «Имя файла проекта + Код документа.xls»; перейти к отчёту в проводнике или открыть для просмотра и/или печати можно, находясь непосредственно в интерфейсе ПО Altium;

- в случае удаления, переименования шаблонов (специальным или случайным образом) в модуле предусмотрено повторное копирование исходных шаблонов;
- модуль работает с вариантами проекта – в терминологии ЕСКД варианты проекта равносильны исполнениям изделия; при наличии вариантов генерируются групповые текстовые документы согласно ГОСТ 2.113;
- модуль работает с данными, полученными из ActiveBOM; для формирования отчётов файл *.BOMDoc не требуется; при наличии файла *.BOMDoc модуль работает с пользовательскими записями *custom item*, *row item*; кроме того, после применения команды *Specification* в поле *#line* заносятся номера позиций;
- согласно ГОСТ 2.710 п. 2.2.11 и приложению 1 в модуле реализован

справочник буквенных кодов видов элементов и их названий (файл *DesignatorDevice.xml*):

- в целях корректной работы модуля необходимо указать параметр(ы) вставки в отчёты для поля «Наименование»; по умолчанию в качестве наименования указан параметр компонентов со значением *Comment*.

ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ

Формирование документа ПЭ производится путём запуска команды *ListOfElements* при активном документе листа схемы проекта печатного узла. В зависимости от наличия исполнений, в проекте формируется единичный или групповой документ. Такой подход исключает необходимость добавлять статическую таблицу исполнений на листы схемы.

Ведомость покупных изделий

Формирование документа ВП выполняется согласно ГОСТ 2.106 и ГОСТ 2.113 на основании всех спецификаций данного изделия. Возможность формирования ВП добавлена опционально, на случай если проект печатного узла является самостоятельным изделием.

Формирование документа ВП производится путём запуска команды *ListOfPurchased* при активном документе листа схемы проекта печатной платы.

СПЕЦИФИКАЦИЯ

Учитывая, что электронная модель печатного узла в формате данных Altium Designer не содержит все необходимые сведения для получения полноценной спецификации, в модуле GOSTBOM предусмотрены инструменты для внесения дополнительных данных на проектируемый печатный узел, а именно:

- для заполнения в спецификации данных о печатной плате как составной части, входящей в специфицируемое изделие, предусмотрены графы в диалоговом окне «*Свойства проекта*» (см. рис. 2);
- для внесения данных в разделы «*Документация*», «*Материалы*» и «*Комплекты*» предусмотрены соответствующие команды (*Documentation*, *Materials*, *Kits*), которые доступны в редакторе печатных плат; вносимые сведения имеют стандартные записи, поэтому предлагается выбирать их из выпадающих списков, которые чита-

ются из справочника, расположенного в папке модуля GOSTBOM (файл *DefaultValues.xml*).

Внесённые сведения для разделов «Документация», «Материалы» и «Комплекты» записываются непосредственно в параметры проекта *Project Options...* → *Parameters*, что позволяет вносить данные в проект один раз. Стоит отметить, что эти данные не синхронизируются с документом ActiveBOM (*.BOMDoc).

Формирование спецификации производится путём запуска команды *Specification* при активном файле топологии проекта печатного узла. В зависимости от наличия исполнений, в проекте формируется единичный или групповой документ.

После генерации спецификации и при наличии в проекте печатного узла документа ActiveBOM (*.BomDOC) доступна возможность синхронизировать позиционные обозначения на сборочном чертеже (*.PCBDwf), формируемом средствами ПО Altium в редакторе Draftsman (см. рис. 5).

После внесения изменений в состав проекта (добавление, удаление компонентов) для обновления позиций на чертёж потребуется повторная генерация новой версии спецификации и обновление сборочного чертежа.

ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКТА ДОКУМЕНТАЦИИ В РЕДАКТОРЕ OUTJOB

С целью формирования требуемого комплекта выходной документации в файлах типа *.OutJob для генерации документов ПЭ, ВП, «Спецификация» в разделе *Report Outputs* добавлена настройка включения требуемых документов (см. рис. 6).

В случае если какой-либо из отчётов был сформирован ранее, он будет перезаписан. Останется только проследить

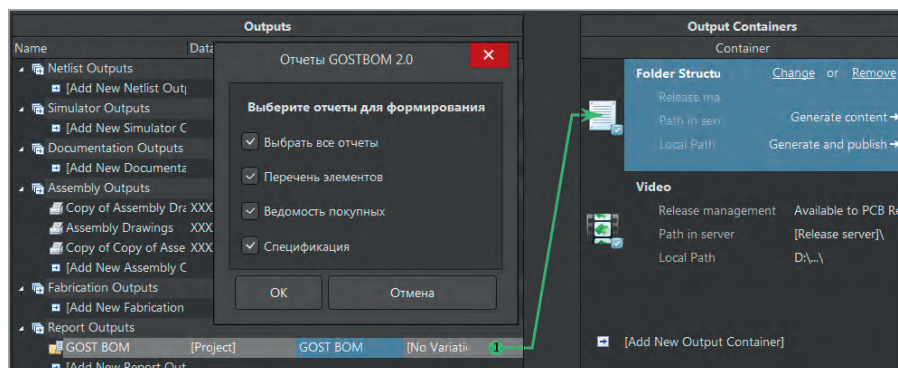


Рис. 6. Настройка пакетного формирования выполнения отчётов

за тем, чтобы отчёты не были открыты и отсутствовал атрибут «Только для чтения». Последнее замечание актуально при хранении электронных документов в различных PDM-системах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обновлённый программный модуль GOST 2.701-2008/2.106-1996 в САПР Altium Designer и Altium NEXUS учитывает целостность проектных данных и обеспечивает высокую степень автоматизации формирования конструкторских документов, таких как «Перечень элементов схемы электрической», «Ведомость покупок изделий» и «Спецификация».

Предложенный алгоритм формирования текстовой документации непосредственно в САПР Altium ориентирован в основном на разработчиков, которые выполняют весь цикл проектирования самостоятельно и не имеют в своём арсенале специализированных средств и инструментов управления проектными данными (PDM-системы).

В модуле GOSTBOM при формировании ПЭ, ВП и спецификации максимально учтены требования следующих нормативных документов:

- ГОСТ 2.004-88 Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печата-

ющих и графических устройствах вывода ЭВМ;

- ГОСТ 2.051-2013 Электронные документы. Общие положения;
- ГОСТ 2.052-2006 Электронная модель изделия. Общие положения;
- ГОСТ 2.053-2013 Электронная структура изделия. Общие положения;
- ГОСТ 2.055-2014 Электронная спецификация. Общие положения;
- ГОСТ 2.102-2013 Виды и комплектность конструкторских документов;
- ГОСТ 2.103-2013 Стадии разработки;
- ГОСТ 2.104-2006 Основные надписи;
- ГОСТ 2.106-96 Текстовые документы;
- ГОСТ 2.113-75 Групповые и базовые конструкторские документы;
- ГОСТ 2.201-80 Обозначение изделий и конструкторских документов;
- ГОСТ 2.301-68 Форматы;
- ГОСТ 2.413-72 Правила выполнения конструкторской документации изделий, изготавливаемых с применением электрического монтажа;
- ГОСТ 2.503-2013 Правила внесения изменений;
- ГОСТ 2.701-2008 Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению;
- РД 107.2.1002-89 Номенклатура и коды прочих документов и инструкций;
- ОСТ 4.000.030-85 Конструкторская документация. Выполнение спецификаций.



НОВОСТИ МИРА

«РОСЭЛЕКТРОНИКА» РАЗРАБАТЫВАЕТ «КОНСТРУКТОР» ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АЭС

«Росэлектроника» разрабатывает программно-технический комплекс для создания распределённых систем управления АЭС.

Новый комплекс «Урал-Атом» позволяет создавать распределённые системы управления технологическим объектом, в которых за работу каждого вида оборудования отве-

чает отдельный модуль. Данные системы отличаются от централизованных большей надёжностью и снижением вероятности отказов по общей причине – отключения двух или более компонентов из-за единичной неполадки. Существенным отличием комплекса от аналогов является возможность максимально адаптировать комплект модулей автоматизации под требования конкретного заказчика.

Планируется сертификация комплекса в соответствии с зарубежными стандартами для поста-

вок оборудования на экспорт. На сегодняшний день разработчиком комплекса – АО «НПП «Рубин» в сотрудничестве с АО ФНПЦ «ПО «СТАРТ» реализуется совместный проект по созданию опытного образца интеллектуального электро-технического шкафа управления, где будут применены средства «Урал-Атом». Совместная разработка позволит в перспективе сократить объёмы используемой на АЭС аппаратуры.

Пресс-служба Объединённой «Росэлектроники»

Имущественные права на выставку

Геннадий Фокин (finas@live.ru)

Выставка – это ярмарка тщеславия, бизнес-площадка, продукт, вернисаж инноваций, собственность или актив?

Возможно ли закрепить имущественные права на выставку?

Ответы на эти вопросы даются в статье.



Социально-экономическое значение выставки, форума и любого event-мероприятия растёт с каждым годом. Конечно, не у всех хозяйствующих субъектов хватает ресурсов для системного участия в этих мероприятиях, но именно там представляется возможность познакомиться с инновациями, презентовать и обсудить технологии, продукты, услуги, интеллектуальную собственность, активы, ноу-хау (секреты производства) и франшизы.

Однако существует и ряд проблем, например эффективность выставки для экспонентов и посетителей.

Современные выставки поддерживаются рекламными кампаниями, однако организаторы прежде всего думают о своих экономических и репутационных интересах, что вполне оправданно; при этом экспоненты и посетители становятся только фоном выставочной индустрии. Как следствие, падают интерес и приток экспонентов, посещаемость выставки, эффективность инвестиций. Соответственно, жизненный цикл выставки, как правило, невелик.

При этом в настоящее время сама выставка как сценарий event-мероприятия и актив её организатора не является предметом предпринимательской и финансово-хозяйственной деятельности. Попробуем разобраться, чего не хватает выставочной индустрии.

Для стимулирования и повышения эффективности индустрии нужно менять формат мероприятий: в условиях цифровой экономики формат выставки, форума или иного event-мероприятия должен приобрести новые формы и предоставить экспонентам и посетителям новые сервисы.

Чтобы выставка прошла успешно для экспонентов и посетителей, её подготовка, организация и проведение должны быть креативными и эффективными. Подготовка и органи-

зация выставки остаются за кадром, но требуют больших инвестиций, затрат и профессионализма. Выставки проводятся у всех на глазах, но постоянно корректируются неожиданными обстоятельствами и дополняются различными мероприятиями, например презентациями в рамках деловой программы или паспортизацией интеллектуальных активов и франшиз экспонентов.

Российский союз выставок и ярмарок (РСВЯ), Комитет ТПП РФ по выставочно-ярмарочной и конгрессной деятельности, Совет ТПП РФ по интеллектуальной собственности последнему вопросу начали уделять внимание, но пока не пошли дальше противодействия контрафакту: скорее всего, не хватает опыта и компетенций по коммерциализации технологий, стандартов, регламентов, ноу-хау и управлению рисками административных, налоговых, уголовных правонарушений гражданского оборота интеллектуальной собственности.

Конечно, имеется проблема эффективного подтверждения авторских прав и личности автора, правопреемника, но для этого существует сертификация результатов интеллектуальной и научно-технической деятельности с целью признания интеллектуальных прав.

Если выставку рассматривать как имущественный комплекс, то что формирует этот актив и пассив её организатора? Как организатор выставки превращается в её собственника? Как ему подтвердить и использовать свои права? Какие это права и в чём их выгода?

Каждая выставка, как и любое event-мероприятие, имеет сценарий (потенциальный объект авторского права). Чем он лучше (специфичнее для отрасли, разнообразнее для экспозиции, удобнее для демонстрации экс-

понатов и общения заинтересованных лиц), тем более привлекателен для экспонентов и посетителей. При этом периодическая выставка может адаптироваться к площадке, модифицироваться по бизнес-задачам её организации и проведения.

Порядок подготовки, организации, проведения выставки можно оформить в виде методики, регламента, стандарта – как результатов интеллектуальной деятельности (РИД). Если добавить в них новизны, уникальности и/или оригинальности (именно в этом суть привлекательности выставки для экспонентов и посетителей), то путём оценки соответствия РИД условиям охраны авторским, смежным, патентным правом по правилам профильной системы сертификации эту методику, регламент, стандарт (по сути, саму выставку) можно в соответствии с правовыми нормами статьи 1226 ГК РФ объективно признать интеллектуальной собственностью (объектом авторского права), в отношении которой законодательно признаются интеллектуальные права, одно из которых является имущественным, – исключительное право, актуальное несколько поколений.

В этом случае любое несанкционированное описание (например, регламентация, унификация или стандартизация и реклама), воспроизведение (например, в форме её исполнения, проведения, реализации), тиражирование (например, как производных произведений) выставки будут квалифицироваться как правонарушение, а также появится возможность стоимостной оценки, коммерциализации, страхования, судебной защиты интеллектуальных прав. При этом организатор выставки получит реальный актив своего предприятия и дополнительный предмет своей предпринимательской деятельности.

Целесообразно провести оценку стоимости исключительного права по критериям эффективности, перспективности и страхование рисков нарушения, утраты всего комплекса интеллектуальных прав. Это исключительно полезно для инвестиционной, арбитражной практики и компенсации потерь страховой премией.

Если методика подготовки, организации и проведения выставки имеет самостоятельно используемые и охраняемые авторским правом составные части, то это уже совокупность имущественных прав и коллекция новых возможностей, конкурентных преимуществ.

Таким образом, задача создания продукта и собственности, капитализации нематериальных активов предприятия и ликвидности бизнеса решена. Однако для оценки соответствия потребуются спецификация РИД для идентификации сути и видовых признаков, специалисты по оценке соответствия РИД и, главное, объективность оценки соответствия РИД.

Типовые формы спецификаций РИД стандартизованы для объектов авторского, смежного, патентного права и ноу-хау (отраслевые стандарты АСМК.013МУ-2013; АСМК.014МУ-2013; СТО АСМК.021МУ-2015), но их заполнение – искусство не для аудитора, оценщика, патентоведа, юриста. Нужны специалисты по паспортизации, менеджменту и управлению рисками гражданского оборота интеллектуальной собственности (ГОИС) – придется искать и приглашать поводыря с компетенциями эксперта-аудитора профессионального менеджмента интеллектуальной собственности (ПМИС).

Для объективного признания интеллектуальной собственности и прав на неё необходимы правоподтверждающие документы и сертификация их соответствия установленным требованиям, задачам, практикам.

Сертификация продукции на соответствие стандартам и условиям договоров – международная практика профилактики рисков упущенной выгоды и правонарушений в сфере проектирования, разработки, производства, реализации, экспорта, импорта.

Задачи сертификации РИД – объективное (независимое от поставщика, потребителя, налогового) признание и паспортизация интеллектуальной собственности с целью обеспечения

правоподтверждающими документами на интеллектуальную собственность для предпринимательской деятельности и арбитражной практики; аудита интеллектуальных, нематериальных активов и оценки имущественных интеллектуальных прав, имущественной ценности нематериальных активов; защиты инвестиций и страхования рисков нарушений, утраты интеллектуальных прав; профилактики рисков упущенной выгоды и административных, налоговых, уголовных правонарушений гражданского оборота интеллектуальной собственности.

Для объективного признания интеллектуальной собственности, созданной работниками в порядке трудовых отношений и обязанностей, имущественных прав на неё и закрепления этих имущественных прав за выставочной компанией необходимо большое количество правоподтверждающей документации и трудозатрат – эти задачи целесообразно решать в порядке реализации программы инновационного развития интеллектуальных активов выставочной компании и её практик профессионального менеджмента интеллектуальной собственности для защиты инвестиций в выставочную деятельность и инновации. При этом речь идёт о защите не интеллектуальной собственности (при наличии правоподтверждающих документов это сделать достаточно просто), а именно инвестиций и франшиз.

Оптимизация задачи объективного признания интеллектуальной собственности и прав на неё (сертификации) решается с использованием договора авторского заказа или договора об отчуждении исключительного права, однако шаблоны этих документов из правовых информационных систем нельзя назвать подходящими: всегда приходится исходить из конкретных задач и рисков (рекомендаций и типовых шаблонов договоров от «академических» юристов также целесообразно избегать).

Вместе с тем задача объективного признания и паспортизации интеллектуальной собственности уже решена стандартами ПМИС серии «Интеллектуальная собственность и инновации» и профильными системами сертификации, например по правилам системы сертификации интеллектуальных активов СДС ОИС (государственный регистрационный № РОСС RU.Ж157.04АД00, стандарт

СТО.9003-10-2011). К сожалению, профессиональное сообщество РСВЯ ничего подобного не имеет: попытки запустить в эксплуатацию «корпоративную» систему сертификации менеджмента интеллектуальной собственности «Творческий капитал» успехом не увенчались.

Между тем правила СДС ОИС позволяют легализовать интеллектуальную собственность любой сложности и объективной формы. В результате оценки соответствия РИД и правоподтверждающих документов требованиям стандартов ПМИС и условиям договоров заказчик получает отчёт об оценке соответствия РИД, авторское свидетельство и сертификат признания интеллектуальной собственности или ноу-хау.

Ситуация с объективным признанием и паспортизацией интеллектуальной собственности более-менее ясна, но остаётся главный вопрос каждого хозяйствующего субъекта, рачительного к своим инвестициям: зачем?

Главное преимущество – монополия правообладателя без нарушений антимонопольного законодательства; кроме того, судебная защита имущественных прав, инвестиций и страхование рисков, а также конкурентные преимущества:

- добавленная стоимость продукции, технологий, инноваций, ноу-хау, франшиз;
- замещение дивидендов из прибыли на лицензионное вознаграждение учредителям;
- инвестиционная, залоговая привлекательность имущественных прав и льготы по НДС;
- капитализация предприятия и ликвидность бизнеса за счёт нематериальных активов;
- монополия единственного поставщика-лицензиара по конкурсным закупкам;
- паспортизация интеллектуальной собственности, ноу-хау и франшиз;
- паспортизация продукции и технологий с интеллектуальной собственностью;
- расширение продуктовой линейки и построение лицензионных сетей (франчайзинг);
- формирование и увеличение уставного капитала имущественными правами;
- эффективная лицензионная политика, практика и другие выгоды по методикам ПМИС.

Выставка сама по себе является очень дорогостоящим активом. Её задача – помочь производителю, смежнику, поставщику и покупателю найти друг друга. При этом организатор выставки может предложить экспонентам и посетителям гораздо больше. Например, в области легализации и гражданского оборота интеллектуальной собственности это:

- аудит и прогноз эффективности интеллектуальной собственности;
- аутсорсинг профессионального менеджмента интеллектуальной собственности;
- защита инвестиций в интеллектуальные активы, инновации и управление рисками;
- инвентаризация и оптимизация состава, учётной стоимости нематериальных активов;
- объективное признание и паспортизация интеллектуальных активов, ноу-хау, франшиз;
- оценка соответствия РИД условиям охраны авторским, смежным, патентным правом;
- оценка стоимости и страхование рисков нарушений, утраты интеллектуальных прав;
- паспортизация результатов научно-технической деятельности (РНТД), технологий и продукции с интеллектуальной собственностью;
- приватизация и закрепление имущественных интеллектуальных прав;
- формирование лицензионной политики и поддержка лицензионной практики.

В этом случае выставочная компания должна стать центром компетенций ПМИС, научить сотрудников коммерциализации компетенций или пригласить поводыря и включить в свою методику подготовки, организации и проведения выставки необходимые сервисы, например по типовой программе подготовки, организации и проведению выставок.

Задачи профилактики правового нигилизма и защиты инвестиций в инновации, интеллектуальные активы решают техническое регулирование гражданского оборота, объективное признание, паспортизация интеллектуальной собственности необходимыми правоподтверждающими документами и стандарты, практики, франшизы ПМИС.

Использование стандарта СТО АСМК.021МУ-2015 «СМК. Создание интеллектуальной собственности и

вознаграждения работников согласно правовым нормам статьи 1295 и 1370 ГК РФ» и других стандартов ПМИС позволяет оптимизировать создание и функционирование корпоративной, региональной, отраслевой системы менеджмента качества (СМК) интеллектуальных активов и франшиз.

Естественно, всё это определяет перспективы экономического роста России и бизнеса.

Интеллектуальная собственность стала объектом инвестиций и драйвером мировой экономики имущественных прав на РНТД и бизнес-технологии; способом реализации монополии исключительного права без нарушения антимонопольного законодательства; инструментом создания и поддержки производственных и торговых сетей на условиях франчайзинга; добавленной стоимостью стартапов, продукции и технологий; золотовалютным резервом в составе нематериальных активов предприятий и главным обеспечением ликвидности бизнеса.

Отечественный бизнес инвестирует в инновационные технологии и интеллектуальные активы. При этом интеллектуальная собственность, нематериальные активы и договорная практика, как правило, не обеспечены правоподтверждающими документами в необходимых объёме и качестве, т.к. ни один договор сам по себе не подтверждает наличия интеллектуальной собственности (охраны РИД авторским, смежным, патентным правом) и объективного признания интеллектуальных прав, а только устанавливает условия и обязательства сторон сделки в отношении нематериального объекта.

Особенно неприятно, когда не определены задачи и приоритеты инвестиций в инновации, интеллектуальные активы и бизнес «заточен» на патентное право, пренебрегая авторским правом. При этом у работников (должностных лиц) и привлекаемых консультантов не хватает профессиональной компетентности, и лебедь, рак и щука тянут в разные стороны, учёт нематериальных активов свидетельствует об уклонении от налога на прибыль, а копирайт на сайте хозяйствующего субъекта – о намеренном введении контрагентов в заблуждение.

Защиту инвестиций и профилактику рисков упущенной выгоды, административных, налоговых, уголовных

правонарушений ГОИС в объективной форме технических заданий, рецептов, спецификаций, публикаций, диссертаций, методик бизнес-процессов и стандартов на технологии (объектов авторского права и ноу-хау), учёта и использования нематериальных активов обеспечивают объективное признание (сертификация) и паспортизация интеллектуальной собственности правоподтверждающими документами.

Как правило, это последовательное решение взаимосвязанных задач:

- оценка соответствия стандартам, условиям договоров и эффективности РИД;
- реализация программы инновационного развития интеллектуальных активов;
- профессиональный менеджмент интеллектуальной собственности.

Помочь отечественному бизнесу могут и должны выставочные компании.

В завершение немного о программе инновационного развития интеллектуальных активов выставочной компании. По сути это дорожная карта паспортизации объективно признанной интеллектуальной собственности необходимыми правоподтверждающими документами для решения таких бизнес-задач, как формирование и использование нематериальных активов; гражданский оборот интеллектуальной собственности; оценка и коммерциализация имущественных интеллектуальных прав, нематериальных активов; реализация лицензионной политики и добавленной стоимости; страхование рисков нарушения и утраты интеллектуальных прав; обеспечение доказательств для судебной защиты интеллектуальных прав и инвестиций.

Программа инновационного развития интеллектуальных активов является многофункциональным инструментом управления рисками гражданского оборота и коммерциализации интеллектуальной собственности, регламентирует, зачем и как это делать, готовится специалистами ПМИС, а также может интегрироваться в широко известные программы инновационного развития предприятий соответствующими разделами.

С обзорной презентацией, посвящённой методологии, стандартам и практикам ПМИС, можно ознакомиться в дополнительных материалах к статье на сайте www.soel.ru.



POWER ELECTRONICS



16-я Международная выставка
компонентов и модулей
силовой электроники

22-24 октября 2019
Москва, Крокус Экспо

Силовая Электроника

ufi
Approved
Event

Единственная в России
специализированная
выставка компонентов
и модулей силовой электроники
для различных отраслей
промышленности

Организатор — компания MVK
Офис в Санкт-Петербурге



Международная
Выставочная
Компания

Реклама

+7 (812) 380 6009/00
power@mvk.ru

Подробнее о выставке:

powerelectronics.ru

12+

«Электроника» и «Автоматизация» на Урале: передовые технологии и новые перспективы

С 27 по 29 ноября 2018 г. в «Центре Международной Торговли Екатеринбург» с успехом состоялись знаковые для специалистов в области автоматизации и электроники события – XIV Международная специализированная выставка «Передовые Технологии Автоматизации. ПТА-Урал 2018» и IV Международная специализированная выставка «Электроника-Урал 2018». Мероприятия собрали на одной площадке производителей, системных интеграторов и дистрибьюторов интеллектуальных систем и компонентов из России и других стран.



В ходе торжественной церемонии открытия с приветственным словом к участникам и гостям выставок обратились исполнительный директор Союза оборонных отраслей промышленности Свердловской области Владимир Андреевич Кукарских, президент ассоциации «Уральский приборостроительный кластер» Сергей Александрович Чурсин, главный специалист Комитета промышленной политики и развития предпринимательства администрации города Константин Андреевич Железников, представитель компании «Пепперл + Фукс» на Урале Сергей Николаевич Рыжов и директор по выставочной деятельности ООО «ЭКСПОТРОНИКА» Надежда Борисовна Колосова.

В рамках выставок и деловой программы посетители смогли ознакомиться с передовыми разработками, новинками продукции и инновационными решениями таких компаний, как ABB, Siemens, «Пепперл + Фукс», «Бекхофф», OMRON, iRidium mobile, Schroff, Embedded Systems, DataLine, Positive

Technologies, ПРОСОФТ, «ИнСАТ», НПО «Карат», «Прософт-Системы», SMS Metallurgical Service и многих других производителей, поставщиков и системных интеграторов. Так, в выставочной зоне компаний Positive Technologies и «ИнСАТ» (MasterSCADA)

развернулся совместный стенд, на котором был продемонстрирован ряд наиболее актуальных сценариев атак на технологические сети предприятия с использованием рядовых уязвимостей и устройств. Компания «Прософт-Системы» познакомила аудиторию с семейством ПЛК Regul RX00, а также с проектами в области создания систем управления технологическими процессами. DataLine рассказала о технологии облачной инфраструктуры для компаний любого размера. Также посетители смогли прогуляться по самому крупному коммерческому дата-центру DataLine в виртуальной реальности.

Насыщенная деловая программа в первый день началась с проведения IX Специализированной конференции «АПСС-Урал 2018. Автоматизация: Проекты. Системы. Средства».

Посетители заслушали доклады экспертов в секции «Industry 4.0 – принципы создания цифрового предприятия», где специалисты компаний «Прософт-Системы» и ПРОСОФТ представили новинки оборудования для решения задач автоматизации, реализации проектов промышленного Интернета вещей и Ethernet-сетей.

Далее эксперты компании DataLine поделились опытом использования IAAS в России, обсудили преимущества облаков для бизнеса и рассказали, как



подобрать виртуальную инфраструктуру под конкретные цели и задачи.

Компания OMRON, производитель полного спектра продукции для промышленной автоматизации и спонсор выставки «ПТА-Урал 2018», представила лидирующие продукты и решения для машиностроительных предприятий. Были затронуты вопросы инженерной поддержки и работы с партнёрами.

В продолжение секции посетители смогли ознакомиться с презентациями компании «Пешперл + Фукс» (одного из лидеров рынка сенсорных технологий и изобретателя бесконтактного датчика), которая представила новые устройства радиочастотной идентификации и рассказала о современности и перспективах индуктивных датчиков собственного производства.

Вопросам информационной безопасности также было уделено должное внимание. В частности, заместитель директора по развитию бизнеса Positive Technologies в России предложил вниманию слушателей доклад «Кто отвечает за безопасность АСУ ТП?». В ходе своего выступления он на примере реальных аудитов, проведённых компанией за последние два года, продемонстрировал, что может произойти в случае проникновения киберпреступника в область АСУ ТП.

В завершение дня компания «Бекхофф Автоматизация» провела семинар на тему «Новейшие технологические решения компании Бекхофф». В ходе мероприятия специалисты компании рассказали о мировом опыте построения универсальных решений по автоматизации и управлению в самых разнообразных сферах применения: от станков с ЧПУ до комплексной автоматизации зданий. По окончании семинара состоялись обсуждение основных направлений технологического развития и задач участников, а также фуршет, во время которого слушатели смогли ознакомиться с новинками компании и напрямую пообщаться с экспертами.

Одновременно в конференц-зале № 2 прошла специализированная конференция «Электроника-Урал. Цифровая экономика Уральского региона», организованная при поддержке Свердловского областного Союза промышленников и предпринимателей, администрации города Екатеринбурга и ассоциации «Уральский прибо-



роостроительный кластер». С докладами и презентациями выступили ведущие компании отрасли. Генеральным информационным партнёром мероприятия стал журнал «Современная электроника».

В ходе конференции директор региона Урал департамента «Цифровая индустрия» компании «Сименс», одного из мировых лидеров в сфере автоматизации, рассказал о построении цифрового предприятия и увеличении эффективности производства.

Продолжил работу секции профессор кафедры электронного машиностроения УрФУ с докладом, посвящённым проектированию промышленных роботов в облаке и проблематике лезвийной обработки полупроводниковых материалов.

Мировой технологический лидер в области электрических сетей, электро-

оборудования, промышленной автоматизации, робототехники и электроприводов, компания ABB, познакомила аудиторию с решениями «ABB Ability TXpert для повышения эффективности энергопредприятия» и «ABB Ability для Smart factory» на примере завода ABB в Хотьково.

В завершение секции компания АО «Протон» провела технический семинар на тему «Перспективные разработки полупроводниковых светоизлучающих диодов и индикаторов для систем, комплексов и образцов специальной техники. Новые оптоэлектронные реле и оптопары для высоконадёжной техники в 2018 г. Вопросы применения».

В среду, 28 ноября, продолжила работу конференция «АПСС-Урал 2018». В первой секции «Автоматизация в проектах и решениях» начальник



отдела информационных технологий компании «Автоматизированные системы и комплексы» рассказал об особенностях применения технологий SDH и MPLS-TP в промышленных сетях передачи данных. Далее руководитель департамента продаж группы компаний «АВЕОН» представил вниманию слушателей доклад, посвященный автоматизации российских предприятий на базе промышленных компьютеров Ruggnet, кастомизации под отрасли и условиям эксплуатации.

В секции «Диспетчерское управление инфраструктурными объектами» представитель НПО «КАРАТ» поделился с аудиторией возможностями применения технологии LoRaWAN в системах диспетчеризации, а также рассказал об автоматизированном учёте масштаба «город», «район», «дом».

После этого слушателей ожидал экспертный доклад на тему «Интеграция инженерной инфраструктуры в системы мониторинга и управления высокоинтеллектуальным интегрированным городом», представленный руководителем KNX-User Club профессионалов России, СНГ и Балтии. Представитель компании НВП «Болид» осветил вопросы конвергенции систем безопасности и систем автоматизации зданий, а также рассказал о новом оборудовании для построения интегрированных систем производства.

Продолжила работу конференции секция «Интеллектуальное жилое пространство. Система автоматизации, мониторинга, управления и сервисы для многоквартирных домов». Ведущие компании, каждая из кото-

рых является лидером рынка в своей области, представили инновационное и уникальное в части комплексного подхода решение для организации жилого пространства. Так, коммерческий и технический директора компании iRidium mobile, ведущего российского разработчика платформы для управления «умным» домом и устройствами Интернета вещей, представили проект как комплексное решение, объединяющее различные уровни и функционал ЖК в единое целое: квартира – дом – жилой комплекс, жилыцы – консьерж – управляющая компания – поставщик ресурсов, функционал и сервисы. О решении в сфере систем безопасности рассказал директор по развитию True IP. Компания DSSL представила вниманию слушателей экосистему видеонаблюдения, в то время как один из лидеров в сфере построения систем безопасности любого масштаба и сложности, компания Sigur, ознакомила гостей мероприятия со своими решениями для жилищных комплексов. Всё оборудование было представлено в рамках специальной экспозиции выставки «ПТА-Урал 2018».

Также в рамках деловой программы 28 ноября в конференц-зале № 2 посетители смогли поучаствовать в техническом семинаре компании ПРОСОФТ «День решений Schroff: решения для корпусирования и защиты электронного оборудования», который вызвал большой интерес разработчиков электронного оборудования, компаний-интеграторов и проектных орга-

низаций, работающих в IT-индустрии, сфере промышленной автоматизации, приборостроении, на транспорте в самых разных городах России. В семинаре принял участие директор по продажам Schroff в Восточной Европе и странах СНГ Вальдемар Руф (Германия), который ответил на все вопросы слушателей. После завершения деловой части мероприятия состоялся розыгрыш ценных призов.

В заключительный день работы конференции, 29 ноября, Союз предприятий оборонных отраслей промышленности Свердловской области и Свердловское и Челябинское региональные отделения Союза машиностроителей России провели заседание совета по информационно-коммуникационным технологиям предприятий ОПК Уральского региона. Модератором выступил Анатолий Павлович Птицын, председатель Совета по информационно-коммуникационным технологиям, координатор консорциума «РазВИТие» по Уральскому региону. В рамках мероприятия были рассмотрены актуальные вопросы и проблемы развития информационных технологий на предприятиях ОПК Уральского региона, а также состоялась экскурсия по выставке «ПТА-Урал 2018».

Официальную поддержку выставкам «ПТА-Урал 2018» и «Электроника-Урал 2018» оказали Министерство промышленности и торговли РФ, администрация Екатеринбурга, Международное общество автоматизации, Уральская торгово-промышленная палата, Свердловский областной Союз промышленников и предпринимателей, Свердловское отделение Союза машиностроителей России, Союз машиностроительных предприятий Свердловской области, Союз предприятий оборонных отраслей промышленности Свердловской области, KNX Users Club России, СНГ и Балтии и другие структуры.

В 2019 году организатор выставок и конференций «ПТА» по многочисленным просьбам участников расширяет географию мероприятий. Помимо городов, в которых они уже проводятся, – Тюмени, Казани, Екатеринбурга, Новосибирска, Санкт-Петербурга и Москвы – профильные конференции пройдут также в Перми, Красноярске, Уфе, Челябинске и Нижнем Новгороде.





Простой выбор источника питания

Компания XP Power предлагает широкий ряд стандартных и конфигурируемых устройств электропитания AC/DC и DC/DC. Источники питания сочетают подтверждённую надёжность с габаритами и ценой, соответствующими практически любому требованию.



Источники питания открытого типа

- от 5 до 350 Вт
- Компактная конструкция
- Сертифицированы для медицинского и ИТ-оборудования



Конфигурируемые источники питания

- от 25 до 5000 Вт
- Высокоэффективная конструкция
- Работа от одно- и трёхфазной сети
- Сертифицированы для медицинского и ИТ-оборудования



Для монтажа на DIN-рейку

- от 5 до 960 Вт
- Сверхкомпактные
- AC/DC- и DC/DC-преобразователи



Корпусированные источники питания

- от 25 до 5000 Вт
- Высокоэффективная конструкция
- Сертифицированы для медицинского и ИТ-оборудования



DC/DC-преобразователи

- от 0,25 до 750 Вт
- Монтаж в отверстия печатной платы и поверхностный монтаж
- Для железнодорожного и медицинского оборудования



Высоковольтные источники питания

- До 500 кВ и 200 кВТ
- Конструкция модульного типа и для монтажа в стойку
- Входное напряжение переменное и постоянное



Проблемы становления российской цифровой экономики и способы исключения ошибок при их решении

Александр Гордеев (gordeev.gai@mail.ru)

После ряда инициатив Президента РФ Правительством РФ была утверждена «Программа цифровой экономики» (распоряжение № 1632-Р от 28 июля 2017 г.). Программа рассчитана на 6 лет (2019–2024 гг.), её параметры уточнялись на заседании Правительства РФ 17 сентября 2018 г., где ожидалось принятие решения по выделению средств из бюджета на цифровизацию экономики России.

В программе цифровой экономики РФ намечены следующие проектные направления:

- информационная инфраструктура;
- кадры и образование;
- информационная безопасность;
- цифровые технологии;
- цифровое государственное управление.

В целом можно понять, что на 6 лет на указанную программу выделяется около 3,5 трлн рублей, или около \$54 млрд.

Бюджет неплохой, как в целом и сама программа, – пожалуй, одна из лучших госпрограмм в текущем десятилетии, – с одной оговоркой: в части понимания конечных целей и решаемых задач, но не методов решения в целом.

Вопрос в инструментах, на которых будет создаваться цифровая экономика. Если с IT – математикой Касперского – всё достаточно очевидно (и это наше достояние), то «оцифрованность» телевидения в Башкирии или Тверской области основана отнюдь не на отечественной цифровой технике. То же самое касается и техники, применяемой такими гигантами, как «Ростелеком», «МТС», «Мегафон», или рядом дата-центров в РФ. Где же отечественные компьютеры, ноутбуки, планшеты, смартфоны, при том что во времена СССР страна занимала 28% рынка микроэлектроники?

Вопрос состоит в том, на чём будет выстраиваться инструментально-цифровая база: на российских мощностях (3–5 Гбит/с) или на западных (3–5 Тбит/с в 2020 г.). Это в том числе вопрос национальной безопасности – начиная с управления реактором на быстрых нейтронах и заканчивая гиперзвуковыми системами в страто-

сфере или информационными системами на высшем государственном уровне.

Следует напомнить, что в мире есть как минимум четыре фирмы: TSMC (Тайвань), Samsung (Корея), Intel, IBM (США), которые в первом квартале 2019 г. планируют освоить производство микропроцессоров с проектными нормами в 5 нм (50 Å), а в 2021 г. – 3 нм. При этом (в совокупности) указанные компании планируют тратить только в 2019 г. на цели создания современных цифровых систем, работающих в терадиапазоне, не менее \$40–45 млрд/год. Конечно, в ВВП нашей страны (~\$1,25 трлн) возможно найти \$10–15 млрд/год на планарную наноэлектронику, т.е. на литографию (и остальное) размерностью от 10 до 1 нм, но при этом остаётся открытым вопрос обеспечения оборудованием. В Беларуси даже «Интеграл» не может выйти за рамки 500–800 нм, а в AMD и другие западные компании дорога для России закрыта.

Вторая «больная» тема – обеспеченность электронными материалами.

Необходимо также подчеркнуть, что Программа импортозамещения в области микроэлектроники/субмикроэлектроники (Приказ Минпромторга № 662 от 31 марта 2015 г.), которая была исключительно полезна на начальном этапе, к настоящему моменту неэффективна (в 2018 г. планировалось освоить проектные нормы в 22 нм). Уместно напомнить цитату сотрудников компании IBM (2015 г.): «...Нынешние прогрессивные 14-нм чипы будут казаться рядом с 7-нм устаревшими, медленными и горячими “динозаврами”». В этой связи несложно составить представление о россий-

ском технологическом уровне в области цифровых систем-на-кристалле на фоне разработок в 3 нм. И главная причина этого состоит в экономических и политических возможностях страны.

Какие проблемы и вызовы стоят перед российской электроникой и какие подходы было бы целесообразно применить для их решения в рамках национальной программы отечественной цифровой экономики?

Прежде чем перечислить важнейшие технологические элементы, необходимые в качестве фундамента для построения цифровой экономики, следует понять, что ориентировочно с 2022 года применительно к странам G7 нужно вести речь о «терагерцовой», а начиная с 2030 года – о «петагерцовой цифровой экономике» ($>10^{15}$ Гц) (в первых технологических сообщениях [1] это первоначально «ридберговские квантовые компьютеры» и затем «атомно-ямные» компьютеры [2], хотя в недалёком будущем, вероятно, как за рубежом, так и в России будет использоваться сверхпроводимость при комнатной температуре на монокристаллах сверхрешёток, а также «комнатная» динамическая сверхпроводимость).

Важнейшие технологические платформы терагерцовой экономики:

1. Терагерцовые микропроцессоры или на «кулоновских» проектно-дрейфовых нормах 3–5 нм, или на основе вышеупомянутой сверхпроводимости при комнатной температуре.
2. Источники энергии (электроэнергии) с флюенсом «успевающей» импульсной мощности – за терагерцовыми микропроцессорами.
3. Мегагерцовые и сверхвысокочастотные источники вторичного электропитания (СВЧ ВИП), т.е. преобразователи «сети» в AC/DC-электропитание для терагерцовых микропроцессоров.
4. Терагерцовые устройства беспроводной связи, по крайней мере, эквивалентные по «эфирной мощности» тем же гигагерцовым GSM или GPS.

Конечно, возникнет ещё ряд фундаментальных и технологических проблем, хотя и прикладных, но также наукоёмких и исключительно сложных: например, «приёмные» терагерцовые АЦП для беспроводных устройств или создание площадок по технологии новых электронных материалов.

Далее будет немного подробнее рассмотрена ситуация по каждому вышеприведённому разделу или платформе.

ТГц-МИКРОПРОЦЕССОРЫ

В силу внешних и внутренних причин пока невозможно говорить о серийном производстве в России в 2019 году даже 65-нм микропроцессоров. Для 3-нм производства (реальный рынок в странах G7 в 2022 г.) необходимо как минимум \$20 млрд на одну технологическую площадку по производству чипов и как минимум ещё столько же на производство оборудования (по аналогии с компанией AMD). Конечно, в этой ситуации необходимо, как и призывает Президент РФ, «включать мозги». Это возможно – хотя бы на примере проекта [3, 4], а также разработок РАН в области сверхпроводимости при ком-

натной температуре. Здесь речь идёт об «одноатомной электронике» и «диэлектрической» [3], т.е. фоновой электронике (1 мкм даст тактовую частоту на 14–15 ТГц, что стратегически важно).

ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Это исключительно серьёзный вопрос, что связано с прогнозируемым в условиях цифровой экономики огромным дефицитом электроэнергии как в странах G7, так и в России. Эта стратегическая задача является одной из самых важных, что подчёркивается необходимостью энергообеспечения терагерцовых цифровых систем.

К примеру, для поддержания дата-центра в Саранске необходимо 2 МВт, а каждый из 4 суперкомпьютеров (США, Япония, Китай, Россия) требует энергопотребности, сопоставимой с мощностью одного энергоблока Балаковской АЭС на «тяжёлой» воде. Ни для кого не секрет, как разряжается литиевая батарея в смартфоне или планшете при пользовании интернетом. Разработчикам СВЧ-систем известно, что даже в X-диапазоне (~10 ТГц) КПД отбора электрической мощности от источ-

ника электропитания в лучшем случае ≈50%, не говоря уже о 10 ТГц (частотах, в 1000 раз больших). Несложно представить, что произойдёт, когда в РФ, например, к 2025 г. заработают одновременно десятки миллионов терагерцовых компьютеров (в офисах, организациях, госучреждениях, научной сфере, в быту), – существующих 216 ГВт установленной мощности будет катастрофически не хватать. Это огромная проблема, и её нужно решать не откладывая.

Будут ли это ториевые АЭС или «нейтронные» (на магнитных ловушках) источники электропитания, или магнитодинамические электростанции (на явлении сверхпроводимости при комнатной температуре) – это задача не только физиков-ядерщиков, РАН и «Росатома», но и корпуса инженеров-разработчиков, глубоко и комплексно понимающих зонную теорию, физику твёрдого тела, ядерную физику, физику плазмы и др.

Следует добавить, что «зонно-кулоновская» цифра уже в прошлом – пора переходить к «релятивистской аналоговой» цифре, т.е. к скоростям как мини-





Программируемые аналоговые микросхемы:

весь спектр электроники на одном кристалле!



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА
(495) 232-2522 • INFO@PROCHIP.RU • WWW.PROCHIP.RU



мум на полтора-два порядка выше, чем в дрейфово-электронных системах. Решение данной проблемы возможно на базе уже упоминавшегося проекта [3, 4]. Необходимо подчеркнуть, что необходимые финансовые вложения при этом на порядок ниже, чем у ведущих «цифровых» фирм мира. Это, вероятно, и есть новый технологический выход, прорыв для РФ.

ВИП для ТЕРАГЕРЦОВЫХ ЦИФРОВЫХ И БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

Вряд ли стоит рассчитывать на то, что на ШИМ-модуляции будут созданы современные энергоплотные источники вторичного электропитания для СВЧ или терагерцового применения. Переход на СВЧ резонансно-контурные источники вторичного электропитания могут в перспективе обеспечить новые униполярно-инжекционные гипербыстрые силовые приборы (аналогов в мире нет), которые сейчас патентуются.

В рамках проекта в ближайшей перспективе (2–3 года) планируется поставить на отечественный и зарубежный рынки (при условии финансирования) СВЧ-силовую ЭКБ для новейшего поколения резонансно-контурных преобразователей (СВЧ ВИП) – пока на принципах мультizonной теории [4], а затем на принципах резонансно-контурной аккумуляции энергии в диэлектрике (на электронно-фононных поляроидах) [3], т.е. «диэлектрические» электро-ВИП на терагерцовых частотах. Будущее, как видится, именно за этим, поскольку максвелловская энергия генерируется и транспортируется в твёрдом теле как минимум на три порядка быстрее, чем в «электронной» силовой ЭКБ, да и максвелловская контурная накачка не является проблемной.

ТЕРАГЕРЦОВЫЕ БЕСПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ

Решения, которые пытаются выполнить в зоне терагерцовой связи на принципах зонной проводимости (FinFET, SBD, SSD, MDM и др. приборы), обеспечивают милливаттную мощность, и этим всё сказано. Лампа бегущей волны (ЛБВ) или лампа обратной волны (ЛОБ) – это стекло/керамика/вакуум/габариты/шум (ЛОБ – на второй гармонике). Есть, конечно, и другие пути. Один из них изложен в [3], где предлагается разработать «терагерцовую» беспроводную систему (связь, локация, навигация – три в одном) на полностью диэлектрическом тракте (без «железа»).

В итоге нужно констатировать, что терагерцовые системы (миллиметровые, субмиллиметровые, а в перспективе ИК-волны) придётся создавать на основе твёрдовакуумной, т.е. диэлектрической электронно-фононной атомно-орбитальной электроники, как, впрочем, и «аналоговую цифру». Всё достаточно детально изложено в [3], фактически это программа создания терагерцовой электроники (включая терагерцовые ФАР).

Материалы для этой цели в [3] обозначены – это не только $i\text{-}_{\text{Si}}\text{GaAs}_{\text{Si}}$ (уже созданный), $i\text{-}_{\text{Ge}}\text{GaAs}_{\text{Ge}}$ ($T_{\text{раб.}} = +300^\circ\text{C}$) (гетерофазные диэлектрические монокристаллы), но и $i\text{-}_{\text{Si}}\text{GaP}_{\text{Si}}/i\text{-}_{\text{Ge}}\text{GaP}_{\text{Ge}}$ ($T_{\text{раб. чипа}}$ до $+500^\circ\text{C}$). Это и Ga_2O_3 ($T_{\text{раб. чипа}}$ до $+800^\circ\text{C}$), и AlN ($T_{\text{раб. чипа}}$ до $+800^\circ\text{C}$), и Al_2O_3 ($T_{\text{раб. чипа}}$ до $+1200^\circ\text{C}$). Всё это необходимо как российским оборонительным системам, например для гиперзвуковых аппаратов на стыке страто- и тропосфер или, в будущем, от МИГ-41 до межпланетных станций на орбитах, приближенных к Солнцу (возможно создание радиолокационной обсерватории на Меркурии).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как следует из сказанного, программа импортозамещения в отечественной электронике на данном этапе – это национальный тупик, что необходимо учитывать при создании программы цифровой экономики.

Необходимо вернуть национальное самосознание и достоинство, прекратить копирование западных образцов и разработать программы (технологические платформы) с опережением мирового уровня.

В России хватает идей, фундаментальных и прикладных разработок, проектов, которые смогли бы вывести страну на передовые позиции в мировой электронике (сейчас – отставание как минимум на 18 лет с 0,3% долей на мировом рынке).

Автор предлагает часть своего труда в виде комплексного проекта для разработки национальной программы цифровой, а точнее «терагерцовой» экономики, и создания предпосылок для «петагерцовой» экономики.

ЛИТЕРАТУРА

1. В России создан самый мощный квантовый компьютер в мире: <https://newsland.com/community/88/content/v-rossii-sozdan-samyi-moshchnyi-kvantovyi-kompiuter-v-mire/5922965>
2. Первое приближение к петагерцовой электронике: http://ko.com.ua/pervoe_priblizhenie_k_petagercevoj_elektronike_123835
3. Гордеев А. Перспективные терагерцовые поляризованные информационные системы. Современная электроника. 2016. № 6, 7.
4. Гордеев А.И., Войтович В.Е., Звонарев А.В. Новая физическая твердотельная электроника на основе терагерцового расщепления и деформации запрещенной зоны $\text{LPE}_{\text{Si}}\text{GaAs}_{\text{Si}}$ -кристаллов. Часть 1. Радиотехника. 2017. № 10.



НОВОСТИ МИРА

В Росстандарте испытано оборудование для сетей 5G

ВНИИФТРИ Росстандарта провёл комплексные измерения характеристик оборудования для использования в составе сетей связи нового поколения. В уникальном испытательном комплексе были измерены ключевые радиотехнические параметры антенных систем, предназначенных для использования в инфраструктуре сетей 5G.

Для измерения характеристик антенных модулей в большой безэховой камере ВНИИФТРИ был развёрнут аппаратный измерительный комплекс, позволяющий работать с широкополосными сигналами в частотном диапазоне 0,5...50 ГГц, предназначенными для высокоскоростной передачи больших объёмов информации. Были измерены объёмные диаграммы направленности антенн, достижимые уровни их эффективной изотропно-излучаемой мощности, проведена оценка спектраль-

ных характеристик формируемых сигналов, а также побочного и внеполосного радиоизлучения. Кроме этого, оценивалась помехоустойчивость оборудования, включая устойчивость к сложным видам радиопомех, имитирующих работу радиолокационной станции.

Во ВНИИФТРИ продолжается разработка средств и методов измерений радиотехнических характеристик антенн с цифровыми интерфейсами.

Пресс-служба ВНИИФТРИ



ЗАО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «ДОЛОМАНТ»

**ОТВЕТСТВЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА
ДЛЯ ЖЕСТКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

100% РОССИЙСКАЯ КОМПАНИЯ



ЗАКАЗНЫЕ РАЗРАБОТКИ

Разработка электронного оборудования по ТЗ заказчика в кратчайшие сроки

- Модификация КД существующего изделия
- Разработка спецвычислителя на базе COM-модуля
- Конфигурирование модульного корпусированного изделия
- Сборка магистрально-модульной системы по спецификации заказчика
- Разработка изделия с нуля



КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Контрактная сборка электроники уровней: модуль / узел / блок / шкаф / комплекс

- ОКР, технологические консультации и согласования
- Макеты, установочные партии, постановка в серию
- Полное комплектование производства импортными и отечественными компонентами и материалами
- Поддержание складов, своевременное анонсирование снятия с производства, подбор аналогов
- Серийное плановое производство
- Тестирование и испытания по методикам и ТУ
- Гарантийный и постгарантийный сервис

Импортозамещение – это создание конкурентоспособной техники, а не запреты на импорт

Ограничение конкуренции не стимулирует развитие, а наоборот, приводит к снижению качества продукции и позволяет неэффективным предприятиям выживать за счёт лоббизма. Стоит ли под лозунгом импортозамещения возвращаться к технической отсталости, свойственной закрытым экономикам?

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ – ЕСТЕСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС, А НЕ ПОЛИТИКА ОГРАНИЧЕНИЙ

Импортозамещение в области электроники не может быть самоцелью. Задача отрасли – научиться создавать продукты, которые смогут конкурировать на внутренних и внешних рынках. Обеспечение заказами российских производств за счёт недопущения иностранных компаний не приведёт к новым разработкам. Такие меры поддержат отдельные компании, но не отрасль в целом.

Полностью заместить иностранное оборудование и компоненты не получится в принципе, на это не способна ни одна страна. Только масштабы глобального рынка позволяют эффективно существовать большинству электронных производств.

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ «ОТЕЧЕСТВЕННОСТИ» НЕ ДОЛЖНО БЫТЬ БЮРОКРАТИЧЕСКОЙ ПРОЦЕДУРОЙ

«РОТЕК» производит универсальный контроллер, который полностью разработан и выпущен в РФ. Чтобы получить статус ТОРП (телекоммуникационного оборудования российского происхождения) на этот продукт, компании пришлось привлечь дополнительных специалистов, которые два года занимались исключительно данным вопросом, – в итоге за счёт ненужных затрат получение статуса ТОРП снижает, а не увеличивает конкурентоспособность изделия.

Если говорить про поддержку отрасли со стороны государства, то, во-первых, необходимо отменить «западную» систему патентов и дать возможность беспрепятственно копировать всё, для клонирования чего хватает компетенций. Крупные закупки техники целесообразно производить только при условии передачи технологий. Во-вторых, необходимо стимулировать

экспорт. Например, на поставки за границу высокотехнологичной (с высокой добавленной стоимостью) продукции компании-производители должны получать дополнительное финансирование. В-третьих, поддерживать производство дешёвыми деньгами, выделяя средства на НИОКР и создание производственных цепочек в России. Кроме того, в этот процесс нужно встроить систему образования, возродить практику наставничества, включить производство в процесс подготовки кадров.

ТРЕНД НА ЛОКАЛИЗАЦИЮ

Глобальные игроки лишь на крупных проектах готовы адаптировать решения под российский рынок, который в общей выручке у них занимает в среднем 2–3%. Максимум, на что они готовы, – подобрать из портфеля решение, более или менее отвечающее требованиям заказчика. Этот факт создаёт окно возможностей для российских разработчиков и производителей.

Никто не знает потребности отечественных клиентов лучше российских компаний. Они готовы инвестировать в проекты, нацеленные на локальный рынок. При наличии подтверждённых заказов российский бизнес профинансирует как приобретение новых технологий, так и строительство производств. Постепенно в стране будут наращиваться технологические компетенции.

Например, «Ростелеком» для федерального проекта «Программа устранения цифрового неравенства» (УЦН) выбрал компанию «РОТЕК» основным поставщиком шкафов УЦН – комплексного решения для обеспечения Wi-Fi и БШПД (беспроводного широкополосного доступа) в малых населённых пунктах. И если в начале проекта «РОТЕК» выступал производителем лишь некоторых комплектующих шкафов, то теперь такие элементы, как источники

электропитания, климатические шкафы, контроллеры мониторинга, полностью производятся компанией на собственных вновь созданных производственных мощностях. И это пример реального импортозамещения: продукт стал востребован как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

Ключевой фактор для поддержки отечественного производителя – тендер/контракт на долгий срок, достаточный для того, чтобы окупить развитие собственного производства.

СМЕНА ПРИНЦИПОВ ГОСЗАКУПКИ

У глобальных компаний действует отработанный механизм продвижения интересов на региональных рынках, в том числе наработанные связи с представителями крупнейших локальных заказчиков, рекламные бюджеты, лоббистские возможности. В результате интересы того или иного глобального вендора часто закладываются ещё на этапе формирования технического задания.

Если в рамках конкурса ставить условием не быструю поставку уже заложенного в ТЗ оборудования, а комплексное решение задачи, учитывая время, необходимое на предпроектную подготовку и производство оборудования, то преимущество будет за российскими производителями, готовыми создавать новые решения, отвечающие требованиям локальных заказчиков. Примером могут служить успехи компании «РОТЕК» в поставках абонентских роутеров, разработанных специально по ТЗ заказчиков, операторов связи.

В современном мире в оборудовании важны не столько комплектующие, сколько ПО. И с точки зрения софта в соотношении цена/качество у России нет равных. Мы научились создавать высокотехнологичный софт за сравнительно небольшие деньги. Даже в Китае разработка ПО стоит дороже, чем в России. Более того, не так важно, где при таком раскладе будет произведено «железо» – главное, что управлять им будет отечественный софт.

При этих условиях в будущем у нас сложится жизнеспособная отрасль, способная играть одну из ведущих ролей как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

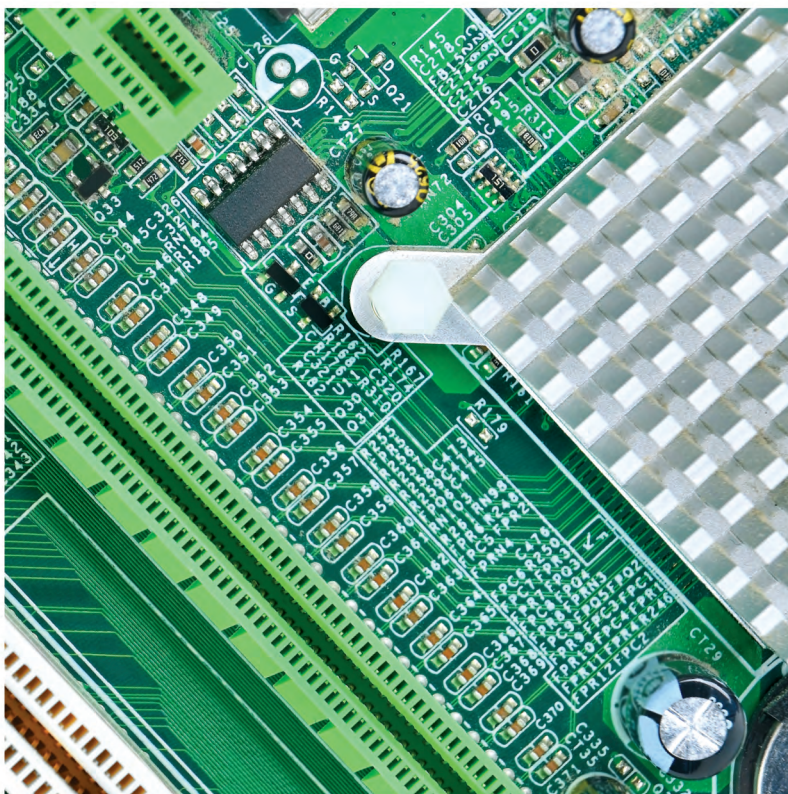




Самая крупная в России выставка электронных компонентов, модулей и комплектующих

15-17 апреля 2019

Москва
Крокус Экспо



Участники:

431 из 14 стран

Посетители:

11 073
из 66 регионов
России



Организатор
Группа компаний ITE
+7 (499) 750-08-28
electron@ite-russia.ru

Совместно с выставкой



Реклама

Получите бесплатный билет
по промокоду **ee19pKKSO**
expoelectronica.ru

Только для специалистов



Свобода проектирования



САПР электроники

В состав Delta Design, обеспечивающей сквозной цикл проектирования печатных плат, входят модули:

- Менеджер библиотек
- Схемотехнический редактор
- Схемотехническое моделирование
- HDL-симулятор
- Редактор правил
- Редактор печатных плат
- Топологический редактор плат TopoR
- Коллективная работа для предприятий



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



Главное событие отрасли
в России и странах СНГ

ФОТОНИКА

МИР
ЛАЗЕРОВ
И ОПТИКИ

4–7 марта 2019

При поддержке Министерства
промышленности и торговли РФ

Под патронатом ТПП РФ



Реклама 12+



14-я международная
специализированная выставка
лазерной, оптической
и оптоэлектронной техники

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»
www.photonics-expo.ru



ЛАЗЕРНАЯ АССОЦИАЦИЯ



ЭКСПОЦЕНТР



VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«ЭМС»

23-24 МАЯ 2019

Сроки и место проведения:

23-24 мая 2019 года
Парк-отель «Свежий ветер»

Участие в конференции*:

Для участия необходимо направить заявку
в Организационный комитет до 17.05.2019 г.

Организационный комитет:

Телефон/факс: (495) 657-87-37
E-mail: tp@test-expert.ru

* Участие в конференции платное. За подробной
информацией о программе конференции, пожалуйста,
обращайтесь в Организационный комитет.

К ОБСУЖДЕНИЮ ПРЕДЛАГАЮТСЯ СЛЕДУЮЩИЕ ВОПРОСЫ:

- Прогнозирование ЭМС технических объектов: расчетные методы, программно-аппаратные средства, моделирование.
- Испытания радиоэлектронного оборудования на ЭМС.
- Виды помех в БС ЛА и способы борьбы с ними.
- Оборудование для испытаний на ЭМС.
- Защита РЭА от ЭМИ: фильтрация, экранирование, защитные материалы.
- Нормативно-правовая база испытаний ТС на ЭМС, учет требований заказчиков при испытаниях.
- Метрологическое обеспечение испытаний в области ЭМС.
- Аттестация ИО, применяемого при оценке соответствия оборонной продукции.
- Вопросы конструирования радиоэлектронной аппаратуры с учетом требований ЭМС.

