

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

WWW.SOEL.RU

1

2019

Хай-тек карго-культ в микроэлектронике

В номере:

Разработка плат по стандарту ISO 26262

LC-фильтры с бескорпусными конденсаторами

Современные щитовые измерительные приборы

Синхронизация частоты преобразования ИП с ШИМ-контроллером

Анализ шумов электронных схем для целостности сигнала

и многое другое ...



App Store



Google Play





ALTium DESIGNER¹⁹

ПЕРЕХОДИ НА НОВЫЙ УРОВЕНЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УЖЕ СЕЙЧАС

- Библиотека материалов печатных плат
- Калькулятор импеданса дифференциальных пар
- Новые инструменты интерактивной трассировки
- Модуль формирования документации по ГОСТ

Получить подробную информацию вы можете:

На сайте:

🌐 www.idstrade.com

Запрос по адресу:

✉ info@idstrade.com

По телефону:

☎ +7 /495/ 665-20-69



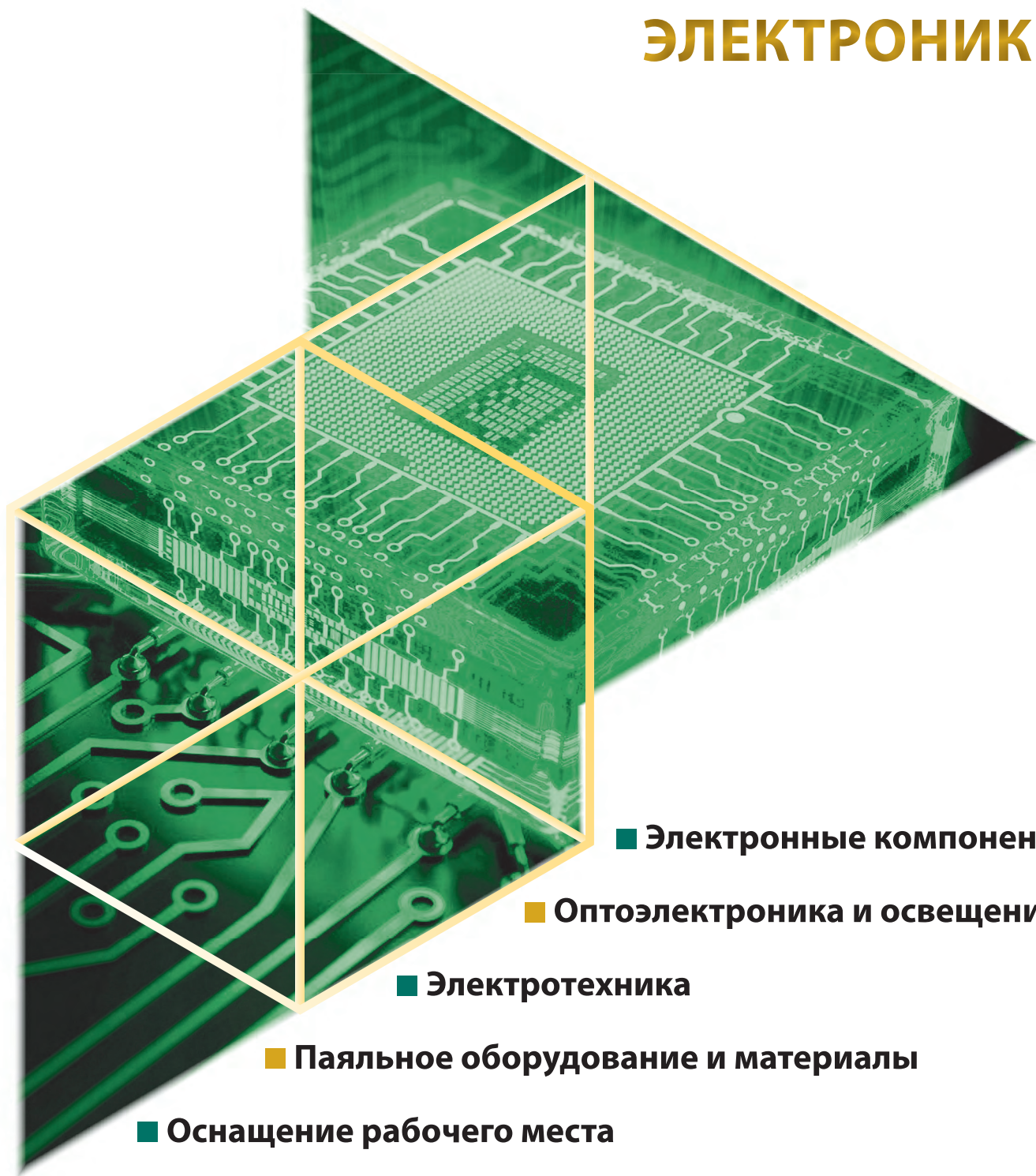
ООО "АЙДИЭС" авторизованный партнер компании
Altium Limited на территории Российской Федерации.

Altium[®]

БОЛЬШОЙ СКЛАД

КОМПЛЕКТУЮЩИХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА

ЭЛЕКТРОНИКИ



■ Электронные компоненты

■ Оптоэлектроника и освещение

■ Электротехника

■ Паяльное оборудование и материалы

■ Оснащение рабочего места

 www.platan.ru
ПЛАТАН

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

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

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

MARKET

- 4 Russian Market News**
- 10 Review of Announcements of Xilinx Developer Forum 2018**
Mikhail Korobkov

MODERN TECHNOLOGIES

- 16 Silicon and Gallium-Aluminum Arsenide Technology. Part 11. The Concept of Building a 3D Matrix Photon-Electron-Photon Processor System (Digital) – 3D M FEF PSD**
Valeriy Svede-Shvets, Vladislav Svede-Shvets, Maksim Zinoviev
- 24 Development of Boards According to ISO 26262**
Ivan Selivanov

ELEMENTS AND COMPONENTS

- 28 World GNSS and Microelectronic Components for Satellite Receivers**
Yuriy Petropavlovsky
- 34 Modern 32-bit ARM Microcontrollers of the STM32 Series. Additional Nonvolatile Memory via I²C Interface.**
Oleg Valpa
- 40 LC Filter Design with MLCCs: why the Applied Voltage Matters**
Frank Puhane

DEVICES AND SYSTEMS

- 46 Uninterrupted Power Supply of Engineering Systems**
Pavel Ponomarev
- 48 Modern Digital Measuring Devices**
Ivan Podyapolsky
- 50 Methods for Creating Arbitrary Waveforms without Programming**
Arthur Rakhmatullin
- 54 Analysis of Manchester and NRZ-code Signals with Arbitrary Parameters Using RTE Series Oscilloscopes of the R&S Company. Part 1**
Nikolay Lemeshko, Pavel Strunin

DESIGN AND SIMULATION

- 58 Synchronization of the Conversion Frequency by External Synchronization Signal in Standardized Power Modules with PWM Controller**
Anatoly Mironov
- 62 Electronic Circuit Noise Analysis as an Effective Means of Ensuring Signal Integrity**
Tatyana Kolesnikova
- 70 Altium Designer 19.0: Overview of New Features**
Pavel Demidov

COMPETENT OPINION

- 76 High-Tech Cargo Cult on the Example of Microelectronics**
Sergey Volkovoy

80 EDITOR-IN-CHIEF COLUMN

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, 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 1/67/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, 2018

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, почтовое агентство «Роспечать»:
Тел.: (495) 921-2550. Факс: (495) 785-1470
Индексы на полугодие – 46459, на год – 36280.

Подписное агентство «Урал-Пресс»:
Тел.: (499) 391-6821, 700-0507 • http://www.ural-press.ru

СОДЕРЖАНИЕ 1/2019

РЕКЛАМОДАТЕЛИ

Anadigm	26
Beneq (Lumineq)	78–79
CRANE	38
EREMEX (Delta Design)	15
Grayhill	75
Megrates	25
ProChip	39
Raystar	49
TDK-Lambda	5
Würth Elektronik	4-я стр. обл.
АВД Системы	9
АйДиЭс (Altium)	2-я стр. обл.
ДОЛОМАНТ	53
Компонента	69
ММП-Ирбис	59
ПЛАТАН	1

Читайте
свежий номер!



www.CTA.ru

РЫНОК

- 4** Новости российского рынка
- 10** Новинки Xilinx Developer Forum 2018
Михаил Коробков

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 16** Кремниевая и арсенид-галлий-алюминиевая технология. Часть 11. Концепция построения 3D матричной фотон-электрон-фотонной процессорной системы (цифровой) – 3D М ФЭФ ПСЦ
Валерий Сведе-Швец, Владислав Сведе-Швец, Максим Зиновьев
- 24** Разработка плат по стандарту ISO 26262
Иван Селиванов

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- 28** Особенности действующих навигационных спутниковых систем и изделий микроэлектроники для приёма их сигналов
Юрий Петропавловский
- 34** Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32. Дополнительная энергонезависимая память с интерфейсом I²C
Олег Вальпа
- 40** Влияние приложенного напряжения на ёмкость LC-фильтров с многослойными керамическими бескорпусными конденсаторами
Фрэнк Пьюхейн

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- 46** Бесперебойное питание инженерных систем
Павел Пономарёв
- 48** Современные щитовые измерительные приборы
Иван Подъяпольский
- 50** Методы создания сигналов произвольной формы без программирования
Артур Рахматуллин
- 54** Анализ сигналов в манчестерском и NRZ-коде с произвольными параметрами при помощи осциллографов серии RTE компании R&S. Часть 1
Николай Лемешко, Павел Струнин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 58** Синхронизация частоты преобразования унифицированных модулей питания с ШИМ-контроллером внешним синхросигналом
Анатолий Мионов
- 62** Анализ шумов электронных схем как эффективное средство обеспечения целостности сигнала
Татьяна Колесникова
- 70** Altium Designer 19.0: обзор новых возможностей
Павел Демидов

КОМПЕТЕНТНОЕ МНЕНИЕ

- 76** Высокотехнологичный карго-культ на примере микроэлектроники
Сергей Волковой

80 КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Новости российского рынка

РЫНОК

СПЕЦИАЛЬНОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ПЕРЕХОДУ НА ALTIUM DESIGNER 19 со скидкой 20%!

Компания «АйДиЭс», авторизованный партнёр компании Altium на территории Российской Федерации, и компания Altium Limited, ведущий мировой разработчик в области автоматизации проектирования электронных устройств, объявляют о начале действия специального предложения по переходу на новую версию Altium Designer 19 с предыдущих версий ПО, а также с P-CAD 200x по специальным ценам.

Ключевые функциональные особенности релиза Altium Designer 19:

- модуль формирования конструкторской документации по ГОСТ;
- усовершенствованный калькулятор расчёта импеданса дифференциальных пар;
- новые и усовершенствованные инструменты интерактивной трассировки;
- библиотека материалов печатных плат и пр.

За более детальной информацией о функциональных возможностях Altium Designer 19, а также об условиях специального предло-



жения обращайтесь к специалистам компании «АйДиЭс».

www.idstrade.com
Тел.: (495) 665-20-69

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

НОВЫЙ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫЙ ДЕЛИТЕЛЬ/СУММАТОР МОЩНОСТИ ОТ MINI-CIRCUITS

Компания Mini-Circuits представила новый сверхширокополосный делитель/сумматор мощности в коаксиальном тракте ZC2PD-K0144+.



Данное изделие имеет чрезвычайно широкий частотный диапазон, низкие вносимые потери, высокую изоляцию выходов друг от друга и низкий дисбаланс ампли-

туды, а также пропускает постоянный ток для питания активных антенн.

Всё это делает устройство отличным решением для таких применений, как 5G, фиксированная спутниковая связь, исследования космоса, а также мобильной связи.

Основные характеристики ZC2PD-K0144+:

- частотный диапазон 1...40 ГГц;
- вносимые потери 0,9 дБ;
- изоляция выходов 36 дБ;
- входная мощность 20 Вт;
- дисбаланс амплитуды 0,05 дБ.

Получить дополнительную информацию по данной продукции, а также уточнить ус-



ловия поставки можно у специалистов компании «ЮЕ-Интернейшнл».

www.yeint.ru
rf@yeint.ru

ПРОЦЕССОРНЫЙ МОДУЛЬ «САЛЮТ-ЭЛ24ПМ» НА БАЗЕ РОССИЙСКОЙ СНК 1892ВМ14Я

В рамках выставки «ChipExpo 2018», прошедшей в октябре в ЦВК «Экспоцентр», призовое место в конкурсе «Золотой ЧИП-2018» в номинации «За успехи в импортозамещении» занял процессорный модуль «Салют-ЭЛ24ПМ».

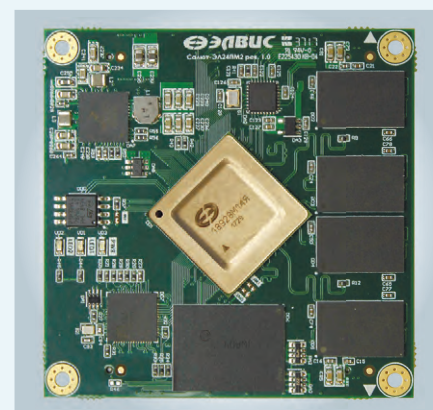


Модуль разработан АО НПЦ «ЭЛВИС» на базе собственной системы-на-кристалле (СНК) 1892ВМ14Я (российская микросхема 2 уровня по классификации Минпромторга).

Этот модуль позволяет существенно упростить разработку устройств на базе процессора 1892ВМ14Я, предоставляет готовое аппаратное решение для построения доверенных устройств: средств связи, навигации, терминалов, панельных компьютеров, устройств отображения, систем управления, промышленных контроллеров, тонких клиентов, планшетов.

Основные характеристики модуля:

- процессор 1892ВМ14Я (CPU, DSP, GPU, H.264 VPU) до 1 ГГц в нормальных климатических условиях;
- ОС: ALT, Нейтрино (QNX), Free RTOS, Astra Linux, Sailfish;
- ОЗУ DDR3L 2 Гб, энергонезависимая память: eMMC, NAND и SPI flash;
- Ethernet 10/100/1000, USB 2.0, OTG, SDMMC, SpaceWire;
- порты ввода и вывода аудио и видео;



- UART, I²C, SPI, I²S, GPIO, ШИМ;
- потребление менее 5 Вт;
- габаритные размеры 60×60×5,5 мм.

Все компоненты, применённые в модуле, имеют диапазон рабочих температурный от -40 до +85°C.

www.multicore.ru

НОВЫЕ УПРАВЛЯЕМЫЕ ИП TDK-LAMBDA СЕРИИ GXE НА 600 Вт

Серия GXE — это новейшая разработка компании TDK-Lambda. Главной отличительной особенностью является возможность работы как в стандартном режиме стабилизации напряжения, так и в режиме стабилизации выходного тока. Это делает данный прибор по сути программируемым источником питания в урезанном варианте (если учесть отсутствие органов управления и индикации на передней панели).

При высоте 1U (41×127×254 мм) модуль может отдавать нагрузке 600 Вт мощности через выход с номиналами 24 и 48 В. При этом он рассчитан на работу с конвективным теплоотводом (вентиляторы охлаждения отсутствуют!) Наличие внешнего потока охлаждения лишь расширяет возможности и улучшает характеристики источника питания, например в диапазоне входного напряжения от 85 до 170 В при потоке воздуха даже в 1 м/с снижения мощности не происходит.

Имеющийся на борту аналоговый порт включает в себя сигналы On/Off, DC-OK, AC-Fail, Power-Fail, а также позволяет регулировать выходной ток в диапазон 0–100% и выходное на-

пряжение в диапазоне 20–120%. Разработчики также смогут воспользоваться источником вспомогательного резервного питания номиналом 5 В и функцией параллельной работы, обеспечивающей увеличение выходной мощности.

Цифровой порт управления открывает возможность работы с целым рядом дополнительных практически значимых параметров. Например, доступны команды регулировки длительности фронта нарастания, считывания рабочей температуры, настройки уровня защит, считывания времени наработки прибора и остаточного расчётного ресурса электролитических конденсаторов. Коммутация происходит по протоколу Modbus RTU на базе интерфейса RS-485, что заметно расширяет возможности связи по сравнению с часто используемым в сфере AC/DC интерфейсом I2C.

По согласованию с производителем пользователи смогут осуществлять заказ моделей с опциональными исполнениями: с верхней крышкой; без дистанционного управления; для жёстких условий эксплуатации, для работы от сети постоянного тока и пр.

Изделия серии GXE штатно работают в диапазоне температур от –20 до +70°C со снижением мощности свыше +50°C. При этом запуск гарантирован начиная от



–40°C. Стоит также особо отметить КПД модулей, который зависит от нескольких внешних параметров и может достигать 95% при входном напряжении 220 В и полной нагрузке.

Серия GXE отвечает требованиям стандартов безопасности CSA/EN/UL 60950-1, имеет маркировку CE согласно директиве по низковольтному оборудованию. Источники питания GXE также соответствуют требованиям стандартов EN 55011-B и EN 55022-B по проводимым и излучаемым помехам и стандартов EN 61000-6-2 и IEC 61000-4 по помехоустойчивости.

<http://prosoft.ru>

Тел.: (495) 234-06-36 доб. 11591

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Серия **GENESYS™**

5 кВт (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

COM-портов много НЕ БЫВАЕТ: НОВЫЙ МОДУЛЬ FASTWEL В СТАНДАРТЕ MicroPC

Производитель электроники для ответственных применений – компания Fastwel разработал многопортовый модуль последовательных интерфейсов NIM151.

Новинка является функциональным аналогом популярных модулей 5554 и 5558 производства компании Octagon Systems, но выполнена на современной элементной базе.

Модуль NIM151 изготовлен в стандарте MicroPC и предназначен для организации последовательных интерфейсов RS-232/RS-422/RS-485/UART.

Четырёх- (NIM151-01) и восьмиканальные (NIM151-02) версии NIM151 полностью совместимы по подключению сигнала



лов и управлению с модулями последовательных интерфейсов Octagon Systems: 5554 и 5558 с четырьмя и восемью портами соответственно. Модули NIM151, так же как и модули 5554 и 5558, предназначены для совместного применения с любыми процессорными платами или микроконтроллерами стандарта MicroPC. Кроме того, они

могут работать в составе IBM-совместимых компьютеров.

NIM151 незаменимы в проектах с большим количеством периферийного оборудования, подключаемого по последовательным интерфейсам. На один модуль можно «повесить» несколько сотен таких абонентов. 64-байтовые FIFO-буферы приёмопередатчиков минимизируют загрузку процессорной платы.

Новинка поддерживает операционные системы FDOS, FreeDOS, Windows XP Embedded, Linux 2.6.

Модуль обеспечивает работу в диапазоне температур $-40...+85^{\circ}\text{C}$.

Для получения тестовых образцов обращайтесь к специалистам компании Fastwel.

www.fastwel.ru

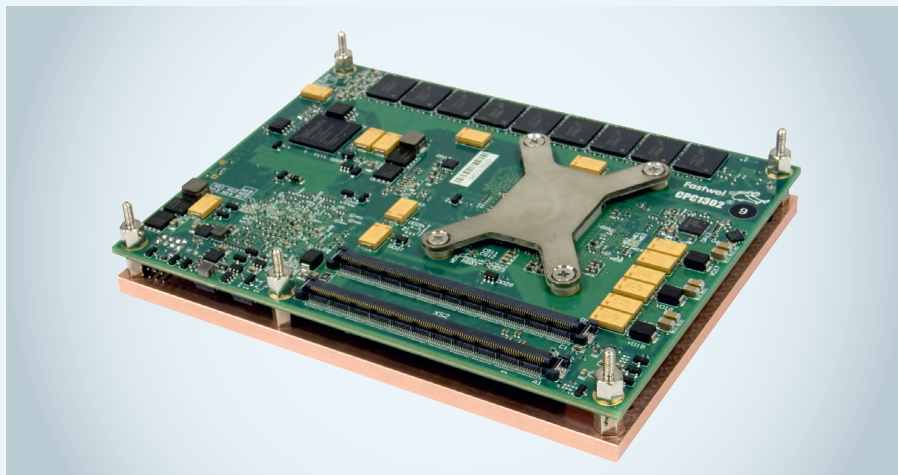
Тел.: (495) 234-06-36 доб. 11598

Модуль Fastwel COM Express CPC1302 – БОЛЬШЕ МОЩНОСТИ, БОЛЬШЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

Новинка ориентирована на разработчиков нестандартных высокопроизводительных вычислителей и предназначена для эксплуатации в условиях жёстких климатических и/или ударно-вибрационных нагрузок. Преимущество использования в серийных проектах компьютерных модулей вместо одноплатных компьютеров в том, что модули на 100% позволяют удовлетворить требования заказчика. Использование компьютерных модулей позволяет достичь бюджетной эффективности и длительного срока жизни решения.

Модули CPC1302 отличаются высокой производительностью процессоров Core i5/i7 с интегрированным графическим ядром и самый современный набор интерфейсов: PCIe x16, 7xPCIe x1, eDP/LVDS, VGA, 4xSATA III, 8xUSB 2.0, 4xUSB 3.0, 1xGbEthernet. Все интерфейсы модуля выведены на стандартные двурядные разъёмы высокой плотности.

CPC1302 устанавливается мезонином на плату-носитель и надёжно фиксируется несколькими стойками. На плате-носителе разработчик размещает как типовые разъёмы для интерфейсов CPC1302, так и дополнительные схемотехнические решения, реализующие необходимый функционал. С такой конструкцией при новых требованиях конечного заказчика доста-



точно изменить плату-носитель, что значительно быстрее, чем произвести коррекции в сложном COM-модуле. А если нужно повысить производительность решения или заменить снятое с производства изделие, достаточно заменить COM-модуль.

На модуле распаяно 8 ГБ оперативной памяти и твердотельный диск ёмкостью 16 ГБ, что делает CPC1302 полностью самодостаточным для установки как современных операционных систем (Linux 3.8.x, Microsoft Windows Embedded Standard 7/8, QNX 6.x), так и прикладного программного обеспечения.

CPC1302 имеет предустановленную теплораспределительную пластину, что позволяет как отводить тепло непосредственно на корпус проектируемого изделия, так и устанавливать сверху дополнительный радиатор.

По заказу модуль поставляется с влагозащитным покрытием. Рабочий диапазон температур составляет $-40...+85^{\circ}\text{C}$.

В качестве платы-носителя может быть использована плата Adlink Express-BASE6 или плата МСП13 (интерфейсы: 3xGbEthernet, VGA, mSATA PCI, 6xUSB 2.0, 2xSATA, 3xPCIe, PClex16) с поддержкой модулей расширения стандарта StackPC, совместимая с корпусом бортового компьютера МК300.

Применение процессоров из встраиваемой линейки Intel гарантирует российским потребителям длительную доступность модуля CPC1302 – до 2030 года.

В странах СНГ поставку и техническую поддержку продукции Fastwel осуществляет компания ПРОСОФТ – эксклюзивный дистрибьютор.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-06-36 доб. 11598

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

НОВЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ ОТ WE ПОЗВОЛЯТ РЕШИТЬ БОЛЬШЕ ЗАДАЧ!

В условиях мирового дефицита керамических конденсаторов высокой ёмкости компания Wurth Elektronik представляет полимерные конденсаторы в Chip SMD корпусе размером 7,3×4,3×1,9 мм. Диапазон температур от -55 до +105(+125)°C.

Благодаря низкому ESR данный тип керамических конденсаторов может заменить керамические и танталовые конденсаторы.

Основные области применения: помехоподавление, входные/выходные фильтры DC/DC, интерфейсные линии, серверы, SSD, счётчики.

Для заказа доступны четыре серии:

- 1) WCAP-PHGP – стандартная ($C = 15...560$ мкФ, $U = 2...35$ В, $R_{ESR} = 15...40$ мОм, $I_{ripple} = 3,2...5,6$ А);



- 2) WCAP-PHET – высокотемпературная до +125°C ($C = 15...100$ мкФ, $U = 10...25$ В, $R_{ESR} = 40$ мОм, $I_{ripple} = 3,2$ А);

- 3) WCAP-PHLE – низкий ESR ($C = 100...560$ мкФ, $U = 2...6,3$ В, $R_{ESR} = 4,5...9$ мОм, $I_{ripple} = 6,3...8,5$ А);

- 4) WCAP-PHSE – супернизкий ESR ($C = 330...560$ мкФ, $U = 2...2,5$ В, $R_{ESR} = 3$ мОм, $I_{ripple} = 10,2$ А).

Электроника становится всё меньше, поэтому для решения задач миниатюризации

выпущена серия электролитических конденсаторов с низким током утечки диаметром всего 3 мм и высотой 5,5 мм – WCAP-ASLU – миниатюрные конденсаторы с низким током утечки ($C = 0,1...22$ мкФ, $U = 6,3...63$ В, $I_{leak} = 3$ мкА, $T = -40...+85$ °C).

Основные области применения WCAP-ASLU: DC/DC, входные/выходные конденсаторы, фильтрация помех.

Также доступны со склада новые продукты в разделе «Конденсаторы»:

- высокочастотные конденсаторы WCAP-CSRF в корпусах 0201 и 0402;
- ионисторы WCAP-STSC ёмкостью от 3 до 50 Ф, 2,7 В DC, -40...+65°C.

Получить дополнительную информацию о представленных приборах и новинках можно на сайте в каталоге <https://catalog.we-online.de/en/>.

Заказать образцы и задать вопросы по e-mail: eiSos-russia@we-online.com.

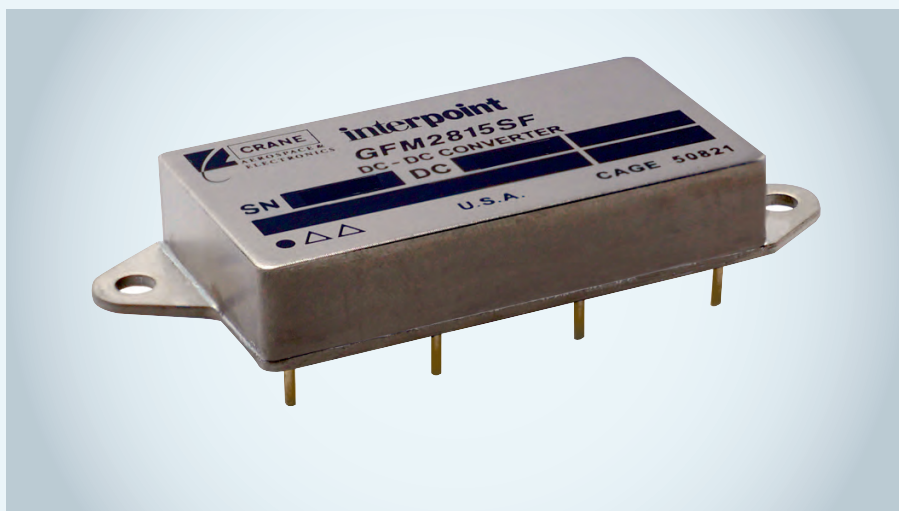
30 Вт ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ С ШИРОКИМ ДИАПАЗОНОМ ВХОДНОГО НАПЯЖЕНИЯ ДЛЯ АВИАЦИИ И КОСМОСА

Компания Crane Aerospace & Electronics (поставляет изделия под торговой маркой Intrepid®) представляет высокоэффективные DC/DC-преобразователи серии GFM.

Модули преобразователей напряжения серии GFM обеспечивают выходную мощность 30 Вт. Преобразование напряжения осуществляется с КПД более 90%.

В настоящее время предлагается модель GFM2815S с выходным напряжением 15 В. В дальнейшем номенклатура данных модулей будет расширена. Новые модули питания выдерживают воздействие импульсов с амплитудой 80 В длительностью 50 мс.

Конструктивно модули преобразователей напряжения серии GFM выполнены в стальных герметичных корпусах, покрытых никелем, с крепёжными фланцами или без них. Представленные модули являются идеальными для применения в аппаратуре военных реактивных самолётов, вертолётов, коммерческой авиации, наземных транспортных средств и низкоорбитальных спутников. Сочетание стандартной гибридной технологии и двухсторонней печатной платы с установленными компонентами для поверхностного монтажа позволило расширить функционал и несколько уменьшить габаритные размеры модулей.



Модули изготавливаются на том же предприятии компании Crane, где собираются высоконадёжные изделия Class H и Class K, используемые в важных космических программах во всём мире. Это гарантирует, что новые модули характеризуются документально подтверждённым качеством и надёжностью, подобно традиционным преобразователям уровня качества Military, созданным по гибридной технологии. При этом модули серии GFM дешевле более чем в два раза.

Основные технические характеристики модулей питания серии GFM:

- широкий диапазон входного напряжения от 8 до 50 В;
- КПД более 90%;
- диапазон рабочих температур от -55 до +105°C (на основании корпуса);

- диапазон температур хранения от -65 до +150°C;
- номинальная выходная мощность до 30 Вт;
- сервисные функции: дистанционное включение/выключение, внешняя синхронизация, подстройка выходного напряжения, защита от пониженного входного напряжения;
- небольшая площадь основания корпуса;
- габаритные размеры 53,09×28,2×10,16 мм (исполнение без фланцев); 72,14×28,2×10,16 мм (исполнение корпуса с крепёжными фланцами);
- вес 55 г (макс.).

Для поставки в Россию модулей серии GFM не требуется оформление разрешения в контролирующих экспорт государственных ведомствах США.

www.prochip.ru
Тел.: (495) 232-25-22

Новый TFT дисплей 4,3" с температурой хранения –40°C

АО «Компонента», официальный дистрибьютор Multi-Inno, сообщает о выходе новой модели TFT-дисплея диагональю 4,3" с температурой хранения –40°C – MI0430AFT-1.

Основные характеристики:

- размер диагонали 4,3";
- разрешение 800×480;

- интерфейс 24 bit RGB;
- диапазон рабочих температур –30...+85°C;
- диапазон температур хранения –40...+85°C;
- габариты модуля 105,5×67,2×2,9 мм;
- яркость 500 кд;
- полный угол обзора во всех направлениях.

www.komponenta.ru

Тел.: (495) 150-21-50



DC/DC мощностью 15 и 30 Вт в полностью экранированном корпусе с двухканальным выходом

Корпорация TDK-Lambda объявляет о дополнении изолированных DC/DC-преобразователей серии CCG моделями с двухканальным выходом.

Серия CCG – изолированные DC/DC-преобразователи с широким диапазоном входного напряжения, в корпусе 1×1 для монтажа на плату.

Данные приборы обеспечивают эффективную мощность до 15 и 30 Вт в компактном размере, что сразу сделало их привлекательными для заказчиков (начиная с презентации серии в 2015 году).

Появление моделей с двухканальным выходным напряжением позволит использовать их также для питания аналоговых компонентов, когда применение одноканальных существующих моделей невозможно или неэкономично. Таким образом, новые модели расширяют применимость серии CCG на широкий спектр плат управления и коммуникации в составе промышленного оборудования.

Расширенные диапазоны питания 9–36 и 18–76 В DC делает данные модули оптимальным решением для устройств с



батарейным питанием, а также для плат управления и связи с различными входными напряжениями (12 и 24 В, 24 и 48 В). Оптимизация компонентов и режимов работы преобразователей повысила эффективность и позволила использовать их в широком диапазоне температур окружающего воздуха от –40 до +85°C. Всё это в комплексе экономит место на плате и облегчает разработку высокоинтегрированных компактных плат управления оборудованием.

Области применения: телекоммуникационное оборудование; оборудование для производства полупроводников; контроль-

но-измерительное оборудование; платы управления промышленным оборудованием и т.д.

Основные преимущества:

- одноканальные и двухканальные модели;
- высокая плотность мощности – 15/30 Вт в корпусе 1×1;
- широкий входной диапазон 9–36 и 18–76 В DC;
- шестистороннее экранирование, сплошной медный полигон на плате основания в дополнение к металлическому корпусу;
- высокая эффективность – до 92% (CCG30-48-15D);
- широкий диапазон рабочих температур от –40 до +85°C;
- прочность изоляции вход-выход 1500 В DC (тест 1 мин).

Данные преобразователи являются полностью изолированными с типовой прочностью изоляции 1500 В DC вход-выход и 1000 В DC вход или выход относительно корпуса. Модули серии CCG сертифицированы в соответствии с IEC/EN 60950-1, UL/CSA 60950-1 и имеют маркировку CE в соответствии с директивой для низковольтного оборудования и экологической директивой RoHS2.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-06-36 доб. 11591

Плоский кабель в LSZH-изоляции

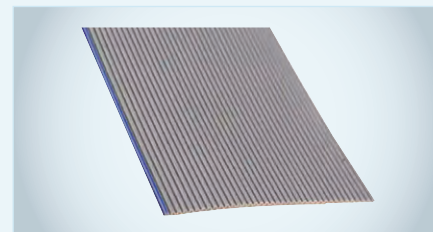
В кабельной продукции широко используется ПВХ-оболочка.

Этот материал обладает низкой горючестью. Однако это только один из параметров общего термина «пожаробезопасность». К другим критериям относятся дымообразующая способность материала, токсичность продуктов горения, их коррозионная активность. При горении ПВХ-изоляции выделяются чёрный дым и токсичные продукты горения (включая СО и хлористый водород). Во избежание обра-

зования токсичных газов используются т.н. безгалогенные композиции на основе полиолефинов.

Безгалогенные материалы не содержат таких вредных веществ, как фтор, хлор, бром, поэтому кабели в HF (halogen free) изоляции законодательно рекомендованы для использования в местах с высоким скоплением людей, таких как метрополитен, стадионы, концертные залы и торговые центры.

На складе компании «Платан» поддерживается наличие достаточного количества плоского кабеля серии HF-365 с шагом 1,27 мм в безгалогенной изоляции LSZH на количество



жил от 6 до 50. Кабель серии HF-365-xxSF имеет цельную медную жилу на всём протяжении бухты (без точек сварки), что позволяет уменьшить потери и затухания сигнала.

www.platan.ru

Тел.: (495) 97-000-99

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Новая версия среды АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ CANTATA ПОЛУЧИЛА СЕРТИФИКАТ SGS-TÜV

Среда автоматизированного модульного и интеграционного тестирования Cantata фирмы QA Systems (Германия) предназначена для тестирования программного обеспечения на языке C/C++, подлежащего сертификации по стандартам функциональной безопасности ПО.

Новая версия Cantata 8.0 получила сертификат SGS-TÜV Saar GmbH как «средство верификации программного обеспечения, относящегося к безопасности», соответствующее стандартам:

- IEC 61508 (общепромышленное оборудование) – до уровня SIL 4;
- EN 50128 (железнодорожные системы) – до уровня SIL 4;
- ISO 26262 (автоэлектроника) – до уровня ASIL D;
- IEC 62304 (медицинская техника) – до класса C;
- IEC 60880 (системы контроля АЭС) – для категории A.



Набор сертификационных материалов по этим стандартам (Certification Kit) и руководство по применению среды Cantata в процессе сертификации (Safety Manual) входят в комплект поставки Cantata 8.0. В качестве дополнительного продукта предоставляет комплект квалификационных материалов

по требованиям DO-178C (авионика). Среда Cantata применяется также при разработке ПО космических систем по требованиям NASA-8719.13C и ECSS-E-40 (European Cooperation for Space Standardization).

Новый релиз 8.0 включает ряд новых функций, главными из которых являются Code Change Analysis (управление внесением изменений в тесты при изменениях в исходном коде) и Target Deployment Switching (адаптация одного и того же набора тестов в случае использования ПО на различных аппаратных платформах с различными инструментальными средствами).

Среда Cantata имеет более чем 20-летнюю историю. Она является развитием среды IPL Cantata++, интеллектуальная собственность на которую была приобретена компанией QA Systems у компании IPL в 2012 году.

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

www.avdsys.ru/test

Среда автоматизированного тестирования ПО критически важных для безопасности, сертифицируемых встроенных микропроцессорных систем



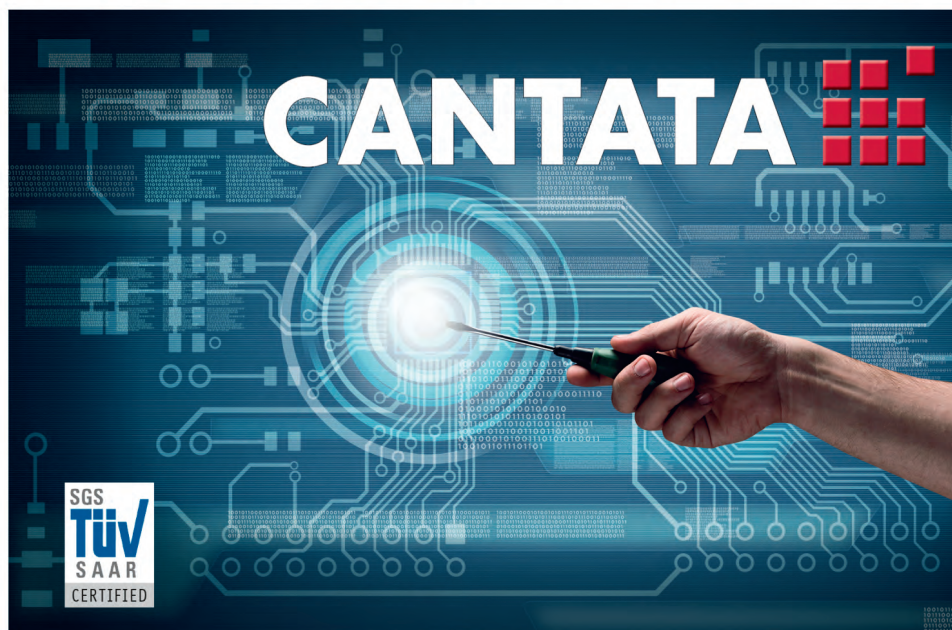
DO-178C



IEC 61508



IEC 60880



EN 50128



ISO 26262



IEC 62304

Дистрибьютор в РФ ООО «АВД Системы» - (916) 194-4271, avdsys@aha.ru

www.avdsys.ru/test

Реклама

Новинки Xilinx Developer Forum 2018

Михаил Коробков (m.korobkov@inline-ctc.ru)

На прошедшем 2 октября 2018 года форуме разработчиков Xilinx Developer Forum 2018 (XDF 2018) был представлен ряд важных новинок: новые архитектура и семейства кристаллов, маршруты проектирования и методологии, новый класс изделий Xilinx и стратегия рынка, новые платы и многое другое. В статье представлен обзор наиболее интересных и значимых из них.

VERSAL – АДАПТИРУЕМАЯ ПЛАТФОРМА УСКОРЕНИЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Пожалуй, наиболее интересным был анонс кристаллов с новой для Xilinx архитектурой, которые ранее были известны под кодовым названием «проект Everest», – это новое поколение, которое будет выполнено по технологии FinFET 7 нм, получило название VERSAL.

VERSAL [1] – это первая в индустрии гетерогенная платформа для ускорения вычислений, которая в прессе более известна под названием ACAP – Adaptive Compute Acceleration Platform – адаптивная платформа ускорения вычислений любых приложений, объединяющая в себе одновременно несколько различных механизмов [2] (см. рис. 1):

- Модули скалярных вычислений (Scalar Processing Engines) – это про-

цессор приложений ARM Cortex-A72, процессор реального времени ARM Cortex-R5 и специализированный контроллер управления платформой (platform management controller).

- Модули адаптируемых аппаратных средств (Adaptable Hardware Engines) – усовершенствованное по сравнению с предыдущими семействами более производительное поле FPGA (Field-Programmable Gate Array) с улучшенной способностью к частичной реконфигурации, выполняемой «на лету», скорость которой возросла до 8 раз.
- Модули векторной обработки (Intelligent Engines) – поле выполнения операций умножения с плавающей запятой с минимальными задержками (DSP Engines) и специализированное поле/модуль AI Engines с высокой пропускной способностью, а также

минимальными задержками на выполнение операций и оптимальным уровнем энергопотребления, предназначенное для решения задач в области реализации искусственного интеллекта (AI Inference) и цифровой обработки сигналов. Данное поле в архитектуре VERSAL является новым по сравнению с предыдущими семействами и будет рассмотрено отдельно.

- Интегрированные интерфейсы хост-систем – как и в предыдущих семействах ПЛИС Xilinx, в архитектуре VERSAL будут поддерживаться различные аппаратные реализации для взаимодействия с отдельно стоящими процессорами: PCIe Gen4x16, интегрированный модуль AXI-DMA, CCIX для ускорения решения задач, возлагаемых на серверные центральные процессоры (CPU – Central Processing Unit).
- Интегрированные контроллеры внешней памяти – для достижения максимальной пропускной способности и возможности работы с такими типами памяти, как DDR4-3200, LPDDR-4266 и High Bandwidth Memory (HBM). В архитектуре VERSAL предусмотрены специализированные аппаратные/интегрированные контроллеры памяти, количество которых варьируется в зависимости от кристалла.
- Интегрированные протокольные решения – для реализации высокоскоростных протоколов передачи данных предусмотрены аппаратные ядра 100 Гбит/с Multirate Ethernet, 600 Гбит/с Ethernet и Interlaken, 600 Гбит/с Cryptographic Engines (AES/IPSEC/MACSEC).
- Широкополосные трансиверы – в архитектуре VERSAL предусмотрены оптимизированные по энергопотреблению трансиверы 32/58 Гбит/с PAM4 и 112 Гбит/с PAM4.
- Интегрированные радиочастотные блоки – Multi-GSPS RF-ADC/DAC нового поколения, DDC/DUC, SD-FEC для 5G и DOCSIS.
- Программируемые блоки ввода/вывода для поддержки различных интерфейсов, среди которых MIPI D-PHY с поддержкой скорости более 3 Гбит/с на сенсор, различные низкоскоростные виды памяти типа NAND и Storage-Class, LVDS и I/O общего назначения.
- Сеть-на-кристалле (NoC – Network-on-Chip) – одна из особенностей кристал-

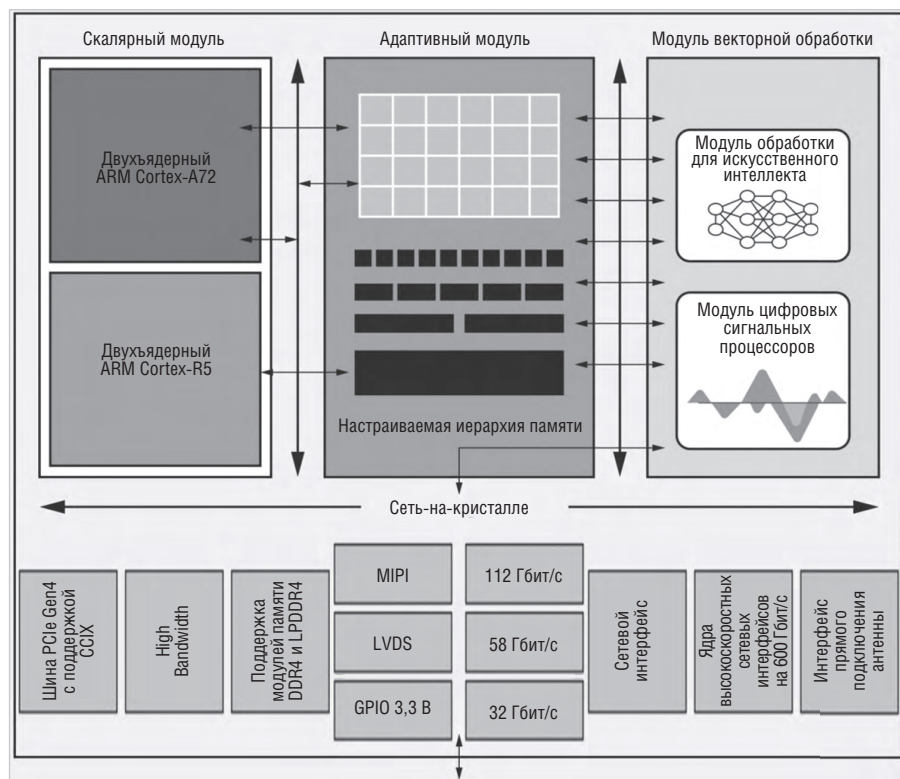


Рис. 1. Функциональная диаграмма Xilinx ACAP Versal

лов с архитектурой VERSAL, назначение которой состоит в быстрой доставке данных и обмене данными между различными частями микросхемы. Обладает пропускной способностью в несколько Тбит/с, возможностью непосредственного программирования, не требует этапа размещения и трассировки, доступна при загрузке кристалла, поскольку является интегрированной шиной. Энергопотребление такой интегрированной сети по сравнению с её реализацией на ресурсах программируемой логики ниже в 8 раз. Поддерживается возможность арбитража между различными модулями.

Наиболее важным является то, что для работы с новой архитектурой будут доступны различные наборы инструментов, такие как программное обеспечение, библиотеки, IP-ядра, промежуточное программное обеспечение (Middleware), драйверы и различные фреймворки.

Для архитектуры VERSAL анонсировано 6 серий, которые получили индивидуальные названия и разделены по целевым направлениям [2]:

- AI RF Series;
- AI Core Series;
- AI Edge Series;
- HBM Series;
- Premium Series;
- Prime Series.

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И ПРЕИМУЩЕСТВА VERSAL

Выбранные Xilinx ещё несколько лет назад целевые направления рынка остались прежними. Кристаллы архитектуры VERSAL в первую очередь ориентированы на центры обработки данных и облачные вычисления, 5G и другие беспроводные технологии, машинное обучение и высокоскоростную передачу данных по проводным каналам связи (межсерверная передача данных на скорости 400/600 Гбит/с).

Для того чтобы ответить на вопрос о выгоде, получаемой при использовании ACAP, следует рассмотреть существующие архитектуры и пояснить их предназначение [3] (см. рис. 2):

- Скалярные вычислительные элементы (CPU) эффективны для решения комплексных алгоритмов и последовательных задач принятия решений, но имеют ограниченный простоты производительности при масштабировании системы.
- Элементы векторной обработки (DSP – Digital Signal Processor, GPU – Graphics Processor Unit) наиболее эффективны в случае возможности рас-



Рис. 2. Различные вычислительные архитектуры и решаемые с их помощью задачи



Рис. 3. Объединение в гетерогенную архитектуру

параллеливания решаемой задачи, однако теряют в производительности из-за негибкой иерархии памяти, т.е. наиболее узким местом системы является обмен данными с внешней памятью.

- Программируемая логика (FPGA) может быть сконфигурирована для решения конкретной задачи, что делает её наиболее эффективной в приложениях, где критичной является задержка вычислений (например, системы помощи водителю) или имеется нерегулярная структура данных (например, вычисление генома). При этом традиционно узким местом таких систем является время, необходимое для компиляции и имплементации кода, которое обычно составляет несколько часов, в то время как для других рассматриваемых архитектур этот процесс занимает считанные минуты.

В результате анализа всех достоинств и недостатков указанных архитектур Xilinx был сделан вывод, что наилучшим является комплексное решение, объединяющее в себе все три архитектуры (см. рис. 3), или адаптируемая платформа ускорения вычислений (ACAP).

ACAP разработана таким образом, чтобы функционировать «из короб-

ки», при этом не требуя от разработчика умений и знаний проектирования на языках RTL. По умолчанию ACAP ориентирована на проектирование с использованием высокоуровневых C-подобных языков и различных готовых фреймворков. Кристаллы с архитектурой VERSAL имеют встроенную оболочку (Shell), которая включает технологии PCIe и CCIX с интегрированными контроллерами прямого доступа к памяти DMA, NoC и интегрированными контроллерами внешней памяти, освобождая разработчиков от необходимости работы на уровне RTL. Программирование может осуществляться на уровне фреймворков, например для задач машинного обучения пользователь может непосредственно задействовать Caffe или TensorFlow, также возможно применять специализированные готовые библиотеки, например библиотеки фильтров для задач 5G. Возможно и традиционное проектирование на уровне RTL [3].

3 наиболее важных достоинства ACAP:

1. Программируемость – способность «быстрого старта» разработки приложений с помощью специализированного программного обеспечения и фреймворков.

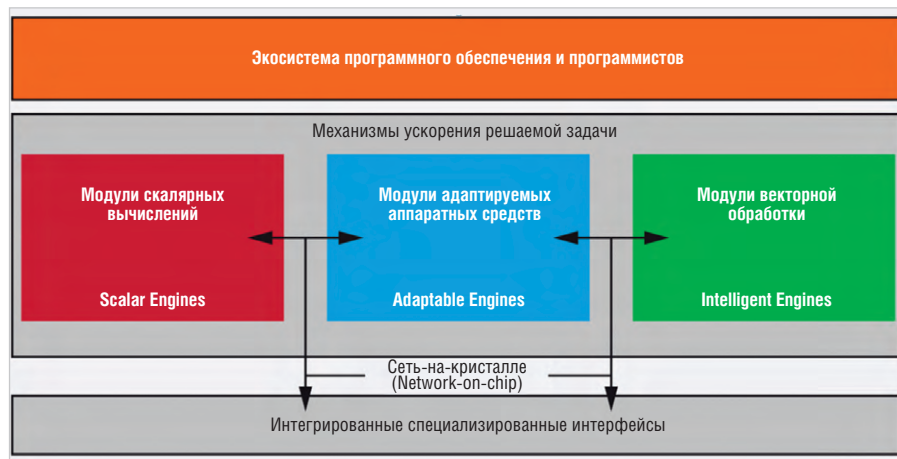


Рис. 4. VERSAL ACAP – концептуальная диаграмма

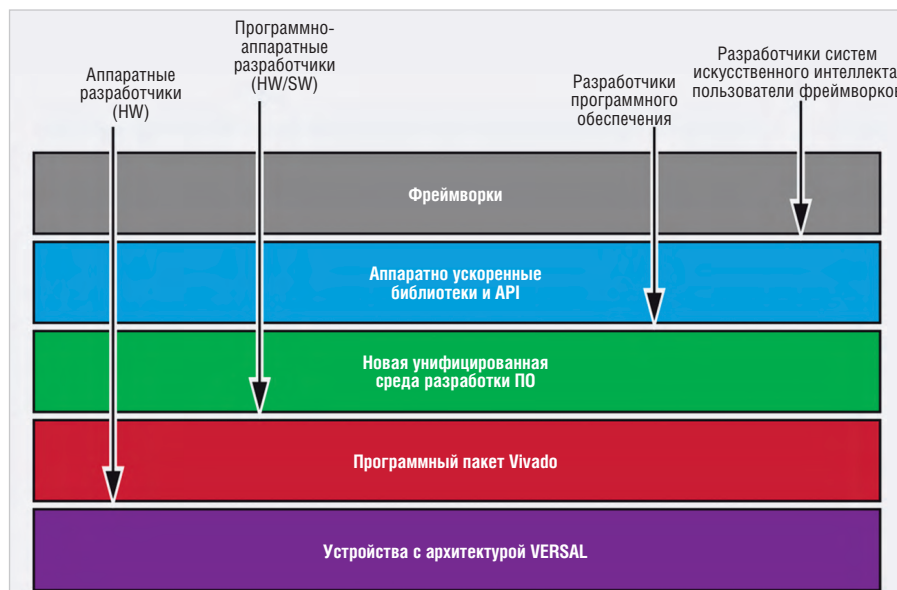


Рис. 5. Концепция программирования архитектуры VERSAL

- Ускорение широкого спектра приложений от искусственного интеллекта и сетевых смарт-карт до беспилотных автомобилей и терабитных оптических сетей.
- Динамическая адаптируемая реконфигурация – способность реконфигурировать аппаратную часть кристалла (FPGA) под решение другой задачи в течение нескольких миллисекунд.

АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЛАТФОРМЫ ACAP

ACAP представляет собой смесь нескольких систем: скалярной, адаптируемой и интеллектуальной, связанных между собой с помощью NoC – это сеть с огромной пропускной способностью в несколько Тбит/с (см. рис. 1).

Скалярная система построена на основе двухъядерного процессора ARM Cortex-A72, имеющего в 2 раза большую производительность на ядро

по сравнению с ARM Cortex-A53, используемым в кристаллах предыдущего поколения Xilinx. Сочетание усовершенствованной архитектуры процессора и технологического процесса FinFET 7 нм позволяет в 2 раза улучшить показатель DMIP/Вт по сравнению с технологией 16 нм. Сертифицированные по стандарту ASIL-C процессоры Cortex-R5 из семейства UltraScale+™ перенесены на 7 нм техпроцесс с дополнительным уровнем безопасности и подходят для ответственных (safety) приложений.

Адаптивная система состоит из программируемой логики и ячеек памяти. Отличительной особенностью программируемой логики нового поколения является то, что её можно перепрограммировать для организации иерархии памяти, настроенной на конкретную вычислительную задачу. Такой подход позволит интеллектуальной системе достичь гораздо более высокой эффективности и большей

пропускной способности памяти на единицу вычислений по сравнению с современными CPU и GPU.

Интеллектуальная система представляет собой набор модулей с поддержкой выполнения с помощью очень длинной машинной команды (very long instruction word – VLIW), обработки множественных данных по принципу SIMD, которые соединены между собой с помощью интерконнектов, что позволяет достичь пропускной способности данных в сотни Тбит/с. Такая система обеспечивает повышение производительности в 5–10 раз в задачах цифровой обработки сигналов и машинного обучения [3].

АДАПТИВНОЕ УСКОРЕНИЕ

Гетерогенные модули VERSAL ACAP обеспечивают оптимальное ускорение программных приложений независимо от типа приложения. Интеллектуальная система ускоряет решение задачи машинного обучения и классические алгоритмы цифровой обработки сигналов. Программируемая логика нового поколения внутри адаптируемой системы ускоряет параллелизуемые алгоритмы. Многоядерный процессор предоставляет исчерпывающие встроенные вычислительные ресурсы для остальных приложений.

VERSAL спроектирован таким образом, чтобы его программирование осуществлялось без навыков разработки на уровне RTL (см. рис. 4, 5), что открывает новые возможности для специалистов из разных сфер:

- учёные, работающие с Big Data и искусственным интеллектом, могут решать свои задачи с помощью стандартных фреймворков и ускорить получение результатов;
- разработчики прикладных программ могут ускорить любое приложение, даже не имея опыта работы в низкочастотном проектировании (RTL);
- аппаратные разработчики (HW/RTL) могут продолжать применять стандартные маршруты RTL-проектирования с использованием Vivado® Design Suite, при этом уменьшая время разработки за счёт использования архитектуры VERSAL, готовых IP-блоков и аппаратных решений.

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ АППАРАТНЫЕ БЛОКИ

Наличие гибких программируемых интерфейсов позволяет получить доступ к компонентам, расположенным вне кристалла, включая

стандартные интерфейсы для общения с внешним хост-процессором. В приложениях, относящихся к дата-центрам, программное приложение обычно расположено на стороне хост-процессора. Интерфейс, позволяющий подсоединить хост-процессор к программируемым ресурсам платформы VERSAL, называется оболочкой (the Shell). Встроенная оболочка включает интерфейсы CCIX (Cache Coherent Interconnect for Accelerators), PCIe Gen4 x16, контроллеры DMA, кэш-когерентную память, встроенные контроллеры памяти.

NoC выступает в качестве связующей сети IP-модулей и аппаратных компонентов архитектуры. Это открывает возможность стандартизации и масштабирования аппаратного фреймворка, позволяя достичь эффективного обмена данными между компонентами гетерогенной архитектуры VERSAL [3].

ГЕТЕРОГЕННОЕ УСКОРЕНИЕ

Несмотря на то что программируемая логика (FPGA) и векторные вычислители (DSP, GPU) имеют лучшие характеристики, чем типовые центральные процессоры, преимущество архитектуры ACAP заключается в том, что она объединяет все три типа вычислителей на одном кристалле, образуя тем самым жёстко связанный гетерогенный вычислитель. В данном случае может получиться так, что 1+1+1 будет больше 3, то есть эффект от одновременного использования различных типов вычислителей совместно будет больше, чем от каждого по отдельности.

Показатели преимущества по ключевым сегментам рынка, достигаемые при применении ACAP VERSAL [3], приведены в таблице.

В настоящее время для ознакомления с архитектурой и особенностями доступны документы для двух серий: AI Core и Prime.

СЕРИЯ AI CORE

Данная серия [4] архитектуры VERSAL обладает наивысшими вычислительными показателями и минимальными задержками выполнения операций, позволяя получить лучшие результаты в задачах искусственного интеллекта и машинного обучения. Кристаллы этой серии оптимизированы для применения в облачных вычислениях, сетевых приложениях и автономных устройствах. В серии AI Core планируется 5 устройств, в состав которых войдут:

VERSAL ACAP и ключевые сегменты рынка

Рынок	Решаемая задача	Прирост производительности в сравнении с			Примечания
		CPU	GPU	FPGA	
Центры обработки данных	Распознавание изображений – без учёта задержек	43x	2x	5x	GoogLeNet v1 (неограниченное количество примеров для обучения)
	Распознавание изображений – задержка в 2 мс	–	8x	5x	GoogLeNet v1 (<2 мс), нижняя граница для CPU 5 мс
	Анализ рисков	89x	–	>1x	По результатам исследований компании Maxeler
	Геномика (Genomics)	90x	–	>1x	Результаты анализа генома человека. По результатам исследований компании Edico Genome
	Эластичный поиск (Elastic Search)	91x	–	>1x	В 91 раз меньше задержка при анализе 1 Тбайт данных по сравнению с CPU. По результатам исследований компании BlackLynx
Беспроводная передача данных 5G	16x16 5G удалённых радиостанций (Remote Radio)	–	–	>5x	5-кратный рост пропускной способности для радиостанций 5G
	Формирование луча (Beam Forming)	–	–	>5x	5-кратный рост выполняемых вычислений
Радары специального назначения	DSP TMACs	–	–	>5x	Более 27 TMACs
	Время на итерацию алгоритма	–	–	>100x	Компиляция кода для модулей векторной обработки за считанные минуты
Автомобильная промышленность	Получение результата в системах искусственного интеллекта (<2 мс)	–	3x	15x	ResNet50 Batch=1 Лучшая масштабируемость решения в приложениях, критичных ко времени распознавания, таких как системы помощи водителю и автономное вождение
Проводная передача данных	Шифрование передаваемых данных	–	–	4x	ACAP имеет встроенные аппаратные блоки сетевых решений и криптографии, позволяя тем самым достичь терабитных значений шифрования потока данных

Примечание: TMACs – 10^{12} операций умножения/с.

- от 128 до 400 вычислительных блоков AI Engines;
 - двухъядерный процессор ARM Cortex-A72;
 - двухъядерный процессор реального времени ARM Cortex-R5;
 - 256 Кбайт встроенной памяти с функцией коррекции ошибок ECC;
 - более 1900 DSP-блоков, оптимизированных для вычислений с плавающей запятой с минимальной задержкой;
 - более 1,9 млн системных логических ячеек;
 - 130 Мбайт памяти UltraRAM;
 - до 34 Мбайт блочной памяти RAM и до 28 Мбайт распределённой памяти;
 - 32 Мбайт памяти для ускорителя, которая доступна непосредственно из любого модуля и является уникальной для устройств серии VERSAL AI.
- Также будут доступны PCIe Gen4 x8 и x16, CCIX, трансиверы 32 Гбит/с, до 4 контроллеров памяти DDR4, до 4 Multirate Ethernet-контроллеров, 650 высокоскоростных входов/выходов для организации интерфейсов MIPI D-PHY, NAND, LVDS, а также 78 мультиплексируемых входов/выходов, соединённых с внешними компонентами, и более чем 40 входов/выходов, поддерживающих напряжение до 3,3 В (High Density I/O). Все эти компоненты объединены сетью-на-кристалле NoC, которая имеет до 28 master/slave-

портов с пропускной способностью в несколько Тбит/с. Технические параметры и показатели производительности для данных различной точности [5] приведены в дополнительных материалах к статье на сайте журнала www.soel.ru.

ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА СЕРИИ AI CORE

Улучшенные системные характеристики:

- новый класс вычислительных модулей для векторных операций AI Engines более чем в 100 раз превосходит в вычислениях серверные процессоры;
 - настраиваемая иерархия памяти под конкретную вычислительную задачу, которая позволит избежать большой задержки обращения к памяти – наиболее узкого места многих вычислительных систем;
 - многоядерная процессорная система на базе ARM Cortex-A72 с двукратным приростом производительности по сравнению с предыдущей версией A53;
 - шина PCIe Gen4 с пропускной способностью 25 Гбит/с и поддержкой CCIX для кэш-когерентного соединения с хост-процессором.
- Уменьшение стоимости:
- одно устройство из серии AI Core способно заменить серверную стойку с самыми производительными на сегодня CPU;

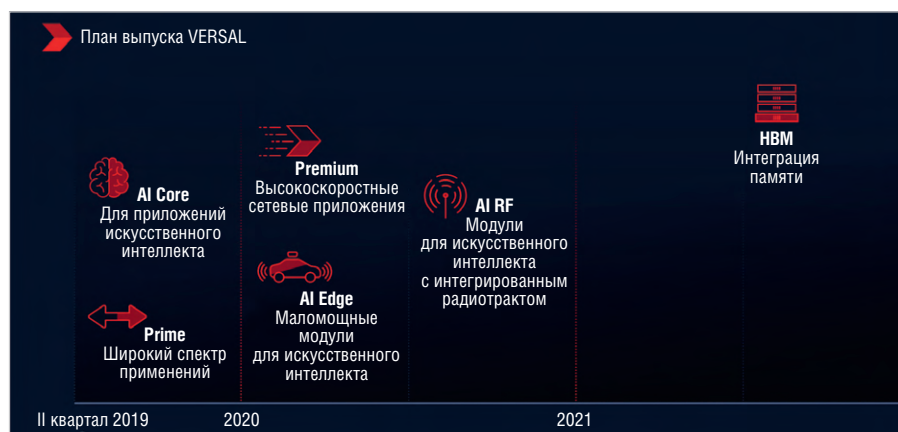


Рис. 6. План выпуска кристаллов с архитектурой VERSAL

- динамическое переключение между решаемыми задачами для объединения нескольких ускорителей в один;
- динамическое реконфигурирование частей кристалла за считанные миллисекунды для решения любых задач – от обработки и распознавания изображений до использования в научно-прикладных целях.

Повышение производительности:

- программное обеспечение оптимизировано для задач глубокого и машинного обучения;
- предварительно установленные интерфейсы (оболочка, Shell) с повышенной безопасностью, легко интегрируемые в вычислительную инфраструктуру;
- компиляция фреймворков за считанные минуты.

Также новая серия AI Core потребляет почти на 50% меньше мощности по сравнению с устройствами предыдущего поколения (при использовании новых функций).

Серия PRIME

Серия Prime [6] является основной серией среднего диапазона платформы VERSAL, применимой в нескольких сегментах рынка. Эти приложения включают разработку сетевого оборудования с пропускной способностью от 100 до 200 Гбит/с, центры обработки данных, коммуникационное тестовое оборудование. Устройства этой серии содержат трансиверы на 58 Гбит/с, оптимизированные блоки ввода/вывода и DDR, обеспечивая малую задержку и высокую производительность. Технические параметры и показатели производительности для данных различной разрядности серии Prime [7] приведены в дополнительных материалах к статье на сайте журнала www.soel.ru.

Характеристики серии Prime:

- до 2 млн системных логических ячеек;

- интегрированные Multirate MAC (Medium Access Control) с поддержкой 10/25/40/50 Гбит/с Ethernet с задержкой 1 нс для возможности применения в приложениях eCPRI и TSN;
- интегрированные высокопроизводительные многоканальные DMA-контроллеры;
- PCIe Gen4 с поддержкой CCIX (до 252 виртуальных функций);
- NoC с пропускной способностью более 1 Тбит/с;
- многоядерная процессорная система на базе ARM Cortex-A72 с двукратным приростом производительности по сравнению с предыдущей версией A53;
- многоядерный процессор реально времени ARM R5.

ПРЕИМУЩЕСТВА СЕРИИ PRIME

Повышение производительности:

- выигрыш почти в 2 раза по показателю производительность/Вт по сравнению с устройствами предыдущего поколения;
- оптимизированные по потребляемой мощности трансиверы на 32 и 58 Гбит/с, поддержка PAM4;
- 3200 Мбит/с DDR4 и 4266 Мбит/с LPDDR4 с интегрированными DMA-контроллерами.

Уменьшение стоимости и сокращение перечня компонентов:

- экономичные высокоскоростные трансиверы на 25/50/100 Гбит/с для сетевых приложений и дата-центров;
- 3 рабочих напряжения, позволяющие выполнить настройку производительности и потребляемой мощности без ущерба производительности для конечного приложения;
- корпус без крышки для улучшенного до 40% теплоотвода.

Уменьшение потребляемой мощности:

- потребляемая мощность почти на 40% ниже по сравнению с устройствами предыдущего поколения (при использовании новых функций);
- оптимизированные по потребляемой мощности трансиверы для приложений, в которых критична стоимость и потребляемая изделием мощность, таких как сетевые смарт-карты NIC, 5G-коммутаторы (eCPRI) и виртуализация сетевых функций NFV. Ускорение разработки:
- оптимизированное программное обеспечение;
- методология применения NoC;
- предварительно интегрированные интерфейсы.

Планы Xilinx по выпуску кристаллов

Xilinx планирует выпустить первые кристаллы серий AI Core и Prime во II квартале 2019 года (см. рис. 6). Кристаллы следующих семейств следует ожидать не ранее 2020 года, а именно: в I квартале 2020 года планируется выход на рынок кристаллов серий Premium и AI Edge, во II квартале того же года – кристаллов серии AI RF, затем ожидается выход серии с интегрированной высокопроизводительной памятью HBM Series, однако, согласно планам компании, это произойдет только во II квартале 2021 года [2].

Чтобы не пропустить выход новых анонсов, новостей и документов, касающихся архитектуры VERSAL, Xilinx предлагает подписку на новые обновления информации о VERSAL [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Versal: <https://www.xilinx.com/products/silicon-devices/acap/versal.html>
2. Versal Presentation: https://www.xilinx.com/content/dam/xilinx/imgs/press/media-kits/XDF_VERSAL_Press_Presentation_FINAL_Static.pdf
3. WP505. Versal: The First Adaptive Compute Acceleration Platform (ACAP). Xilinx. 2018.
4. Versal AI Core Series: <https://www.xilinx.com/products/silicon-devices/acap/versal-ai-core.html>
5. XMP452 – Versal AI Core Series Product Selection Guide (ver1.0.1). Xilinx inc. Oct. 2018.
6. Versal Prime Series: <https://www.xilinx.com/products/silicon-devices/acap/versal-prime.html>
7. XMP453 – Versal™ Prime Series Product Selection Guide (ver1.0.1). Xilinx inc. Oct. 2018.
8. Versal Stay Informed: <https://www.xilinx.com/products/silicon-devices/acap/versal-stay-informed.html>





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

Кремниевая и арсенид-галлий-алюминиевая технология

Часть 11. Концепция построения 3D матричной фотон-электрон-фотонной процессорной системы (цифровой) – 3D М ФЭФ ПСЦ

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

В одиннадцатой части статьи продолжается повествование о концепции построения процессорной цифровой системы 3D М ФЭФ ПСЦ: представлены аналого-цифровые векторно-матричные потоковые вычислители 3D М ФЭФ ПСАЦ и масштабируемые системы с использованием процессора DSP TMS320C6455.

Всё разнообразие архитектур ЭВМ сводится к 4 классам вычислительных систем (ВС):

1. ОКОД – ВС с одиночным потоком команд и одиночным потоком данных.
2. ОКМД – ВС с одиночным потоком команд и множеством потоков данных.
3. МКОД – ВС со множественным потоком команд и одиночным потоком данных.
4. МКМД – ВС со множественным потоком команд и множеством потоков данных.

ОКМД представляет собой вычислительную систему с параллельной обработкой данных. К этому типу относятся так называемые «матричные процессоры». Они представляют собой массив процессоров, которые контролируются одним управляющим процессором,

выполняя по его команде одну операцию над собственной порцией данных, хранящихся в локальной памяти. В связи с тем что обмена данными между процессорами нет, не требуется никакой синхронизации, что позволяет достигать огромных скоростей вычислений и легко расширять вычислительную систему, просто увеличивая количество процессоров.

На рисунке 85 представлена структурная схема подключения функционального модуля 3D М ФЭФ М.

СКОРОСТНОЙ ПОРТ ВВОДА-ВЫВОДА МНОГОКАНАЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Скоростной порт ввода-вывода многоканальной оптической информации строится на базе двух 3D М ФЭФ М АЦ,

двух 3D М ФЭФ М ПП и оптического многоканального призматического мультиплексора и обеспечивает одноканальную аналоговую передачу цифровой информации слайса по оптическим каналам со скоростью до 1 ГГц.

На рисунке 86 представлена архитектура скоростного порта ввода-вывода многоканальной оптической информации.

С качественным улучшением структурных схем 3D М ФЭФ М Si с вводом в состав функциональных кристаллов схем АЦП – ЦАП необходимость в скоростном порте ввода-вывода может отпасть

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ БИТ-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ И БИТ-ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПОТОКОВ ИНФОРМАЦИИ

При использовании 3D М ФЭФ М АЦ в качестве оптоэлектронного интерфейса возникает потребность в дополнительной обработке передаваемых через интерфейс данных для согласования форматов передачи информации через шины Serial RapidIO или Ethernet, реализующие электрический интерфейс с

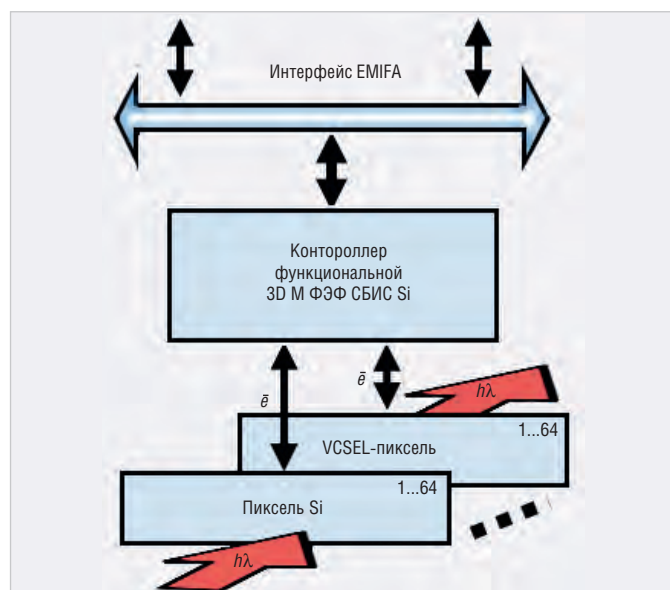


Рис. 85. Структурная схема подключения функционального модуля 3D М ФЭФ М

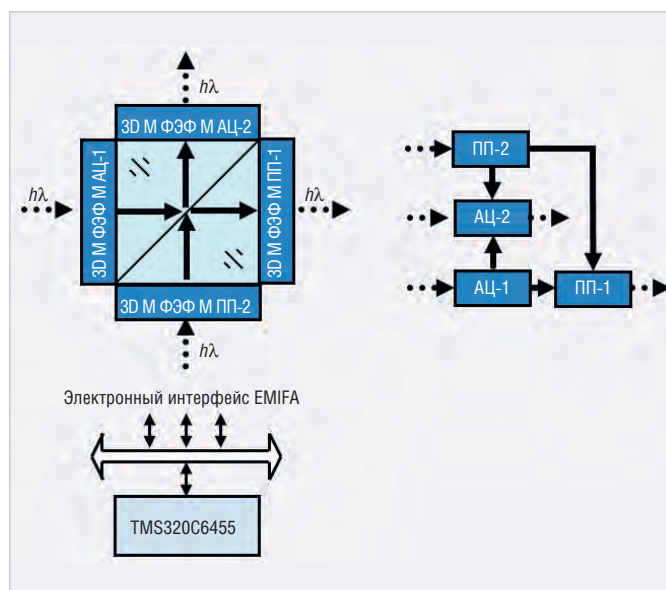


Рис. 86. Архитектура скоростного порта ввода-вывода многоканальной оптической информации

внешними устройствами, и EMIFA, связывающую процессор TMS320C6455 с кристаллом 3D М ФЭ СБИС А/Ц, который реализует оптический интерфейс модуля 3D М ФЭФ М АЦ.

Рассмотрим процесс передачи данных через модуль в направлении оптического интерфейса. Для того чтобы передать некоторые данные через кристалл (причём нет принципиальной разницы, в аналоговом или в цифровом виде производится передача), необходимо загрузить 8-разрядные регистры пикселей (каналов) кристалла. Кристалл обеспечивает одновременную передачу данных по 64 каналам, следовательно, для передачи одной порции данных требуется подготовить 64 8-битных слова, т.е. 64 байта.

Данные, поступающие с интерфейсов RapidIO или Ethernet, должны приниматься процессором в виде пакетов, каждый байт которых (без учёта служебной информации пакета) должен хранить информацию, предназначенную для одного канала кристалла (бит-последовательный поток информации). Это связано с тем, что регистры пикселей кристалла имеют 8 разрядов и, соответственно, количество бит, передаваемое через один канал, должно быть кратно 8.

Байты данных каналов в пакете не обязательно должны быть расположены по порядку. Например, данные для каналов могут быть сгруппированы по 16 или 32 бита, но для упрощения дальнейшей обработки их стоит сгруппировать по 8 бит и расположить друг за другом в порядке возрастания номеров каналов, т.е. сформировать описанные выше порции данных. Для решения этой задачи имеет смысл использовать контроллер прямого доступа к памяти (EDMA3), который позволяет переставить байты в нужном порядке. При использовании этого механизма данные в пакете должны иметь регулярную структуру.

Контроллер прямого доступа к памяти позволяет выполнять операции по копированию/перестановке данных параллельно с выполнением других задач, решаемых на процессоре, и его производительность ограничивается только производительностью памяти, с которой он работает. Поскольку время, затрачиваемое на обработку порции данных, превышает время копирования этой порции данных, перестановка байт в нужном порядке не скажется на производительности.

Для того чтобы передать 8 бит в каждый из 64 регистров пикселей кристалла, необходимо сформировать 8 64-битных слов (слайсов), каждый бит которых соответствует одному каналу (бит-параллельный поток информации). Иными словами, в нулевом слайсе передаются нулевые биты всех каналов, в первом – первые и т. д. Нулевой бит в каждом слайсе соответствует нулевому каналу, первый – первому и т. д. После этого достаточно будет последовательно выдать эти слайсы через шину EMIFA. С точки зрения программирования это означает просто скопировать их в область памяти, в которой отображается адресное пространство EMIFA, что может быть сделано с помощью контроллера EDMA3 параллельно с обработкой без дополнительных затрат вычислительных ресурсов.

Таким образом, задача обработки сводится к преобразованию 64-байтной порции данных, полученной из пакетов RapidIO или Ethernet, в слайсы. Рассмотрим код на ассемблере TMS320C64x+, позволяющий эффективно решить эту задачу.

Данный процессор имеет 64 32-битных регистра (2 банка по 32 регистра), что является достаточным для того, чтобы при обработке одной порции данных не требовалось выгружать и загружать промежуточные результаты в память: они целиком могут уместиться в регистрах.

Вся суть обработки данных сводится к двум операциям:

1. Анализ бита в одном из исходных байтов.
2. Запись аналогичного значения в соответствующее место одного из 64-битных слайсов.

Для того чтобы проанализировать один бит и установить один бит со значением, аналогичным значению проанализированного бита, достаточно двух последовательных ассемблерных инструкций (при условии, что регистры результирующих слайсов были предварительно обнулены) (см. листинг).

Архитектура процессора позволяет выполнять до 6 таких проверок одновременно (на различных исполнительных устройствах).

Маски, используемые в инструкциях *AND* и *OR*, имеют смысл предварительно загрузить в свободные регистры. При этом нет возможности (недостаточно регистров) подготовить зара-

Листинг

```
AND <исходный байт>,  
<маска с «1» в анализируемом  
бите>,  
<флаг>  
[флаг] OR <результирующий  
слайс>,  
<маска с «1» в устанавливаемом  
бите>,  
<результирующий слайс>
```

нее все возможные маски. Если учесть, что маски не используются одновременно, становится ясно, что в этом нет необходимости. Нужные маски можно получить из масок, подготовленных заранее, с помощью ассемблерной инструкции *ROTL*, которая может выполняться на умножителях. Поскольку умножители непригодны для осуществления логических операций, выполнение *ROTL* никак не скажется на производительности описанного ранее решения.

Помимо возможности одновременной обработки 6 бит данных для одного канала, существует возможность считывать из памяти во внутренние регистры процессора данные сразу для 8 каналов (8 последовательных байт вместо одного) с помощью команды *LDDW*. Использование данной команды эффективнее, чем использование 8 отдельных команд чтения байта, т.к. выработка адреса для памяти производится только один раз.

Оценим производительность описанного преобразования бит-последовательного потока информации в бит-параллельный. С учётом возможности параллельной обработки 6 бит для преобразования одной порции данных (64 байта) процессору необходимо выполнить 176 инструкций (с учётом чтения исходных данных). Также дополнительно требуется выполнить 8 инструкций записи сгенерированных слайсов в память, которые не могут выполняться параллельно. Всего получается 184 инструкции на порцию данных.

Если для хранения данных используется быстросействующая внутренняя память (L1D или L2), то можно избежать дополнительных задержек, связанных с ожиданием ответа от внешнего ОЗУ. В частности, при использовании L1D время выполнения одной инструкции равно одному такту тактового генератора процессора (0,83 нс при частоте 1,2 ГГц), что обеспечивает производительность алгоритма обработки в 3,3 Гбит/с.

Преобразование бит-параллельного потока информации, полученного от кристалла, в бит-последовательный

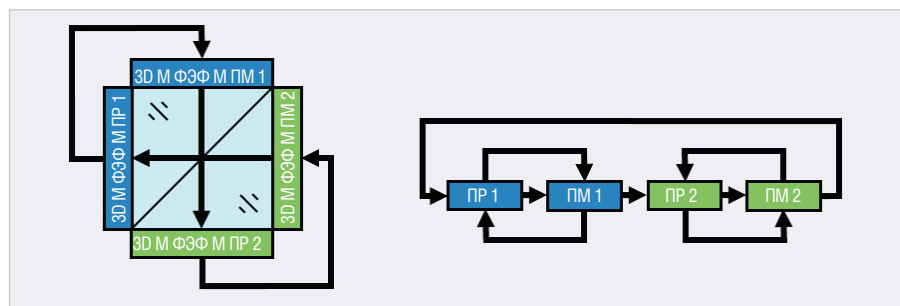


Рис. 87. Двухъядерная архитектура вычислителя с параллельной обработкой данных на базе 3D М ФЭФ М ПП, 3D М ФЭФ М ПП и оптического многоканального призматического мультиплексора с многоканальной обратной связью

может выполняться аналогичным образом с такой же производительностью, как и преобразование битпоследовательного потока информации в бит-параллельный.

Вычислительная архитектура 3D М ФЭФ М ПП

Вычислительная архитектура 3D М ФЭФ М ПП позволяет создавать различные вычислительные структуры и реализовывать конвейерную или векторную формы параллелизма вычислений.

Цифровые векторно-матричные потоковые вычислители – 3D М ФЭФ М ПП – строятся на основе вычислительного ядра с параллельной обработкой данных на базе 3D М ФЭФ М ПП, 3D М ФЭФ М ПП с АЦП – ЦАП разрядностью 2^8 и оптического многоканального призматического мультиплексора с многоканальной обратной связью и обеспечивают одноканальную аналоговую передачу цифровой информации слайса по оптическим каналам со скоростью до 1 ГГц (см. рис. 87).

В вычислительном ядре процессорные пиксели 3D М ФЭФ М ПП одновременно обращаются к пикселям общей внешней памяти 3D М ФЭФ М ПП по оптическому интерфейсу.

3D М ФЭФ М ПП имеет возможность перестановки содержимого регистра данных в пикселях матрицы.

Управление операционными процессами в 3D М ФЭФ М ПП и 3D М ФЭФ М ПП производится электронным процессором TMS320C6455 по шине EMIFA.

Технические характеристики ППОС TMS320C6455

Процессор цифровой обработки сигналов TMS320C6455, выпускаемый компанией Texas Instruments, предназначен для высокопроизводительной обработки информации и интенсивного

обмена данными с внешними устройствами по высокоскоростным интерфейсам. Поколение процессоров C64x+, в которое входит TMS320C6455, включает в себя самые производительные из всех ППОС с фиксированной точкой, выпускаемых компанией Texas Instruments.

TMS320C6455 обладает следующими отличительными особенностями:

- время одного цикла процессора – 1,39; 1,17; 1; 0,83 нс;
- тактовая частота – 720, 850 МГц, 1,0; 1,2 ГГц;
- максимальная производительность – 9600 MIPS;
- температурный диапазон – $0...+90^{\circ}\text{C}$ ($-40...+105^{\circ}\text{C}$ в расширенном температурном исполнении);
- вычислительное ядро C64x+;
- обработка данных с фиксированной точкой;
- расширенная VLIW-архитектура;
- выполнение до 8 инструкций за такт;
- специализированные SPLOOP-команды (эффективная реализация циклов);
- компактные коды инструкций (16 бит вместо 32);
- расширенная система команд (по сравнению с C64x);
- поддержка обработки исключений;
- внутренняя память;
- кэш-память программ первого уровня (L1P) – 32 Кбайт;
- кэш-память данных первого уровня (L1D) – 32 Кбайт;
- кэш-память второго уровня (L2) – 2048 Кбайт;
- возможность использования части кэш-памяти данных в качестве быстрой оперативной памяти;
- ПЗУ – 32 Кбайт;
- аппаратные расширенные декодеры VCP2 и TCP2;
- счётчик тактовых импульсов, не зависящий от работы вычислительного ядра;

- возможность поддержки как прямого (Little Endian), так и обратного (Big Endian) порядка байт в слове;
- 64-битный интерфейс с внешней памятью (EMIFA);
- подключение как асинхронной, так и синхронной памяти;
- поддержка интерфейсов логических устройств (ПЛИС и др.);
- тактовая частота шины – 166 МГц;
- общий объём адресуемой памяти – 32 Мбайт;
- Serial Rapid IO v1.2;
- четыре 1x канала, которые могут быть сконфигурированы как один 4x канал;
- скорость передачи – 1,25; 2,5; 3,125 Гбит/с;
- поддержка передачи сообщений и Direct IO;
- расширенный контроль ошибок и управление трафиком;
- совместимость с IEEE 1149.6;
- контроллер внешнего ОЗУ;
- интерфейс к памяти типа DDR2 SDRAM;
- 16/32-битная шина;
- тактовая частота шины – 533 МГц;
- общий объём адресуемой памяти – 512 Мбайт;
- контроллер прямого доступа к памяти (EDMA3), поддерживающий 64 независимых каналов;
- 16/32-битный Host-Port Interface (HPI);
- 32-битный 33/66 МГц 3,3 В Peripheral Component Interconnect (PCI) v2.3;
- шина I²C;
- 2 многоканальных буферизованных последовательных порта (McBSPs);
- Ethernet MAC (EMAC);
- совместимость с IEEE 802.3;
- скорость передачи – 10/100/1000 Мбит/с;
- поддержка MII, GMII, RMII и RGMII;
- 8 независимых каналов передачи (TX) и 8 независимых каналов приёма (RX);
- 2 64-битных таймера общего назначения, которые могут быть сконфигурированы как 4 32-битных таймера;
- UTOPIA;
- Slave ATM контроллер второго уровня;
- 8-битные независимые операции приёма и передачи с частотой 50 МГц;
- определяемый пользователем формат ячейки (до 64 байт);
- 16 выводов общего назначения (GPIO);
- контроллер ФАПЧ;

- дополнительный контроллер ФАПЧ для ЕМАС и DDR2;
- расширенное управление событиями (АЕТ);
- пошаговая отладка программ, исполняемых на процессоре;
- JTAG-интерфейс, совместимый с IEEE-1149.1;
- поддержка Boundary-Scan режима JTAG;
- корпус BGA, имеющий 697 выводов (расстояние между выводами – 0,8 мм);
- КМОП-технология 90 нм с 7-уровневой металлизацией;
- напряжение питания цепей ввода-вывода – 3,3/1,8/1,5/1,2 В;
- напряжение питания ядра – 1,25/1,2 В.

Параллельно работающие матричные вычислительные ядра с топологией «кольцо» внешней и внутренней многоканальной оптической связи обеспечивают повышение производительности архитектур вычислительных систем с параллельной обработкой данных.

В потоковой вычислительной архитектуре 3D М ФЭФ М ПСЦ процессоров имеются две независимые магистрали обмена данными и сигналами управления: матричная оптическая и регистровая электрическая с интерфейсом EMIFA.

Минимальная скорость обмена данными между 3D М ФЭФ М ПФ и 3D М ФЭФ М ПП при тактовой частоте 133 МГц составляет $133 \text{ МГц} \times 8 \text{ бит} = 1,064 \text{ Гбит/с}$.

Общий поток между 3D М ФЭФ М ПФ и 3D М ФЭФ М ПП составляет $133 \text{ МГц} \times 8 \text{ бит} \times 128 \times 2$ (одновременный приём, обработка и передача данных) = $272,384 \text{ Гбит/с}$.

Вычислительная архитектура 3D М ФЭФ М ПСЦ с наращиваемой 3D-платформой вычислительных ядер имеет ограничения на количество их подключений по шине EMIFA. В 3D-наращиваемой платформе может стоять до 10 вычислительных ядер с 3D М ФЭФ М.

Двухнаправленные электрические драйверы кристаллов 3D М ФЭФ М устроены так, что при таком количестве абонентов на шине они не могут обеспечивать приемлемые времена установки (setup time) для процессора TMS320C6455 при требуемой тактовой частоте. При частоте 166 МГц такт занимает 6,25 нс, время установки TMS320C6455 – 2 нс. Остается 4,25 нс на формирование данных. Драйверы с этим не справятся.

Предлагается решение с использованием буферного регистра. Рассмотрим конфигурацию, когда на шину данных TMS320C6455 подключаются

5 ПЛИС (например, EMP570). К каждой ПЛИС подключены шины данных двух кристаллов 3D М ФЭФ М. Внутри ПЛИС реализован 64-битный регистр, когда в зависимости от направления передачи данных каждый такт запоминает данные либо с ПЛИС, либо с шины TMS320C6455, т.е., с точки зрения логики работы шины, в шину данных вносятся задержка в 1 такт относительно других сигналов. Эту задержку можно учесть программно в TMS320C6455. При записи в кристалл 3D М ФЭФ М нужно будет выдавать на шину EMIFA данные на один такт раньше.

Например, при записи (расшифровка обозначения: в паре (0:X) 0 – адрес, X – данные): (0:X), (0:Y), (1:Z), (2:*). NOP – несуществующий адрес, * – что угодно. При чтении достаточно прочитать на 1 слово больше и учесть, что первое считанное слово является мусором.

Существует ещё один вариант решения проблемы с использованием регистра. Можно задержать все сигналы шины EMIFA (кроме SOE: он используется для определения направления передачи данных), а не только шину данных.

Возможен вариант, когда кристалл 3D М ФЭФ М подключается к разным выводам одной ПЛИС, что, возможно, делает достижимыми более высокие тактовые частоты, но тогда придётся ставить ПЛИС на мезонинную плату рядом с кристаллом 3D М ФЭФ М.

С точки зрения электрических параметров имеем:

- уменьшенную ёмкостную нагрузку на кристалл 3D М ФЭФ М;
- время установления ПЛИС – 1,7 нс;
- более короткие линии связи кристалла 3D М ФЭФ с ПЛИС и ПЛИС с TMS320C6455.

В итоге на шине EMIFA процессора TMS320C6455 будет 5 абонентов вместо 10.

Для этого приемлемы следующие параметры ПЛИС:

- Setup Time $\leq 1,2 \text{ нс}$;
- Hold Time = 0 нс;
- $C_{io} \leq 8 \text{ пФ}$ – ёмкость пина общего назначения;
- $T_{pd} \leq 5,4 \text{ нс}$ – время распространения сигнала от входа до выхода (без регистра).

Управляющий микропроцессор TMS320C6455 имеет тактовую частоту до 1,2 ГГц и производительность 2,9 MIPS/мВт.

Вычислительный микропроцессор TMS320C6475 имеет тактовую частоту до 1,2 ГГц и производительность 4 MIPS/мВт.

Варианты архитектур матричных потоковых вычислительных систем (МП ВС) с наращиваемыми параллельно работающими вычислительными ядрами с топологией «кольцо» внешней и внутренней связей представлены на рисунках 88–91.

В данных архитектурных решениях 3D М ФЭФ М ПСЦ могут быть успешно применены системные вычислительные алгоритмы, разработанные для

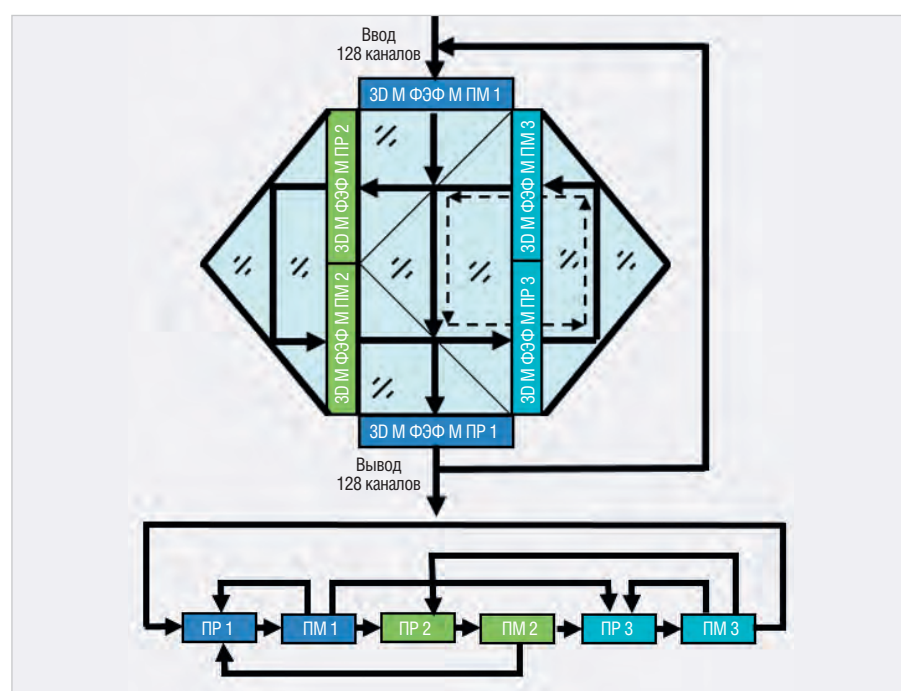


Рис. 88. МП ВС с 3 параллельно работающими вычислительными ядрами с топологией «кольцо» внешней и внутренней связей

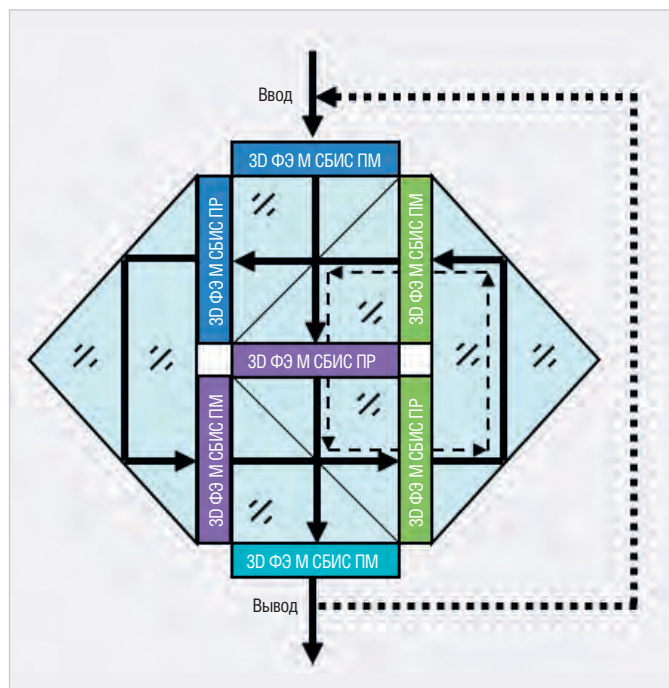


Рис. 89. МП ВС с 3 параллельно работающими вычислительными ядрами и выходным буфером матричной памяти с топологией «кольцо» внешней и внутренней оптических связей

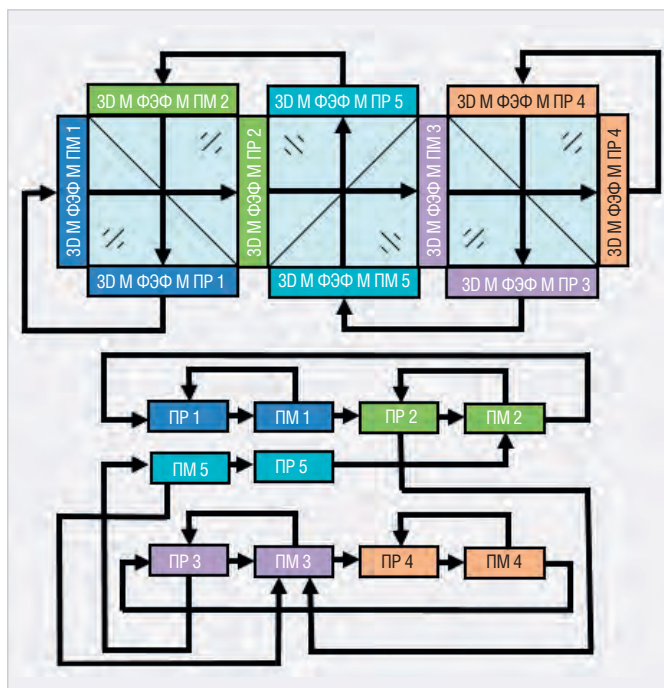


Рис. 90. МП ВС с 5 параллельно работающими вычислительными ядрами и с топологией «кольцо» внешней и внутренней оптических связей

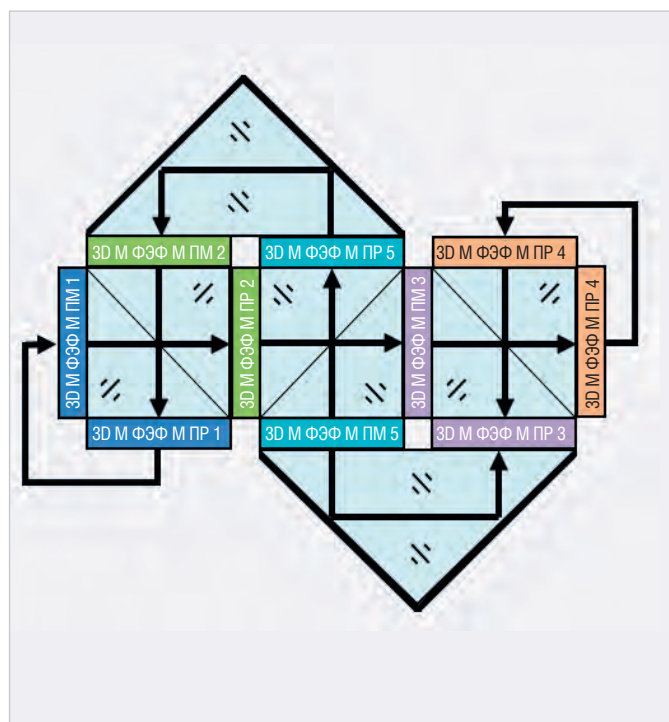


Рис. 91. МП ВС с 5 параллельно работающими вычислительными ядрами с топологией «кольцо» внешней и внутренней связей

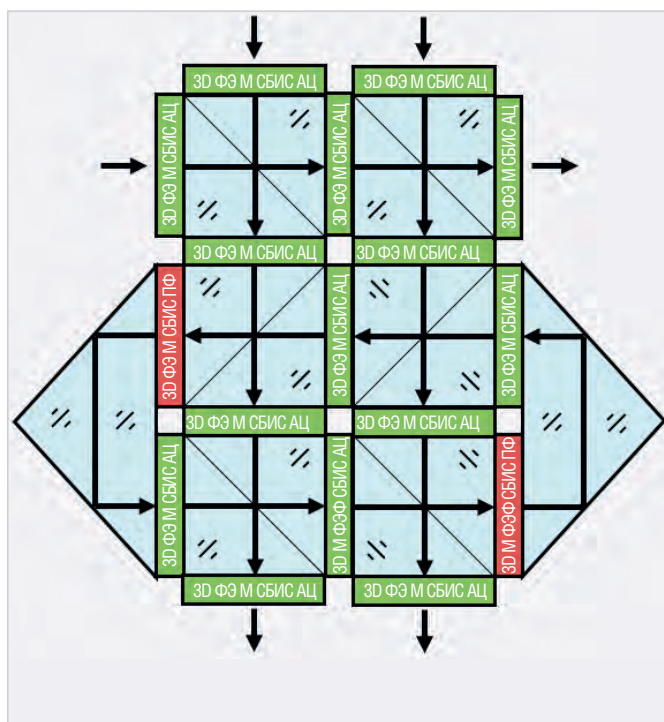


Рис. 92. Архитектура аналого-цифрового векторно-матричного потокового вычислителя

процессорной системы «Мультиклет» с матричной пиксельной процессорной организацией вычислителей.

Аналого-цифровой векторно-матричный потоковый вычислитель 3D М ФЭФ ПСАЦ

Достоинством аналоговых и цифровых векторно-матричных вычис-

лителей, разработанных на базе 3D М ФЭФ М, является возможность реализации гибридной архитектуры – аналого-цифровых векторно-матричных потоковых вычислителей (см. рис. 92).

Состав аналого-цифрового векторно-матричного потокового вычислителя:

- 6 модулей аналоговых векторно-матричных потоковых умножителей;

- 2 модуля цифровых векторно-матричных потоковых 3D М ФЭФ М ПФ.

Алгоритм обработки информации аналого-цифрового векторно-матричного потокового вычислителя позволяет вести обработку цифровой информации с помощью модуля 3D М ФЭФ М ПФ. Результаты соответствующих 3-модульных аналоговых векторно-матричных потоковых умножителей

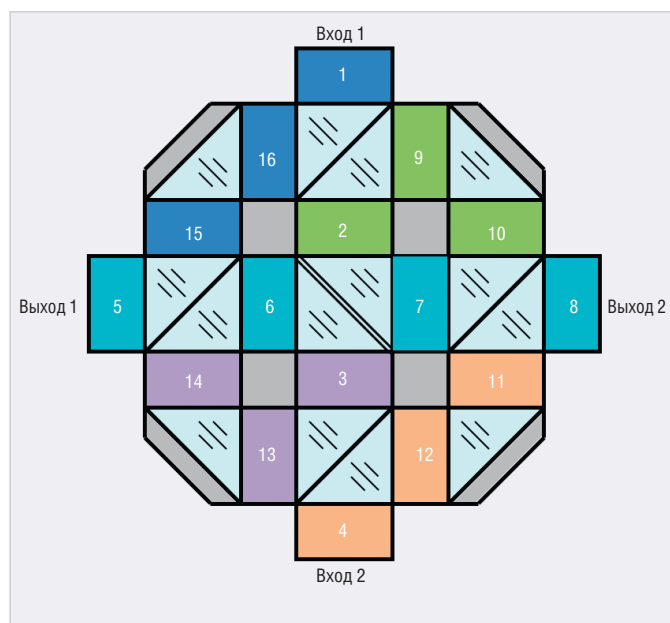


Рис. 93. МП-В ВС с 16 функциональными 3D М ФЭФ М базового ряда с оптическими пространственными связями и оптическими мультиплексными элементами

передаются последовательно в виде операндов «А» и «Б» на цифровые модули 3D М ФЭФ М ПФ.

Матричная пространственно-временная потоковая вычислительная среда с 16 функциональными 3D М ФЭФ М

Матричная пространственно-временная потоковая вычислительная система по принципу функционирования представляет собой вычислительный акселератор, управляемый скоррелированным потоком команд и потоком векторных данных, подключенный на правах внешнего устройства к управляющему процессору TMS320C6455 или TMS320C6475 через процессорную шину EMIFA.

Наличие системной команды ввода-вывода «транзит» переводит данную матричную потоковую вычислительную систему в категорию архитектуры «вычислительная среда» с произвольным конвейерным временным трафиком доступа к соответствующим функциональным 3D М ФЭФ М. Это позволяет реализовывать гибкие последовательные циклические и линейные цепочки вычислительных алгоритмов, используя возможность реконфигурации аппаратных средств. Все 3D М ФЭФ М в данной вычислительной системе работают синхронно и одновременно по конвейерному принципу. В 3D М ФЭФ

М реализован ввод-вывод информации по многоканальным электрическим и оптическим линиям связи. Для данной конструкции матричной пространственно-временной потоковой вычислительной системы реализованы 3D М ФЭФ М с 4 функциональными 3D М ФЭФ М СБИС и организована матрица размерностью 8×32 – 256-пиксельный слайс. В вычислительной системе постоянно циркулирует информация по 4096 оптическим каналам.

На рисунке 93 представлена схема макетного образца матричной пространственно-временной потоковой вычислительной системы (МП-В ВС) с 16 функциональными 3D М ФЭФ М базового ряда с оптическими пространственными связями и оптическими мультиплексными элементами – призмами, реализующими многоуровневую транспортную многоканальную связь.

На рисунке 94 показан трафик неблокируемого потока многоканальной оптической информации.

Конструкция МП-В ВС представляет собой оптико-механический блок с двумя многоканальными оптическими входами и двумя многоканальными выходами и содержит 16 функциональных 3D М ФЭФ М, 5 оптических мультиплексных призм, 3 прямоугольные зеркальные призмы и одну пространственно сдвигающую зеркальную призму. Оптические мультиплексные призмы предназначены

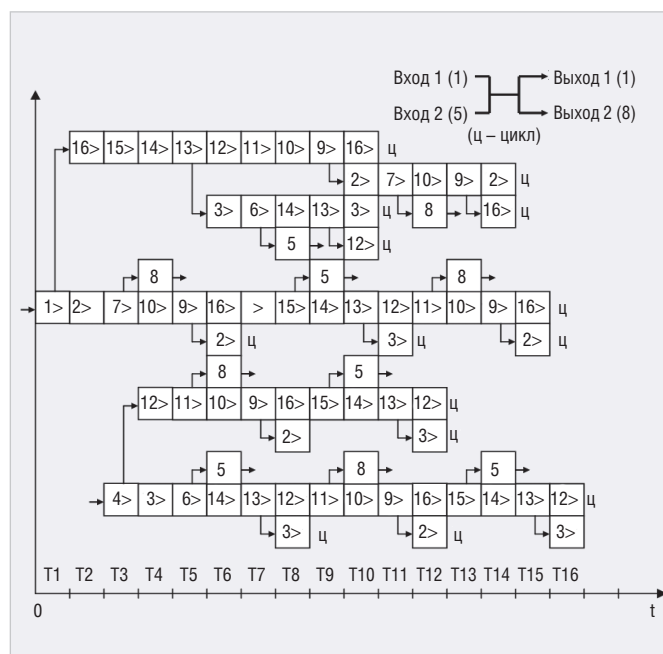


Рис. 94. Трафик неблокируемого потока многоканальной оптической информации

ны для мультиплицирования оптического информационного потока. Прямоугольные зеркальные призмы предназначены для передачи многоканальной информации с зеркальной инверсией данных многоканальных пикселей, а пространственно сдвигающая зеркальная призма осуществляет пространственный сдвиг столбцов с инверсией данных многоканальных пикселей. Каждый функциональный 3D М ФЭФ М имеет электрический 16-разрядный порт с АЦП для связи с внешними сигнальными источниками и порт связи по интерфейсу EMIFA с управляющим процессором TMS320C6455.

Масштабируемые системы с DSP TMS320C6455

Архитектура DSP процессора TMS320C6455 позволяет реализовывать масштабируемые системы на уровне различных шин, в том числе с помощью шины EMIFA для подключения фотонных массивно-параллельных вычислительных систем, а шины PCI – для подключения персональных компьютеров. На рисунке 95 представлена функциональная схема TMS320C645.

Архитектурные решения на базе масштабируемой системы DSP TMS320C6455 и фотон-электронных векторно-матричных массивно-параллельных потоковых вычислительных систем позволяют реализовать любые вычислительные функции аналого-цифровой и цифровой

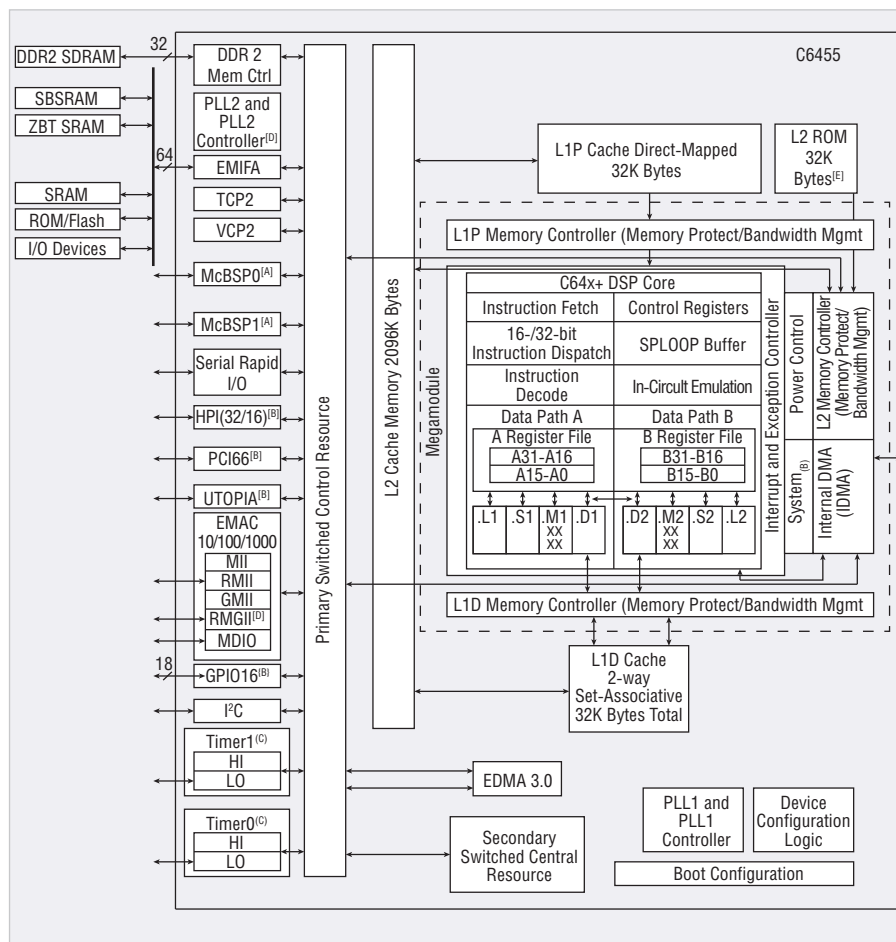


Рис. 95. Функциональная схема TMS320C645

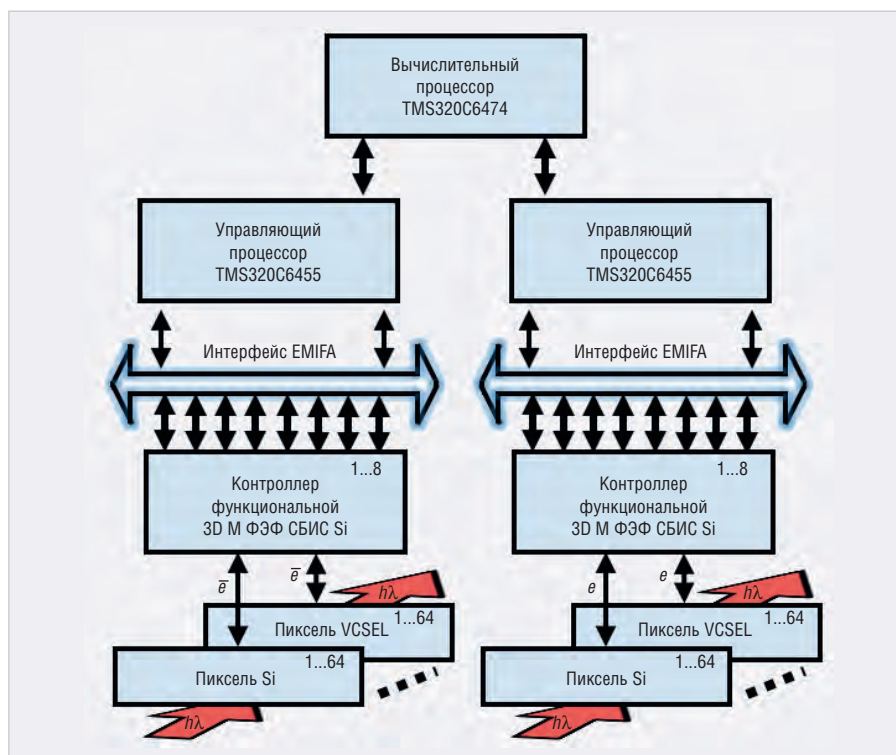


Рис. 97. Схема управляющих процессоров TMS320C6455 и вычислительного процессора TMS320C6474 в МП-В ВС с 16 функциональными 3D М ФЭФ М

сигнальной информации, в том числе функцию диаграммообразования для многоканальных ЦИФАР.

Архитектурные решения, заложенные в матричной пространственно-временной потоковой вычислитель-

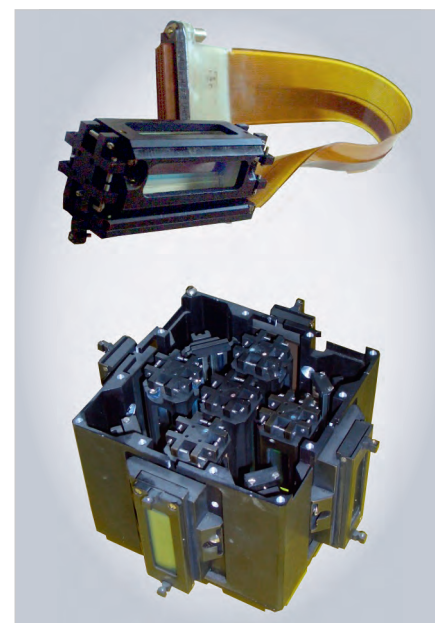


Рис. 96. Внешний вид макетного образца МП-В ВС с 16 функциональными 3D МФЭФ М базового ряда с оптическими пространственными связями и оптическими мультиплексными элементами

ной системе, позволяют реализовать вычислительную функцию диаграммообразования для многоканальной ЦИФАР (см. рис. 96), где входные (1, 4) и выходные (5, 8) оптические скоростные порты – 3D М ФЭФ М АЦ с 512 оптическими каналами связи.

На рисунке 97 представлена схема управляющих процессоров TMS320C6455 и вычислительного процессора TMS320C6474 в матричной пространственно-временной потоковой вычислительной среде с 16 функциональными 3D М ФЭФ М; формат матрицы – 8×32 – 256 пикселей.

Архитектура вычислителя с МП-В ВС позволяет выполнять непрерывный поток системных вычислительных алгоритмов одновременно с выполнением локальных алгоритмов в функциональных 3D М ФЭФ М с матрично-пиксельной процессорной организацией вычислителей.

В следующей части 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.





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**

Разработка плат по стандарту ISO 26262

Иван Селиванов (selivanov@megrates.ru)

ISO 26262 (ГОСТ Р ИСО 26262-1-2014) – большая и сложная спецификация, затрагивающая вопросы безопасности дорожных транспортных средств. Основное внимание в ней уделяется безопасности оператора транспортного средства, пассажира и обслуживающего персонала. ISO 26262 описывает весь жизненный цикл продукта, включая менеджмент, разработку, производство, эксплуатацию, обслуживание и вывод из эксплуатации. В данной статье рассмотрены аспекты спецификации, касающиеся этапов разработки и производства.

Ключевые аспекты стандарта ISO 26262

ISO 26262 разделяет риски возникновения опасности на 4 уровня полноты автомобильной безопасности (УПБА): А, В, С и D (по возрастанию уровня риска и требований функциональной безопасности). Рейтинги УПБА рассматриваются в контексте целей обеспечения защищённости автомобиля и основанных на них требований функциональной безопасности. Команда разработчиков преобразует последние в технические требования к системе безопасности (СБ), которые описывают механизацию и ожидаемые уровни производительности аппаратного и программного обеспечения. Технические требования к СБ становятся дополнительными функциональными требованиями, помимо обычных требований к проекту, связанных с безопасностью. Сопоставление всех указанных целей и требований – ключевая часть плана обеспечения безопасности продукта. Другая его часть – документирование механизмов безопасности, обеспечивающих предотвращение или обнаружение и смягчение отказов.

ISO 26262 определяет требуемые методологии проектирования и показатели надёжности в зависимости от УПБА. Средства разработки обязаны обеспечивать отслеживание требований и необходимый уровень анализа, производительности и целостности в соответствии с заданным УПБА для соответствующей части проекта и процесса проектирования.

Проект электронной части автомобиля содержит в среднем от 2 до 7 целей безопасности, каждой из которых соответствует от 1 до 5 требований функциональной безопасности.

Команда разработчиков выдвигает одно или несколько технических требований к СБ для реализации каждого функционального требования безопасности. Обычно множество частей проекта влияют на несколько технических требований к системе безопасности с разными УПБА. Для более строгих УПБА (В, С и D) требуется более полный анализ, включающий расчёт вероятности случайного отказа оборудования для каждой цели безопасности. Выполнение этих сложных требований к анализу становится проще благодаря дополнительной документации и атрибутам, задаваемым на уровне схемы, и должным образом документируемым при разработке топологии печатной платы.

Наиболее вероятные нарушения требований безопасности автомобиля, связанные с печатными платами

Электронные системы автомобиля очень разнообразны, и так же разнообразны цели обеспечения безопасности, связанные с ними. Современные электронные системы автомобиля с высоким (УПБА С и D) уровнем функциональных требований безопасности – это:

- беспилотное управление;
- электроусилитель руля;
- адаптивный круиз-контроль;
- система мониторинга усталости водителя (система контроля и удержания в полосе, система обнаружения препятствий);
- гибридный/электрический привод (инверторы для управления электромотором, управление АКБ, заряд батареи / преобразователи постоянного тока);

- управление приводом (системы управления двигателем/трансмиссией/КПП/дифференциалом).

Существует также огромное количество систем с УПБА А и В, таких как датчик дождя / управление стеклоочистителем, управление климатом (оттаивание), контроллеры генератора и распределения питания.

С учётом вариативности их специфики от продукта к продукту цели обеспечения безопасности обычно подпадают под одну из следующих категорий:

- потеря/неправильная работа рулевого управления;
- избыточный/недостаточный крутящий момент на колёсах (движение, регенерация и торможение);
- непредусмотренный крутящий момент на колёсах;
- риски, связанные с высоким напряжением / большим током;
- потеря/неправильный анализ данных с сенсоров;
- полная/частичная потеря функционала;
- потеря/неправильная работа обратной связи с водителем;
- потеря/неправильное взаимодействие с контроллером.

Параметры среды разработки печатных плат, критичные для функциональной безопасности

Для того чтобы убедиться, что требования безопасности не нарушены, необходим соответствующий функционал среды разработки. Его смысл состоит в том, чтобы проектный замысел был аккуратно и надёжно зафиксирован в физическом проекте вместе со ссылками на документацию, содержащую соответствующие функциональные требования. Среда разработки печатных плат должна обеспечивать следующие концепции целостности проекта:

1. Целостность списка цепей, получаемого из схемы;
- схема представляет собой детализированный проектный замысел и является основным документом, описывающим проектный замысел;
- список электрических цепей определяет трассировку печатной платы;
- список электрических цепей определяет работу инструментов моделиро-

вания электрических цепей для верификации проекта.

2. Целостность перечня элементов, получаемого на основе схемы: перечень должен корректно представлять электрические компоненты, используемые в схеме.
3. Целостность данных при генерации топологии (списка физических цепей) на основе списка электрических цепей: топология печатной платы должна отражать список электрических цепей, чтобы удостовериться в корректной имплементации цепей.
4. Корректность воплощения электрических требований на печатной плате: требования к зазорам на основе импеданса, длинам цепей на основе задержек и ширине дорожек на основе падения напряжения должны быть корректно интерпретированы и реализованы.
5. Целостность механических ограничений (зазоры и порядок слоёв):
 - физические расстояния между трассами и компонентами должны быть правильно интерпретированы и реализованы для выполнения требований к зазорам и утечкам (во избежание скрытых сбоев и электрических опасностей);
 - физические расстояния между компонентами должны быть правильно интерпретированы и реализованы для правильной сборки (во избежание скрытых повреждений, связанных со сборкой);
 - данные по слоям должны быть правильно интерпретированы и реализованы, чтобы избежать нарушения вертикальных зазоров и утечек.
6. Целостность данных, передаваемых на изготовление: файлы ODB++, Gerber должны содержать точные данные для изготовления, сборки и тестирования печатной платы.

КРАТКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ДОКУМЕНТИРОВАНИЮ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Конечная цель – разработать и должным образом задокументировать продукт, соответствующий всем требованиям. Стандарт ISO 26262 сосредоточен на требованиях, касающихся безопасности, которые должны быть описаны в виде технических требований к СБ со ссылкой на соответствующие требования функциональной безопасности и представлены заказчику в форме, позволяющей проде-

монстрировать, что транспортное средство соответствует поставленным целям.

Каждому требованию функциональной безопасности соответствует рейтинг УПБА, который должен учитываться в процессе проектирования и анализа. Требования функциональной безопасности задаются на уровне системы (продукта). План безопасности разрабатывается параллельно с механизацией системы. Он определяет технические требования к СБ для выполнения функциональных требований безопасности для текущего уровня механизации. Технические требования к безопасности добавляются к общим функциональным требованиям системы. Чертёж механизации системы – критически важный этап в процессе документирования. Он должен чётко определять интерфейсы связи между системами автомобиля, а также охватывать технические требования безопасности, ассоциированные с программной и аппаратной механизацией.

Ключевая концепция состоит в том, что на протяжении всего процесса проектирования должна существовать двунаправленная цепочка документации технических требований безопасности. Документация должна включать в себя не только проект, но и связанные с ним расчёты. Эта цепочка технических требований должна также распространяться на процессы производства, тестирования и обслуживания.

ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ АППАРАТНОЙ ЧАСТИ

Механизация систем – ключевой документ для демонстрации интерфейсов связи с системой более высокого уровня. Цели обеспечения безопасности, а также ассоциированные с ними функциональные требования задаются на уровне автомобиля. Для разрабатываемого продукта функциональные требования безопасности наследуются либо из системы-автомобиля, либо из системы более высокого уровня. Функциональные требования должны быть чётко определены и преобразованы в технические требования к программным и аппаратным функциям.

К ключевым элементам документации механизации систем относятся:

Xpedition Enterprise

Разработка платы

- Управление доступом
- Работа с IP блоками
- Параллельная работа
- Анализ технологичности

Questa

Моделирование

- Цифровое
- Смешанное
- С учётом энергопотребления

HyperLynx

Анализ

- Целостность сигналов
- Целостность питания
- Электромагнитная совместимость
- Тепловыделение

ReqTracer

Отслеживание требований

Двунаправленная связь требований ТЗ в форматах Word, Excel, Visio с проектом платы и результатами моделирования

Единый маршрут от одного поставщика

АО "Megratec" -
официальный дистрибьютор
Mentor Graphics в России и СНГ
тел: (495) 787-59-40
E-mail: lokhov@megrathec.ru
www. megrathec.ru

Mentor®
A Siemens Business

Реклама

- «флаг» функциональной безопасности титульного блока;
- номер для отслеживания документа;
- границы системы (электрические, механические, экзогенные);
- интерфейсы:
 - электрические (земля/питание, модификация мощности, коммуникационные шины, входные/выходные сигналы, напряжения/токи, скорости переключения, переходные величины / электромагнитная совместимость, импедансы);
 - механическое крепление (шок/вибрация);

- поток воздуха;
- поток охладителя;
- требования функциональной безопасности:
 - технические требования безопасности;
 - УПБА;
 - безопасное состояние (требуемые модели неисправностей/ответы);
 - интервал сбоеустойчивости;
 - предел обнаружения.

Каждый элемент, связанный с безопасностью, должен ссылаться на соответствующие технические требования к СБ и их ключевые атрибуты, влияющие на проект.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для проектирования транспортных средств, соответствующих современным требованиям безопасности, необходим интегрированный программный комплекс, основанный на единой базе данных, включающий в себя не только схемотехнический и топологический редакторы, а также средства моделирования, анализа и верификации, но и содержащий инструмент, обеспечивающий отслеживание требований и ограничений на всех этапах проектирования – от разработки технического задания и системного уровня до конечной реализации и моделирования. ©

НОВОСТИ МИРА

Прогноз развития электронной отрасли на 2017–2021 годы

По мнению аналитической компании IC INSIGHTS, рынок электронной техники автомобильного назначения останется в ближайшие годы «локомотивом» развития электронной отрасли, демонстрируя совокупный годовой прирост (CAGR), равный 6,4% в 2017–2021 гг.

(при среднем по отрасли 4,6%), имея при этом всего 9,4% от мирового рынка электронных систем, оцениваемого в \$1,62 трлн в 2018 году. Занимающая более половины рынка продукция телекома и компьютеры (31,8 и 25,8% соответственно) покажут более скромные цифры роста: +4,8 и +3,3%. Лидер прошлых лет – потребительская электроника – с ростом 4,5% попадает в от-

раслевой тренд, занимая при этом долю рынка в 12,1%. CAGR в 5,4% ожидается на рынке электронных систем промышленного и медицинского назначения – его доля составляет 14,5%. Заметно выросла доля электронных систем военного назначения: до 6,4%, но темпы роста здесь замедляются – CAGR не превысит 3,8%.

www.ecworld.ru





Программируемые аналоговые микросхемы:

весь спектр электроники на одном кристалле!



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА
(495) 232-2522 ■ INFO@PROCHIPRU ■ WWW.PROCHIPRU





**TESTING
DAYS**
MOSCOW

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

Одновременно с
Control Days.Moscow

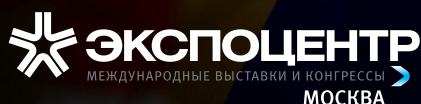


МОСКВА
Экспоцентр

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:



#testingdays_moscow

Реклама

+7 (495) 78-601-78

www.testingdays.moscow

Особенности действующих навигационных спутниковых систем и изделий микроэлектроники для приёма их сигналов

Юрий Петропавловский (petropavlovski@inbox.ru)

В статье рассматриваются особенности глобальных и региональных навигационных спутниковых систем Galileo, Beidou, QZSS, Navic и приводится номенклатура многосистемных навигационных модулей и микросхем с поддержкой ГЛОНАСС.

Основой приёмников сигналов навигационных спутниковых систем (НСС) являются специализированные модули, микросхемы и их наборы, выпускаемые зарубежными и отечественными производителями. Поскольку существует несколько глобальных (ГНСС) и региональных НСС, многие современные микросхемы для спутниковой навигации являются многосистемными. Прежде чем рассматривать данные микросхемы и решения на их основе, коротко остановимся на особенностях самих НСС.

Сегодня в мире действуют три ГНСС (GPS, ГЛОНАСС, Galileo) и три региональные НСС (Beidou, QZSS, Navic). Получившая наибольшее распространение ГНСС GPS в ряде регионов столкнулась с серьёзной конкуренцией со стороны других систем. Частоты излучаемых спутниками сигналов, типы сигналов и модуляции действующих НСС приведены в таблице 1. Следует отметить, что совместное использование различных НСС потенциально может повысить точность определения координат до невероятных значений, измеряемых сантиметрами. Однако для получения нужных точностей при совместном использовании НСС недостаточно желания пользователей – необходимы усилия и со стороны разработчиков самих НСС (ГНСС).

Особенности GPS и ГЛОНАСС, а также вопросы их совместного использования требуют отдельного рассмотрения, в статье же речь пойдёт о других системах.

Galileo – ГНСС, разработанная Европейским Союзом и Европейским космическим агентством (ЕКА), однако проект осуществлялся при непосредственном участии РФ: большинство спутников Galileo выводилось на орбиту российскими «Союзами». 24 мая 2016 года с космодрома Куру (Гвианский космический центр) был произведён успешный пуск ракеты-носителя «Союз-СТ-Б» с разгонным блоком «Фрегат-МТ» и двумя космическими аппаратами (КА) Galileo FOC M5 (Galileo).

Идея переноса пусков «Союзов» с Байконура на Куру возникла ещё в 1999 году, когда состоялся первый запуск «Союза», осуществлённый российско-французским предприятием «Старсем». С Куру данная ракета-носитель (РН) могла бы поднять в 2,5–3 раза большую полезную нагрузку за счёт близости точки запуска к экватору. В 2002 году ЕКА окончательно одобрило идею, и в ноябре 2003 года Россия и Франция подписали соответствующее соглашение. Строительство российской стартовой площадки и стартового сбросного комплекса на кос-

модроме Куру во Французской Гвиане началось в 2007 году, в 2008 году из Санкт-Петербурга отправилось первое судно с оборудованием для стартового комплекса. Первый пуск «Союза-СТ-Б» состоялся в октябре 2011 года.

Первый опытный КА GIOVE-A для системы Galileo был запущен РН «Союз-ФГ» с Байконура 28 декабря 2005 года; в 2008 году также с Байконура был выведен на орбиту КА GIOVE-B. В дальнейшем запуски производились РН «Союз-СТ-Б» с разгонным блоком «Фрегат-МТ» с космодрома Куру вплоть до 2016 года. Последние три пуска обеспечивали РН «Ариан-5».

ГНСС Galileo официально введена в эксплуатацию в декабре 2016 года, однако в начале 2017 года выяснилось, что на спутниках системы вышли из строя 10 атомных часов. Это не вывело из строя ГНСС в целом, но привело к необходимости нарастить орбитальную группировку. Последние четыре КА, запущенные в июле 2018 года, будут введены в эксплуатацию к началу 2019 года. На рисунке 1 показан монтаж КА Galileo на РН. Всего в орбитальной группировке Galileo должно находиться 27 КА на трёх круговых гелиоцентрических орбитах под углом 56° к экватору высотой 23 222 км и пери-



Рис. 1. Монтаж КА Galileo на РН

Таблица 1. Основные характеристики сигналов НСС

НСС	Частоты сигналов, МГц	Типы модуляции	Типы сигналов
GPS	1575,42; 1227,6; 1176,45	BPSK; BOC; TMBOC	C/A, P, M, L2C, L5I, L5Q
ГЛОНАСС	1600,995; 1248,06; 1202,025	BPSK; BOC	L10Cd, L10Cp, L20Cp, L30Cd, L30Cp
Galileo	1575,42; 1272,75; 1191,79	BOC, MBOC, AltBOC	E1A, E2B, E1C, E6A, E6B, E6C, E5A, E5b
Beidou	1575,42; 1191,79; 1268,52	BOC, MBOC, AltBOC, QPSK	B1-CD, B1-CP, B1D, B2aD, B2aP, B2bD, B3
QZSS	1575,42; 1227,6; 1176,45; 1278,75	BPSK, BOC	C/A, L1CD, L1CP, L2C, L5I, L5Q, LEX
Navic	1176,45; 2492,028	BPSK; BOC	SPS, RS

одом обращения вокруг земли 14 ч 4 мин 42 с.

Первые микросхемы с возможностью приёма сигналов Galileo были разработаны задолго до запуска в эксплуатацию самой системы. Например, в 2008 году компания SiGe Semiconductor Inc (США) выпустила GPS/Galileo приёмник SE4120L (см. рис. 2). Также микросхемы с поддержкой Galileo выпускают европейские компании STM, u-Blox, GNS и другие.

В ГНСС GPS и Galileo используется кодовое разделение сигналов; центральные частоты сигналов в диапазонах L1/E1 совпадают (1575,42 МГц), однако тип сигналов и модуляции различны. Спутники GPS излучают сигналы с бинарной фазовой манипуляцией BPSK (Binary Phase Shift Keying), предназначенные для открытого (гражданского) использования, а спутники ГНСС Galileo излучают сигналы с бинарной фазовой манипуляцией с цифровой поднесущей BOC (Binary Offset Carrier). Соответствующие спектральные характеристики сигналов приведены на рисунке 3. Выбор типа ГНСС в микросхеме SE4120 осуществляется программным способом. Микросхемы с поддержкой трёх ГНСС (GPS, ГЛОНАСС и Galileo) выпускают компании Maxim, Connectec и др.

В 2018 году к «Роскосмосу» обратилась Государственная комиссия по китайской навигационной системе с предложением объединить российскую ГЛОНАСС с китайской Beidou. Целью интеграции является создание единой системы мониторинга на пространстве государств Шанхайской организации сотрудничества (ШОС), а впоследствии и БРИКС. Совместное использование потребителями обеих систем предполагает размещение наземных корректирующих станций на территории стран-партнёров и получение корректирующей информации через сотовые сети связи в реальном времени. При реализации совместной системы число используемых КА достигнет 50–60, что обеспечит точность позиционирования до 10 см даже в условиях плотной городской застройки. При такой точности, например, сразу открываются новые возможности для высокоточных приложений (беспилотные автомобили и летательные аппараты и др.). Другим немаловажным достоинством совместной ГНСС является независи-

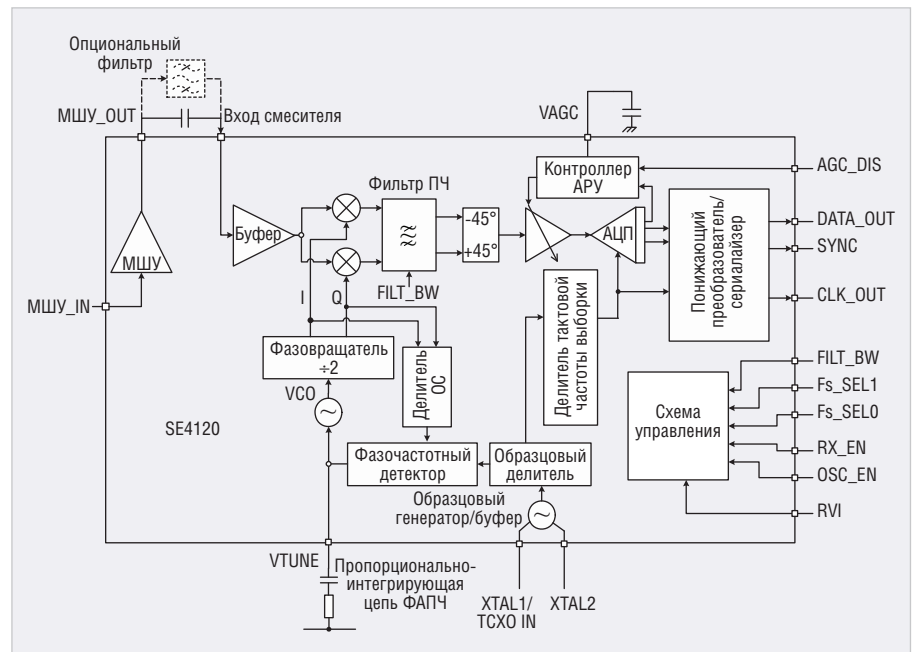


Рис. 2. Структурная схема модуля SE4120

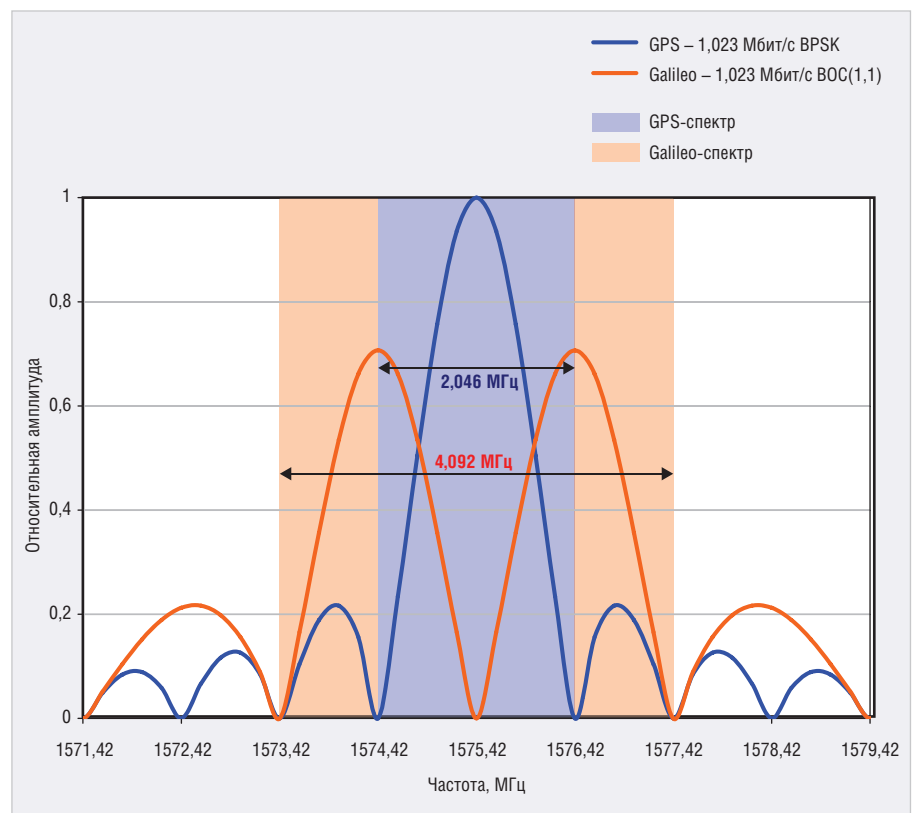


Рис. 3. Спектры сигналов НСС

мость от американской GPS, владельцем которой является Министерство обороны США.

Орбитальная группировка ГНСС Beidou состоит из КА, находящихся на орбитах 3 типов: геостационарных с высотой 35 786 км, наклонных геосинхронных также на высоте 35 786 км и средних круговых на высоте 21 521 км. Последние два спутника системы были выведены на орбиту 25 августа 2018 года.

К 2020 году система из региональной превратится в глобальную.

Одним из основных разработчиков и производителей изделий микроэлектроники для Beidou является китайская компания Hangzhou ZhongKe Microelectronics CO., Ltd. В каталоге компании 2018 года представлены изделия для приёмников сигналов НСС следующих категорий: ВЧ-микросхемы ATGR201/101; сигнальные микросхе-



Рис. 4. Навигационный модуль ATGM331C

мы ATGB03; навигационные модули ATGM330B, ATGM331C1, ATGM332D; однокристальные навигационные системы ATGS01. В ассортименте компании есть и другие микросхемы для приёмников сигналов НСС: АЦП/ЦАП, схемы ФАПЧ, демодуляторы, контроллеры ЖК-дисплеев и др. На рисунке 4 показан внешний вид навигационного модуля ATGM331C.

Микросхемы и модули компании выпускаются в исполнениях, обеспечивающих работу с сигналами одной или нескольких НСС. Например, различные исполнения современного навигационного модуля ATGM336H-5N предназначены для работы с сигналами Beidou, GPS, Beidou/GPS, GPS/ГЛОНАСС, Beidou/GPS/ГЛОНАСС (исполнение ATGM336H-5N-7X). Модуль построен на основе микросхемы AT6558 и имеет размеры 10,1×9,7×2,4 мм. Дополнительно в него интегрированы ПАВ-фильтр ПЧ, малошумящий усилитель ВЧ, образцовый генератор ТСХО и резонатор микропроцессора управления (см. рис. 5). Основные характеристики и особенности ATGM336H-5N:

- поддержка технологии быстрого старта навигационных приёмников A-GNSS позволяет существенно ускорить определение местоположения за счёт использования дополнительной информации, получаемой через сети сотовой связи или Интернет;
- чувствительность -148 дБм в режиме захвата и -162 дБм в режиме слежения;
- точность позиционирования 2,5 м;
- время первой фиксации позиции 32 с;
- малое энергопотребление 25 мА/3,3 В.

Области применения модуля, рекомендованные изготовителем: навигационные устройства средств передвижения, сотовые телефоны, смартфоны, планшетные ПК, портативные приборы, встраиваемое навигационное оборудование. На осно-

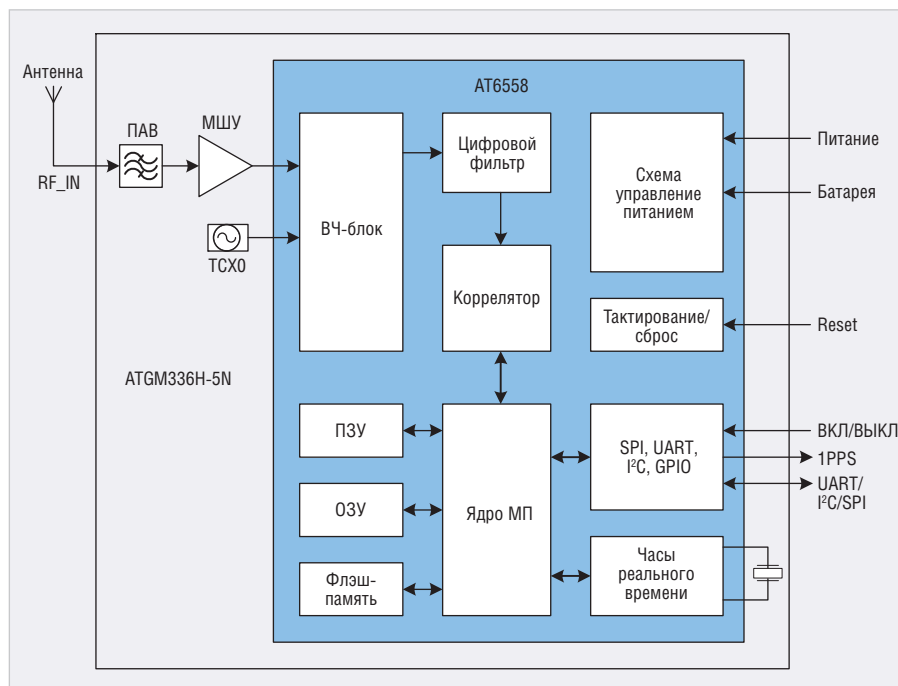


Рис. 5. Структурная схема модуля ATGM336H-5N

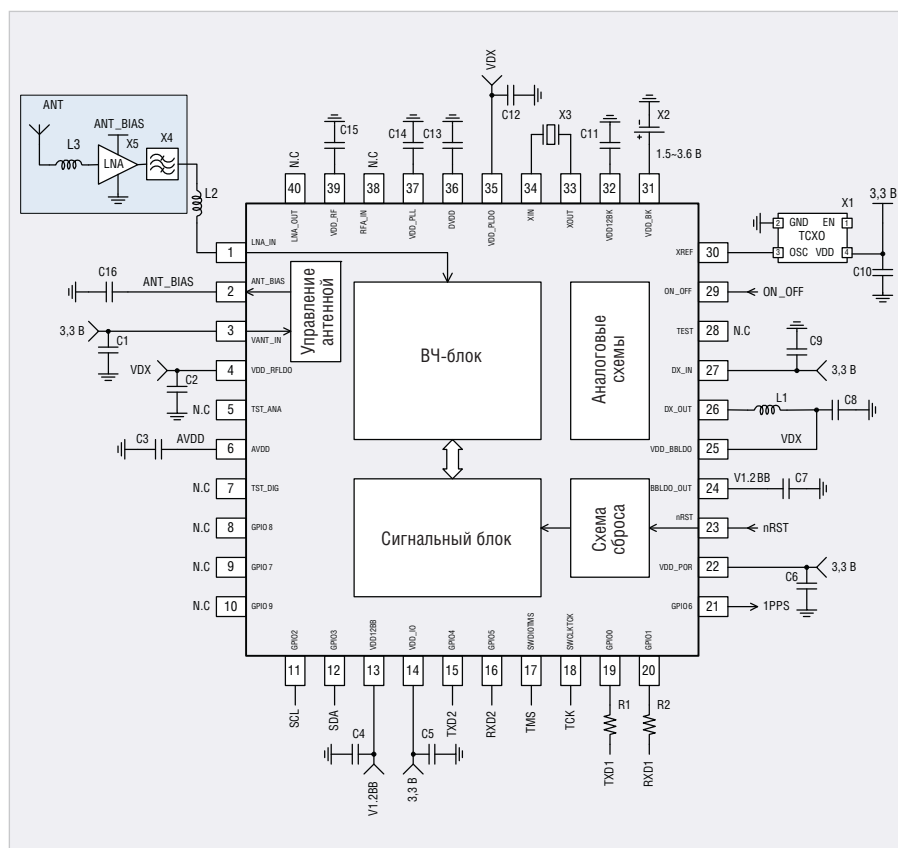


Рис. 6. Включение микросхемы AT6558

ве однокристальной микросхемы AT6558 выполнены и навигационные модули ATGM3311C-5NB (размеры 22,4×17×2,4 мм), ATGM332D-5N (16×12,2×2,4 мм). Навигационные приложения можно выполнять и на самой микросхеме AT6558. Пример включения микросхемы приведён на рисунке 6.

QZSS – японская региональная НСС для предоставления услуг навигации в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Космическая группировка системы состоит из КА, находящихся на орбитах двух типов: квазизенитных (высоты 32 000–40 000 км) и геостационарных (35 786 км). К настоящему времени функционируют семь КА. Навигаци-

онные сигналы системы доступны на Дальнем Востоке и в Восточной Сибири, а также в КНР, Австралии и Океании.

Три частоты передатчиков QZSS совпадают с соответствующими частотами GPS, что может приводить к ошибкам некоторых навигационных устройств GPS в районах действия системы. Например, в начале 2018 года ООО «Навтелком» разослало своим клиентам информационное письмо о возможных ошибках позиционирования устройств «СИГНАЛ S-25xx» и «СМАРТ S-23xx», в которых используются навигационные модули SIM68m компании Simcom и L76 компании Quectel на основе чипсетов MT3333 фирмы MediaTek. Письмо информировало потребителей о возможных ошибках в определении координат в зонах Восточной Европы и Азии (от 70° западной до 160° восточной долготы) вследствие воздействия сигналов одного из спутников QZSS, введенного в эксплуатацию в сентябре 2017 года. Проблема была решена обновлением ПО модулей Simcom и Quectel.

Поддержку приёма сигналов QZSS, кроме японских компаний, обеспечивают и другие производители: Globalstar, Qualcomm, GlobalTop, Maestro, OriginGPS, NTLab, Quectel, Simcom и др. В качестве примера рассмотрим особенности навигационных модулей GV-8720 компании Furuno (Япония). Структурная схема модуля приведена на рисунке 7. Его основным компонентом является одна из новейших микросхем Furuno eRideOPUS 7 (см. рис. 8), выполненная в корпусе BGA64 с габаритами 7×7 мм. Основные характеристики и особенности GV-8720:

- приём сигналов GPS, ГЛОНАСС, QZSS;
- наличие гироскопа для измерения угловой скорости, акселерометра для измерения ускорения, выхода импульсов, пропорциональных скорости объекта, сигнала прямого и обратного направлений движения;
- поддержка систем дифференциальной коррекции SBAS, WAAS (США), EGNOS (ЕКА), MSAS (Япония), GAGAN (Индия);
- число каналов – 26;
- точность определения координат с системой GPS – 2,5 м; с ГЛОНАСС и SBAS – 2 м;
- высокая чувствительность –165 дБм (GPS), –157 дБм (ГЛОНАСС), –146 дБм (QZSS);

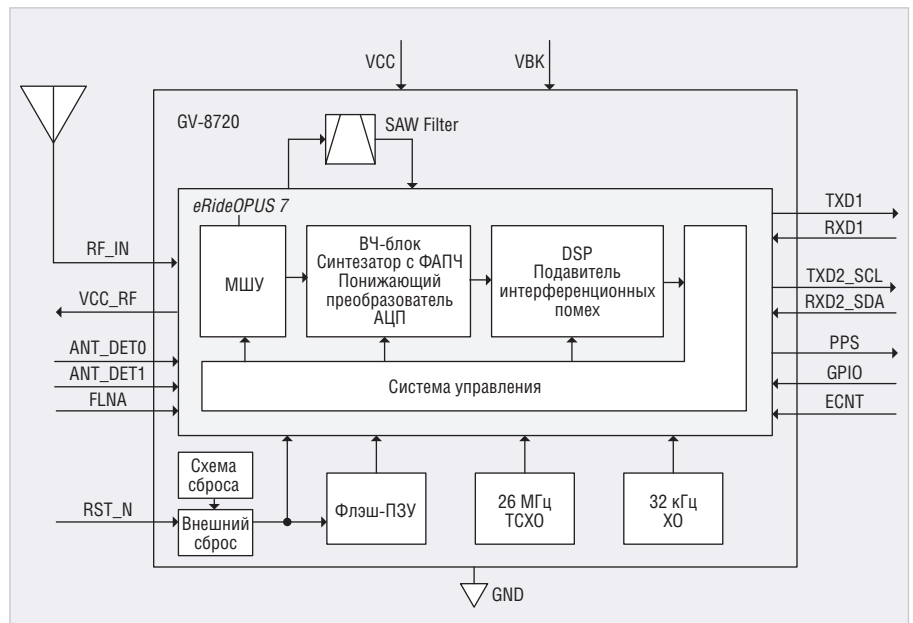


Рис. 7. Структура модуля GV-8720



Рис. 8. Микросхема eRideOPUS 7

- малое энергопотребление 60 мА /3,3 В;
- габариты 15×12×2,6 мм.

Navic (ранее IRNSS) – индийская региональная НСС, обеспечивающая услуги клиентам, находящихся в регионе Индийского океана. Границы обслуживания проходят примерно в 1500 км от побережья полуострова Индостан. Первый КА IRNSS-1a выведен на орбиту в июле 2013 года, к настоящему времени орбитальная группировка системы состоит из 8 КА на геостационарных и геосинхронных орбитах.

Разработкой концепций построения навигационных устройств для Navic занимаются Центр космических приложений SAC и Индийская организация космических исследований ISRO. Различными индийскими компаниями были разработаны как полнофункциональные навигационные устройства, так и наборы микросхем для них. Например, компания ACCORD Software & Systems Pvt. Ltd (Индия) выпускает многосистемные навига-



Рис. 9. Навигационный модуль Navika-251

ционные приёмники, в том числе для жёстких условий эксплуатации, портативные навигационные устройства GPS, IRNSS, ГЛОНАСС, имитаторы сигналов ГНСС и другие измерительные приборы для навигационных приложений. В каталоге компании 2018 года представлены и навигационные модули, например Navika-251 (GPS, ГЛОНАСС, SBAS) (см. рис. 9), Navika-450 (IRNSS), Navika-550 (IRNSS, GPS, SBAS).

Для иллюстрации возможностей НСС Navic приведём особенности односистемного модуля Navika-450 класса High Performance:

- слежение за 13 каналами диапазона L5 НСС Navic (центральная частота 1175,46 МГц);
- чувствительность в режиме слежения –160 дБм, в режиме захвата –145 дБм;
- время первой выдачи координат из выключенного состояния 75 с;
- точность определения координат 20 м;
- точность определения скорости 0,5 м/с;

Таблица 2. Многосистемные НСС-модули с поддержкой ГЛОНАСС

Производитель	Модуль НСС	Совместимость
Advantech (Тайвань)	EWM-G108H	GPS, ГЛОНАСС, Galileo, QZSS
Connectec Electronics (Тайвань)	Ct-G551	GPS, ГЛОНАСС, Galileo
Furuno Electronic (Япония)	GN-8720, ePV7010B	GPS, ГЛОНАСС, Galileo, QZSS
	GF-870xxx, GV8720	GPS, ГЛОНАСС, QZSS
GlobalSat Technology Corporation (Тайвань)	MT-5110, MT-08, MT-5305, MT-5631	GPS, ГЛОНАСС, Beidou
GlobaTop Technology (Тайвань)	Titan X1	GPS, ГЛОНАСС, QZSS
GNS GMBH (Германия)	GNS2301	GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Beidou
	GNS801, GNS902, GNS3301	GPS, ГЛОНАСС
Hangzhou ZhongKe Microelectronics (Китай)	AT6558, ATGM331C, ATGM332D, ATGM336H-5N	GPS, ГЛОНАСС, Beidou
Inventek Systems (США)	ISM3333	GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Beidou
Linx Technologies (США)	RXM-GNNS-GN-x	GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Beidou
	RXN-GNSS-TM	GPS, ГЛОНАСС, Galileo, QZSS
Maestro Wireless Solution (Китай)	A5100-A, A5135-H	GPS, ГЛОНАСС, QZSS
Maxim Integrated Products (США)	MAX2769C	GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Beidou
	MAX2769	GPS, ГЛОНАСС, Galileo
Media Tek (Тайвань)	MT3333	GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Beidou
Accord Software & Systems (Индия)	Navika-150/250/251	GPS, ГЛОНАСС
NTLab (Беларусь)	NT1065, NT2024	Все НСС
	NT1012, NT1019, NT1026	GPS, ГЛОНАСС, Galileo, QZSS
	NT1002	GPS, ГЛОНАСС
OriginGP+ Ltd (Израиль)	ORG1510MK-04	все, кроме Navic
	ORG1510-01/02	GPS, ГЛОНАСС, QZSS
Qualcomm Technologies (США)	WGR7640	GPS, ГЛОНАСС, Beidou
Quectel Wireless Solutions (Китай)	L76	все, кроме Navic
	L96	GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Beidou
	L26, L76-L	GPS, ГЛОНАСС, Galileo, QZSS
Simcom Wireless (Китай)	SIM68V/R/M	GPS, ГЛОНАСС, Galileo, QZSS
	SIM68E	GPS, ГЛОНАСС
Skaylab M&C Technology (Китай)	SKG12D/17D	GPS, ГЛОНАСС, Galileo, QZSS
	SKG09D	GPS, ГЛОНАСС, QZSS
SkayTraq Technology (Тайвань)	S1216F8-GL, Venus827	GPS, ГЛОНАСС, QZSS
SparkFun Electronics (США)	XA1110	GPS, ГЛОНАСС
STMicroelectronics (Швейцария)	Teseo-LIV3F, STA8089, STA8090	все, кроме Navic
	STA8088	GPS, ГЛОНАСС, Galileo, QZSS
u-Blox AG (Швейцария)	CAM-M8, MAX-M8, NEO-M8	GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Beidou
	UBX-G7020	GPS, ГЛОНАСС, QZSS
Wi2Wi (США)	W2SG0021	все, кроме Navic

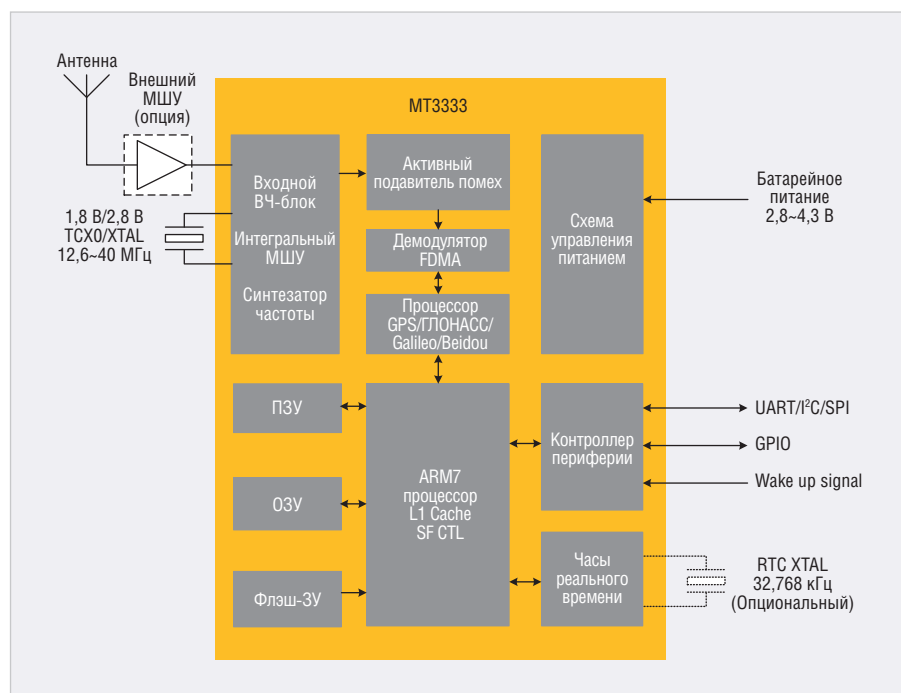


Рис. 10. Структурная схема микросхемы MT3333

- интерфейс UART, скорость потока данных 15 200 бод.

Навигационные модули и микросхемы разрабатывают и производят как крупные корпорации (STM, Qualcomm, MediaTek, Maxim), так и десятки компаний с более узкой специализацией, в том числе и российские (только ГЛОНАСС). В таблице 2 представлена информация о некоторых действующих на 2018 год компаниях, имеющих отношение к разработке и производству изделий микроэлектроники для навигационных приложений (в таблице включены только модули и микросхемы с поддержкой ГНСС ГЛОНАСС).

В качестве ключевых компонентов многих навигационных модулей различных производителей используются микросхемы MT3333 компании MediaTek и SiRF Star IV/V компании SiRF Technology, Inc., причём во многих решениях компоненты MediaTek и SiRF используются совместно.

Однокристалльная многосистемная микросхема MT3333 на основе микропроцессора ARM7EJ-S с встроенной NOR флэш-памятью разработана в 2016 году. Её структурная схема приведена на рисунке 10. Основные параметры и особенности микросхемы:

- встроенный малошумящий усилитель ВЧ (LNA) для работы с различными антеннами;
- поддержка ГНСС GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Beidou, QZSS, систем дифференциальной коррекции SBAS, WAAS, EGNOS, GAGAN, MSAS, DGPS и технологии A-GNSS быстрого старта навигационных приёмников компании u-Blox;
- 12 встроенных многотоновых активных подавителей интерференции;
- встроенная система питания, обеспечивающая экстремально низкое энергопотребление порядка 27 мВт в режиме слежения с системами GPS+ГЛОНАСС; в системе питания используются импульсные преобразователи напряжения 1,8 В и стабилизаторы LDO 1,1 В; входное напряжение питания 2,8...4,3 В;
- использование передового программного обеспечения, в том числе EPO™, EASY™, LOCUS™;
- интерфейсы: 3×UART, SPI, I²C, GPIO;
- чувствительность в режиме слежения –165 дБм, в режиме захвата –148 дБм;
- корпус VFBGA;
- габариты 4,3×4,3 мм.

Похожими характеристиками обладает и чипсет SiRF Star V.



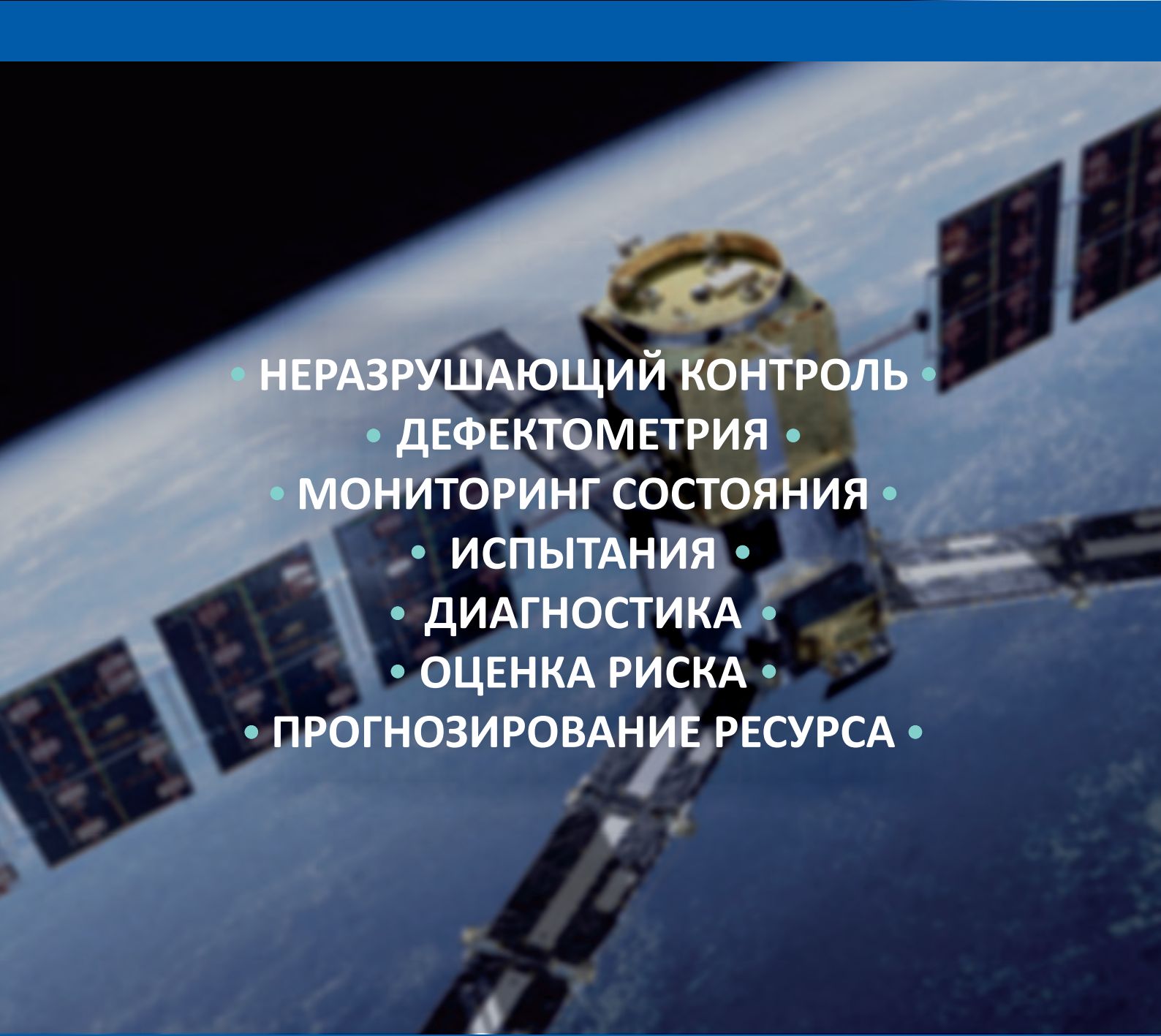
VI МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ
ИСПЫТАНИЯ • ДИАГНОСТИКА



МОСКВА • ЦВК ЭКСПОЦЕНТР
4 - 6 МАРТА 2019

WWW.EXPO.RONKTD.RU

- 
- НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ •
 - ДЕФЕКТОМЕТРИЯ •
 - МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ •
 - ИСПЫТАНИЯ •
 - ДИАГНОСТИКА •
 - ОЦЕНКА РИСКА •
 - ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕСУРСА •



ОРГАНИЗАТОР:
РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ
КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ



Реклама

Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32.

Дополнительная энергонезависимая память с интерфейсом I²C

Олег Вальпа (sandh@narod.ru)

В статье описана организация дополнительной энергонезависимой памяти с интерфейсом I²C для 32-разрядных ARM-микроконтроллеров серии STM32 от компании STMicroelectronics.

ВВЕДЕНИЕ

Память для любого микроконтроллера является важным обязательным компонентом. От объёма оперативной памяти зависит количество организуемых в программе переменных, массивов данных и стека подпрограмм. Однако оперативная память не способна хранить информацию без питания, т.е. при выключении устройства все данные теряются. Для постоянного хранения данных применяется энергонезависимая память. В качестве неё может выступать память программ, память внешних носителей или электрически перепрограммируемая постоянная память EEPROM. Микроконтроллеры серии STM32 [1] не имеют встроенной памяти EEPROM, тем не менее её можно организовать с помощью подключения внешней микросхемы энергонезависимой памяти.

ОБЗОР МИКРОСХЕМ ПАМЯТИ EEPROM

В настоящее время наиболее распространёнными компонентами дополнительной памяти EEPROM являются микросхемы серии 24Cxx с последовательным интерфейсом I²C, которые выпускаются многими производителями. Рассмотрим линейку таких микро-

схем из семейства AT24Cxx от компании Atmel [2]. В таблице 1 приведена информация об объёме памяти микросхем данной серии. Доступ к памяти микросхем организован побайтно.

Структурная схема чипа памяти с описанием назначения внутренних узлов и связей между ними приведена на рисунке 1.

Данные микросхемы памяти EEPROM оптимизированы для использования во многих промышленных и коммерческих приложениях, где важны малая потребляемая мощность и работа при низком напряжении питания. Ниже приведены основные технические характеристики описываемых микросхем:

- напряжение питания в зависимости от исполнения – 1,8...5,5 В;
- ток потребления – не более 3 мА;
- двухпроводной последовательный интерфейс связи I²C;

- триггеры Шмитта на входах для подавления шума;
- двунаправленный протокол передачи данных;
- совместимость с частотами синхронизации: 1 МГц при 5 В, 400 кГц при 2,7 В и 100 кГц при 1,8 В;
- вход защиты от записи для аппаратной и программной защиты данных;
- режим записи 64-байтных страниц с возможностью частичной записи страницы;
- самосинхронизированный цикл записи длительностью не более 5 мс;
- высокая надёжность;
- количество циклов записи – не менее 1 млн;
- гарантированный срок хранения данных – не менее 40 лет;
- диапазон рабочих температур –40...+85°C;
- корпуса без содержания свинца и галогенных соединений;
- типы корпусов: 8-выводные JEDEC PDIP, JEDEC и EIAJ SOIC, MAP, TSSOP, SAP и dBG2.

Расположение выводов микросхем для всех типов корпусов показано на

Таблица 1. Типы микросхем памяти

Тип микросхем	Объём памяти	
	Бит	Байт
AT24C01	1024	128
AT24C02	2048	256
AT24C04	4096	512
AT24C08	8192	1024
AT24C16	16 384	2048
AT24C32	32 768	4096
AT24C64	65 536	8192
AT24C128	131 072	16 384
AT24C256	262 144	32 768
AT24C512	524 288	65 536
AT24C1024	1 048 576	131 072

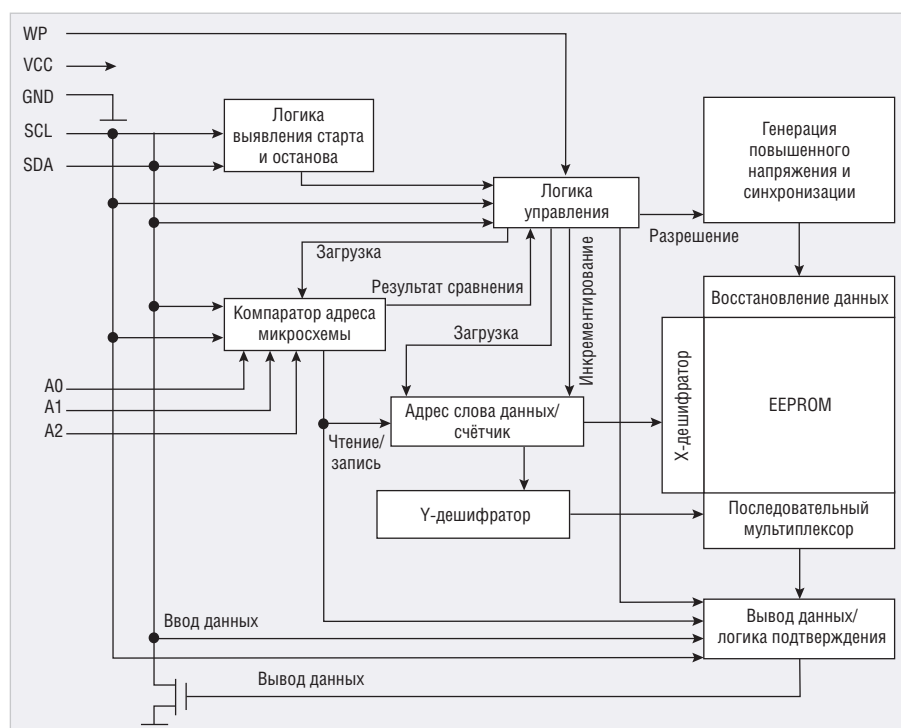


Рис. 1. Структурная схема чипа памяти

рисунке 2. В таблице 2 приведено описание выводов микросхем.

Микросхема содержит адресные входы, позволяющие назначать её адрес для интерфейса I²C. Таким образом, к одной последовательной шине можно подключить до 8 микросхем. Адресация микросхем памяти для интерфейса I²C приведена в таблице 3.

Младший разряд адреса микросхемы R/W является битом выбора операции чтения/записи. Операция чтения инициируется, когда данный разряд имеет высокий уровень; если же этот разряд имеет низкий уровень, то инициируется операция записи.

Вывод SDA используется для двуправленной последовательной передачи данных. Он является выводом с открытым стоком и может быть соединён с несколькими аналогичными выводами с открытым стоком или кол-лектором.

Вход SCL используется для синхронизации последовательных данных посредством интерфейса I²C.

Линии SDA и SCL необходимо обязательно согласовать с напряжением источника питания с помощью резисторов. На частоте тактирования 100 кГц используются резисторы номиналом 10 кОм, а на частоте тактирования 400 кГц и выше – 2 кОм.

Вход WP позволяет блокировать запись данных при подключении этого входа к цепи питания VCC. При этом все команды записи в память игнорируются. Если данный вывод подключить к линии GND, то операции записи будут разрешены.

Схема подключения чипа памяти к микроконтроллеру типа STM32 приведена на рисунке 3.

ОПЕРАЦИИ ЗАПИСИ

Для выполнения операции записи данных в микросхему памяти предварительно передаются адрес микросхемы и два 8-разрядных слова адреса, приём которых подтверждается нулевым потенциалом на линии SDA со стороны микросхемы памяти. Затем при поступлении импульсов синхронизации микросхема принимает первый байт данных, после чего вновь формирует нулевой потенциал на SDA. Далее микроконтроллер прерывает последовательность записи передачей условия «СТОП», как показано на рисунке 4. В этот момент в микросхеме EEPROM активизируется внутренний синхронизируемый цикл записи

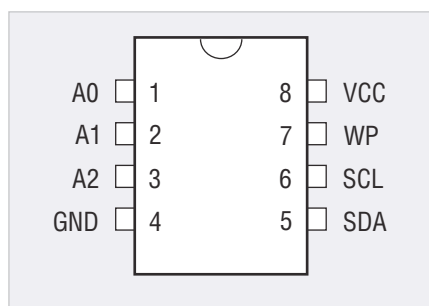


Рис. 2. Расположение выводов микросхем

Таблица 2. Описание выводов микросхем памяти

Вывод	Обозначение	Описание
1	A0	Адресный вход 0
2	A1	Адресный вход 1
3	A2	Адресный вход 2
4	GND	Общий
5	SDA	Сигнал данных
6	SCL	Сигнал синхронизации
7	WP	Вход защиты записи
8	VCC	Напряжение питания

Таблица 3. Адресация микросхем памяти

Микросхема	Разряды адреса							
	7	6	5	4	3	2	1	0
AT24CXX	1	0	1	0	A2	A1	A0	R/W

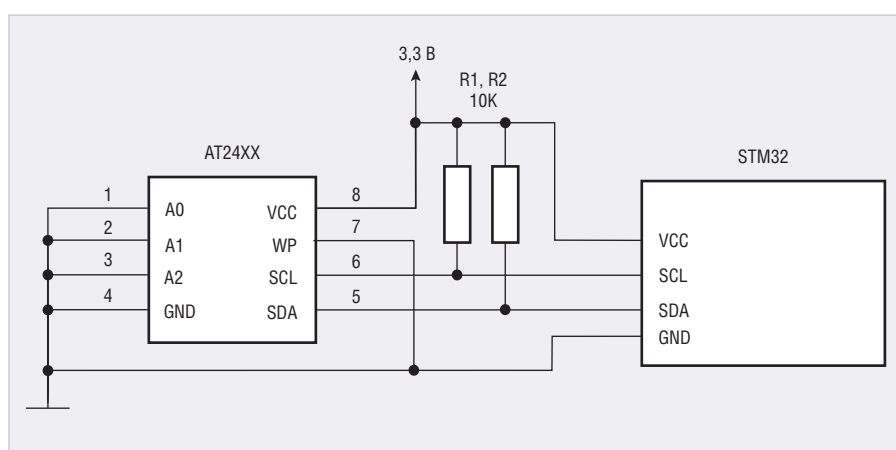


Рис. 3. Схема подключения чипа памяти

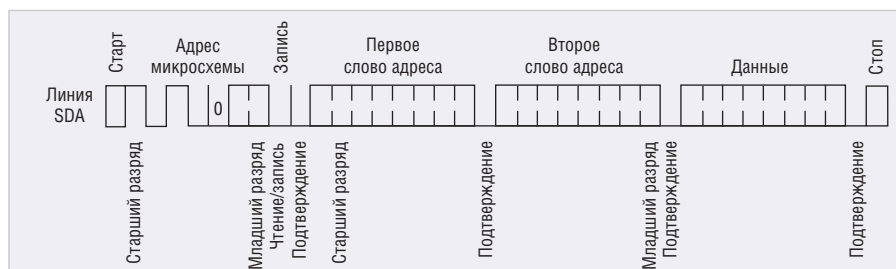


Рис. 4. Запись байта

данных в энергонезависимую память. В процессе выполнения цикла записи и до её завершения все входы микросхемы памяти отключаются и она не реагирует на внешние запросы.

Микросхемы EEPROM с объёмом памяти более 128 Кбит поддерживают запись 64-байтных страниц. Страничная запись инициируется таким же способом, что и побайтная, за исключением того, что микроконтроллер не отправляет условие останова после записи первого байта – вместо этого он может передавать дополнительно до 63 байт данных. После приёма каждого последующего байта данных микросхема подтверждает операцию нулевым потенци-

алом на линии SDA. Микроконтроллер прекращает последовательность страничной записи передачей условия останова, как показано на рисунке 5.

После приёма каждого байта данных в микросхеме памяти инкрементируются младшие 6 бит слова адреса. Старшие биты слова адреса не инкрементируются. Если в результате внутреннего инкрементирования слова адреса достигается его граничное значение, то следующий байт будет приниматься в начало текущей страницы. Если в микросхему EEPROM передаётся более 64 байт данных, то ранее переданные данные будут заменены вновь поступившими. При выполнении инкрементирования в про-

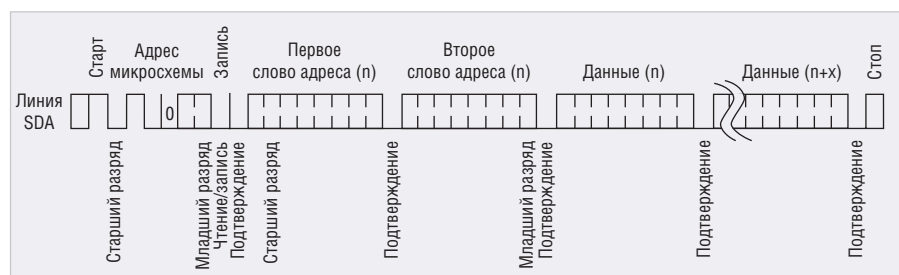


Рис. 5. Запись страницы

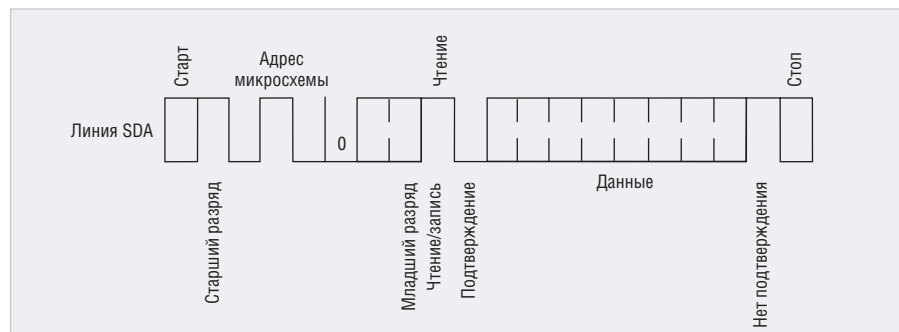


Рис. 6. Чтение по текущему адресу

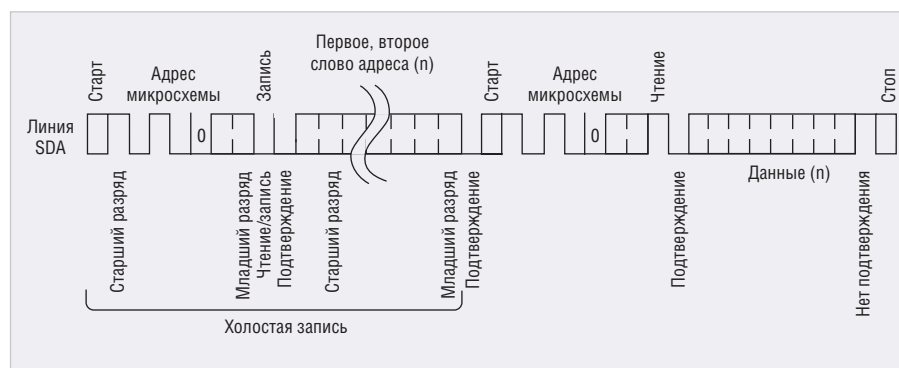


Рис. 7. Чтение по произвольному адресу

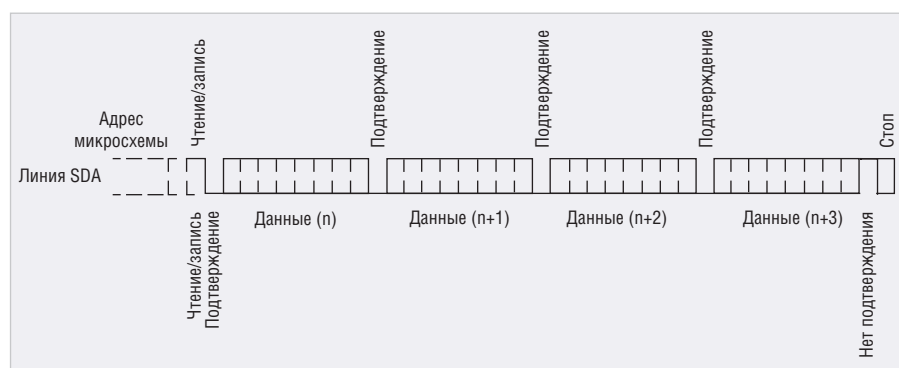


Рис. 8. Упорядоченное чтение

цессе записи последнего байта текущей страницы устанавливается адрес первого байта этой же страницы.

Сразу после инициирования внутреннего синхронизируемого цикла записи и отключения входов микросхемы EEPROM можно начать опрос подтверждения. Для этого необходимо отправить условие старта после адресного слова. Бит чтения/записи опреде-

ляет выполнение желаемой операции. Микросхема EEPROM отвечает нулевым потенциалом на SDA только при завершении внутреннего цикла записи, тем самым позволяя продолжить последовательность записи данных.

ОПЕРАЦИИ ЧТЕНИЯ

Операции чтения иницируются тем же способом, что и операции записи, за

исключением того, что бит выбора операции чтения/записи в адресном слове равен единице. Поддерживаются три вида операций чтения: чтение по текущему адресу, чтение по произвольному адресу и упорядоченное чтение.

При чтении по текущему адресу внутренний счётчик адреса слова данных хранит адрес, который использовался при последней операции чтения или записи, увеличенный на 1. Данный адрес остаётся действительным до тех пор, пока на микросхему подано питание. После чтения последнего байта последней страницы и автоматического инкрементирования адреса устанавливается адрес первого байта первой страницы.

Сразу после приёма адреса микросхемы с битом выбора чтения/записи, равным 1, и подтверждения приёма со стороны микросхемы EEPROM передаётся байт данных по текущему адресу. При этом микроконтроллер не отвечает микросхеме нулевым потенциалом на SDA, а передаёт условие останова, как показано на рисунке 6.

Для чтения по произвольному адресу необходимо выполнить «холостую» процедуру загрузки адреса микросхемы и данных. Как только микросхема примет адресное слово микросхемы, адресное слово данных и отправит подтверждение, микроконтроллер должен сгенерировать новое условие старта. После этого необходимо инициировать операцию чтения по текущему адресу путём отправки адреса микросхемы с установленным в единичное состояние битом выбора чтения/записи. Микросхема памяти подтвердит адрес микросхемы и последовательно передаст слово данных. При этом микроконтроллер не ответит нулевым потенциалом на SDA, а должен будет сгенерировать условие останова, как показано на рисунке 7.

Упорядоченное чтение иницируется после операции чтения по текущему адресу или после операции чтения по произвольному адресу. После приёма микроконтроллером байта данных он отвечает соответствующим подтверждением. Когда микросхема памяти принимает подтверждение, выполняется инкрементирование адреса слова данных и передаётся очередной байт данных. При достижении границы адресного пространства адрес данных переходит в начальное состояние и упорядоченное чтение продолжается. Упорядоченное чтение прекратится, когда микроконтроллер не ответит нулевым потенциалом

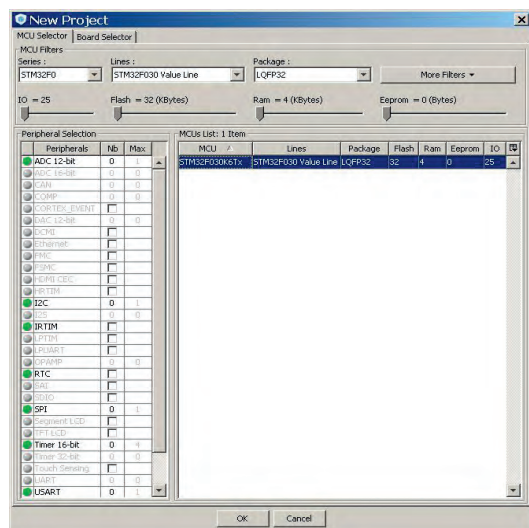


Рис. 9. Выбор микроконтроллера в STM32CubeMX

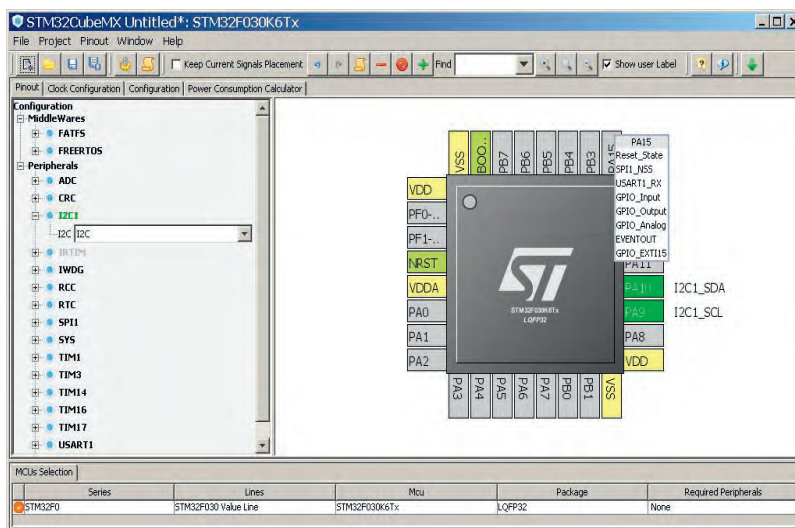


Рис. 10. Конфигурирование портов в STM32CubeMX

на линии SDA и сгенерирует условие останова, как показано на рисунке 8.

ПРИМЕРЫ ПРОГРАММ

Создать программу для организации дополнительной энергонезависимой памяти на микросхеме EEPROM посредством интерфейса I²C можно с помощью генератора кода STM32CubeMX компании STMicroelectronics [1]. После запуска генератора кода STM32CubeMX необходимо создать в нём новый проект и выбрать тип микроконтроллера, например STM32F030K6Tx, как показано на рисунке 9.

На вкладке *Pinout* в разделе *Peripherals* раздела *I2C1* необходимо выбрать режим шины I²C, при этом генератор кода STM32CubeMX автоматически задействует порт PA9 для сигнала SCL и порт PA10 для сигнала SDA согласно внутренней организации микроконтроллера. Далее следует настроить один порт, например PA15, как GPIO_Output для подключения к нему светодиода, индицирующего процессы обращения к микросхеме памяти. Делается это однократным кликом по изображению вывода порта и соответствующему режиму из разворачиваемого списка, как показано на рисунке 10. Перейдя на вкладку *Configuration*, можно проверить параметры модуля I2C1.

Режим скорости выбран стандартным (Standard Mode) с частотой 100 кГц, что соответствует номиналу подключённых резисторов 10 кОм. Генератор кода STM32CubeMX позволяет также выбрать режим Fast Mode с частотой 400 кГц – в этом случае нужно применять резисторы номиналом 2 кОм. Микросхема памяти допускает работу на такой частоте при напряжении питания выше 2,5 В.

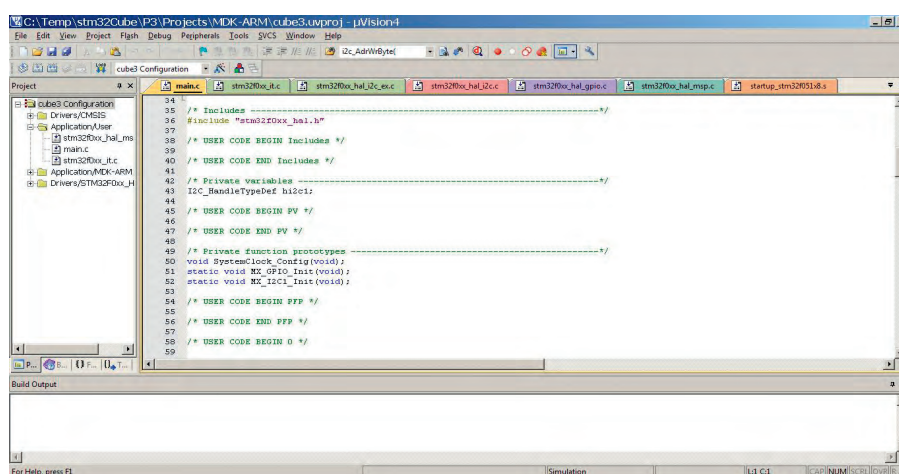


Рис. 11. Окно среды разработки KEIL

Остальные настройки можно оставить без изменений и сохранить проект в каталог с новым именем. Далее следует сгенерировать код программы, например для MDK-ARM KEIL [3], с помощью меню *Project*. После завершения процесса генератор кода STM32CubeMX предложит открыть полученный код в среде разработки KEIL, после чего запустится среда разработки с файлами проекта (см. рис. 11).

Все сгенерированные с помощью STM32CubeMX файлы записываются и хранятся в каталоге *Src* созданного проекта. Основной файл *main.c* содержит в себе функции инициализации и основное тело программы. Вспомогательный файл *stm32f0xx_it.c* служит для обработки прерываний. В файле *stm32f0xx_hal_msp.c* можно увидеть инициализацию портов PA9 и PA10 интерфейса I²C с помощью функций HAL.

ЗАПИСЬ И ЧТЕНИЕ ПАМЯТИ EEPROM

Чтобы дополнить сгенерированный файл программы *main.c* некоторыми

переменными и командами для организации обмена данными с микросхемой памяти EEPROM, в разделе пользовательских переменных следует инициализировать однобайтный буфер обмена *buf*, адрес микросхемы EEPROM *I2C1_DEV_ADR* со значением 0x50 для интерфейса I²C и ячейку памяти EEPROM *ADR* с адресом 0x01 (см. листинг 1).

Запись новых строк программы всегда нужно осуществлять в строго отведённых местах между строками */* USER CODE BEGIN...*/* и */* USER CODE END...*/*. Это позволит сохранить новые строки программы при повторной генерации кода с помощью STM32CubeMX.

Для записи и чтения одного байта памяти EEPROM в бесконечном цикле необходимо ввести в главную функцию *main* строки из листинга 2.

В результате работы написанной программы будет произведена запись одного байта в ячейку памяти EEPROM с последующим чтением этой же ячейки памяти через 5 с. Если прочитанный байт совпадёт с записанным байтом,

Листинг 1

```

/* main.c */
/* USER CODE BEGIN PV */
uint8_t buf[]='v'; // Сохранить в буфере символ 'v'
#define I2C1_DEV_ADR 0x50 // Адрес микросхемы EEPROM=0101 0000
A2=A1=A0=0
#define EEPROM_ADR 0x01 // Адрес ячейки памяти
/* USER CODE END PV */

```

Листинг 2

```

/* USER CODE BEGIN 3 */
/* Infinite loop */
while (1)
{
    // Записать в EEPROM данные буфера по адресу ячейки памяти
    HAL_I2C_Mem_Write(&hi2c1, (uint16_t) I2C1_DEV_ADR<<1, EEPROM_ADR, 1,
    buf, 1, 5);
    osDelay(10); // Ожидание записи
    xBuffer[0]=0; // Обнулить буфер
    osDelay(5000); // Задержка на 5 секунд
    // Чтение памяти EEPROM по адресу ячейки памяти
    HAL_I2C_Mem_Read(&hi2c1, (uint16_t) I2C1_DEV_ADR<<1, EEPROM_ADR, 1,
    buf, 1, 5);
    if(xBuffer[0] == 'v') // Если прочитанные данные совпали с записанными
    {
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOC, GPIO_PIN_15, GPIO_PIN_SET); // Включить
        светодиод
    }
}
/* USER CODE END 3 */

```

будет произведено включение светодиода, подключённого к выводу PA15.

Функции `HAL_I2C_Mem_Write` и `HAL_I2C_Mem_Read` предназначены для работы с памятью, поэтому нет необходимости использовать общие функции

работы с шиной I²C `HAL_I2C_Master_Transmit` и `HAL_I2C_Master_Receive`. Адрес EEPROM передаётся в программе функции со смещением влево на 1 разряд `I2C1_DEVICE_ADDRESS<<1`, т.к. он является 7-битным, а младший раз-

ряд адреса устройства по спецификации I²C отвечает за операцию записи/чтения.

В функциях `HAL_I2C_Mem_Write` и `HAL_I2C_Mem_Read` последним аргументом является время ожидания, за которое микроконтроллер стабильно будет получать реакцию от EEPROM на его запросы. Задержка в 10 мс `osDelay(10)` после функции `HAL_I2C_Mem_Write` необходима для совершения операции записи в EEPROM. Несмотря на то что в описании этой микросхемы указано время записи 5 мс, его лучше увеличить, чтобы гарантировать стабильность операции.

Описанные выше функции записи и чтения данных в память EEPROM можно использовать для написания других программ.

В качестве готового устройства для проверки и отработки программ подойдёт любая отладочная плата, например из семейства Discovery.

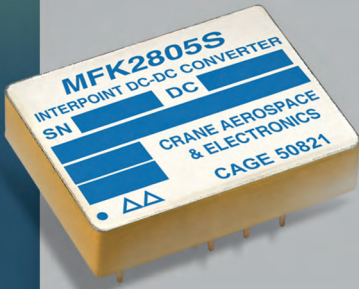
ЛИТЕРАТУРА

1. www.st.com
2. www.atmel.com
3. www.keil.com



НОВИНКА!

25-ваттные DC/DC-преобразователи Interpoint® MFK Series™



MFK2805S
INTERPOINT DC-DC CONVERTER
SN: [blank]
CRANE AEROSPACE & ELECTRONICS
CAGE 50821

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



www.inter-pro.net

info@inter-pro.net





Реклама

SHARP LITEMAX

WOLFspeed

MERRIMAC
A Crane Co. Company

CRANE
AEROSPACE & ELECTRONICS

MPS
Monolithic Power Systems

HARTING

CviLux

Grayhill

MENTOR

CREE

- ✓ РЕШЕНИЯ ПО ПОДБОРУ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ
- ✓ ПОДДЕРЖКА СКЛАДА
- ✓ ТЕХНИЧЕСКАЯ И ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА

Влияние приложенного напряжения на ёмкость LC-фильтров с многослойными керамическими бескорпусными конденсаторами

Фрэнк Пьюхейн (Würth Elektronik)

Малые размеры конденсаторов имеют важное значение с точки зрения экономии свободного пространства, но, к сожалению, могут быть причиной ряда проблем. В данной статье уделяется особое внимание значительному влиянию напряжения постоянного тока на конденсатор и конструкцию самого фильтра. Основной акцент сделан на низкочастотных LC-фильтрах, т.к. они используются в качестве входных или выходных фильтров для переключающих стабилизаторов или сетевых фильтров.

ВВЕДЕНИЕ

Миниатюризация электрических схем (например, в импульсных источниках электропитания) приводит к необходимости более тщательного подхода к выбору как активных, так и пассивных компонентов систем фильтров, предназначенных для гашения помех. Существующие возможности разработки и изготовления компактных устройств требуют уменьшения размеров и дискретных фильтрующих элементов. Например, LC-фильтры зачастую конструируются с использованием алюминиевых оксидных конденсаторов, т.к. это обеспечивает широкий диапазон величин ёмкости. Однако это достоинство становится всё менее значимым в связи с появлением и развитием технологий производства многослойных керамических SMD-конденсаторов высокой ёмкости.

ТИПЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ МНОГОСЛОЙНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ БЕСКОРПУСНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Многослойные керамические бескорпусные конденсаторы (см. рис. 1)

могут изготавливаться из керамики 1 или 2 класса. Керамика является очень хрупким материалом, и её механическая хрупкость повышается с увеличением размера изделия. Таким образом, максимальный размер многослойных керамических бескорпусных конденсаторов ограничен и необходимо обращать особое внимание на компоновку всей схемы для снижения возможных механических напряжений. В таблице 1 представлены технические характеристики керамики, используемой компанией Würth Elektronik в настоящее время.

Характеристики и допуски различных классов керамики определяются в соответствии с системой кодирования Международной электротехнической комиссии (IEC) или Ассоциации электронной промышленности (EIA). Данные стандарты представлены в таблицах 2 и 3. Необходимо упомянуть, что, как правило, система кодирования IEC 60384-21 не используется для керамики класса 1, однако для неё существует одно хорошо известное обозначение – NP0. Керамика NP0 имеет очень малый допуск в рабочем диапазоне температур: $\pm 30 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. Как прави-

ло, кодирование EIA используется для керамики класса 2, включая такую керамику, как X7R или X5R. Код X7R означает, что ёмкость не может изменяться более чем на 15% в диапазоне температур $-55...+125^\circ\text{C}$. Таким образом, величина ёмкости конденсатора на 10 мкФ для керамики класса 2 может варьироваться между 8,5 и 11,5 мкФ в допустимом диапазоне температур. Любая керамическая смесь, которая обладает такими свойствами, является керамикой X7R. В дополнение к данному допуску также существует допустимое отклонение изготовителя, которое определяется на момент поставки и обычно составляет $\pm 10\%$.

Класс или код керамики не определяют состав керамики X7R (размер частиц порошка, смесь материала и т.п.). Любую керамику, которая способна сохранить величину своей ёмкости в пределах указанных допусков в рабочем диапазоне температур, можно отнести к керамике X7R. Однако её характеристики у различных производителей могут отличаться. Таким образом, чтобы получить необходимые параметры, необходимо тщательно сравнивать характеристики отдельных компонентов. Так называемый эффект смещения постоянным током (зависимость ёмкости от напряжения) оказывает значительное влияние на ёмкость. У керамики класса 2 прило-

Таблица 1. Основные характеристики керамики 1 и 2 классов

	Керамика 1 класса	Керамика 2 класса
Материал	Диоксид титана (TiO_2)	Титанат бария (BaTiO_3)
Диэлектрическая проницаемость	$>10...500$	$>500...10\,000$
Диапазон ёмкости	1 пФ...33 нФ	100 пФ...100 мкФ
Диапазон напряжения, В	10...50	6,3...100
Размер	От 0402 до 1812	От 0402 до 1812
Зависимость от напряжения	Нет	Да
Зависимость от частоты	Да	Да
Зависимость от температуры	Нет	Да
Старение	Нет	Да

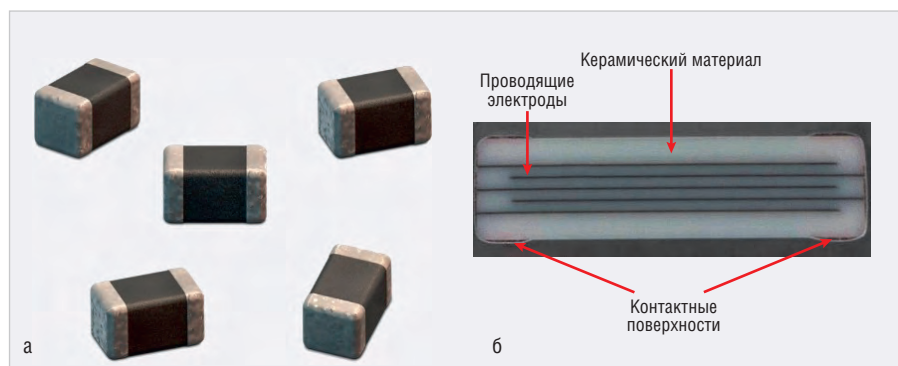


Рис. 1. Многослойные керамические бескорпусные конденсаторы: а) общий вид; б) конструкция

Таблица 2. Коды Ассоциации электронной промышленности для керамики класса 1

1-й символ		2-й символ		3-й символ	
Буква	Температурный коэффициент ТС ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	Цифра	Множитель	Буква	Допуск температурного коэффициента ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)
C	0,0	0	-1	G	± 30
B	0,3	1	-10	H	± 60
L	0,8	2	-100	J	± 120
A	0,9	3	-1000	K	± 250
M	1,0	4	+1	L	± 500
P	1,5	6	+10	M	± 1000
R	2,2	7	+100	N	± 2500
S	3,3	8	+1000		
T	4,7				
V	5,6				
U	7,5				

женное напряжение вызывает снижение ёмкости. Это связано с внутренней структурой титаната бария, используемого в качестве основного материала. Применение этого компонента помогает получать керамику с большой степенью проницаемости, однако при этом внутренние структуры реагируют на внешние электрические поля и поляризуются ими. Это приводит к определённому насыщению материала, что, в свою очередь, влечёт за собой снижение ёмкости. Данное явление схоже с насыщением ферромагнитных материалов. Зависимость относительного падения ёмкости от приложенного напряжения для конденсатора WCAP-CSGP 885 012 206 026 (1 мкФ, 0603, 10 В, X7R) показана на рисунке 2. Приведённые данные представляют собой результаты реальных измерений. Поясним происходящие в конденсаторе процессы на следующем примере. При низком напряжении данный конденсатор демонстрирует определённый эффект самовосстановления керамического материала. Приложенное напряжение вызывает процессы восстановления и поляризации. При напряжении около 2,1 В материал становится насыщенным и доступная ёмкость снижается.

Данную характеристику необходимо учитывать и исследовать для каждого отдельного компонента. Это очень трудоёмкий процесс, т.к. в категории многослойных керамических бескорпусных конденсаторов действующего каталога насчитывается около 800 позиций. Параметры каждого конденсатора компания Würth Elektronik заносит в его «портфолио» и интегрирует в онлайн-платформу REDEXPERT [2].

Конструкция LC-фильтра

При выборе конденсатора для различных применений необходимо

оценивать зависимость ёмкости от напряжения. На выходном конденсаторе импульсного источника электропитания требуется определённая ёмкость для сохранения стабильности цепи управления, а следовательно, и выходного напряжения. Если установленное выходное напряжение снижает ёмкость, то это будет влиять на цепь управления. В частности, влиянию подвержены такие характеристики, как пульсация или внезапные изменения нагрузки, что может вызывать отклонения от спецификаций. При размещении фильтра на входе понижающего преобразователя (вход всегда является особо важной его частью), например для частоты переключения, необходимо учитывать указанный диапазон входного напряжения преобразователя и приложенное напряжение в фильтре. В противном случае появится неустойчивость пороговой частоты фильтра, которая может нарушить его работу и привести к неудовлетворительным результатам испытаний в области электромагнитной совместимости из-за кондуктивных помех.

LC-фильтр представляет собой тип фильтра, который наиболее часто используется в электронике. Он является фильтром второго порядка и характеризуется падением на -6 дБ в пороговой точке и крутизной 40 дБ на декаду. Фильтр должен иметь хотя бы один частотно зависимый компонент. Пороговую частоту LC-фильтра можно определить с помощью формулы:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

Очень важно рассматривать потенциально высокие пусковые токи при использовании LC-фильтра с SMD-ферритом, например на входе переключающего стабилизатора. Импульсные пусковые токи, которые во много раз превышают номинальный ток

Таблица 3. Коды Ассоциации электронной промышленности для керамики класса 2

1-й символ		2-й символ		3-й символ	
Буква	Нижний предел температуры, $^{\circ}\text{C}$	Цифра	Верхний предел температуры, $^{\circ}\text{C}$	Буква	Изменение ёмкости в допустимом диапазоне температур, %
X	-55	2	+45	A	$\pm 1,0$
Y	-30	4	+65	B	$\pm 1,5$
Z	+10	5	+85	C	$\pm 2,2$
		6	+105	D	$\pm 3,3$
		7	+125	E	$\pm 4,7$
		8	+150	F	$\pm 7,5$
		9	+200	P	± 10
				R	± 15
				S	± 22
				T	+22/-33
				U	+22/-56
				V	+22/-82

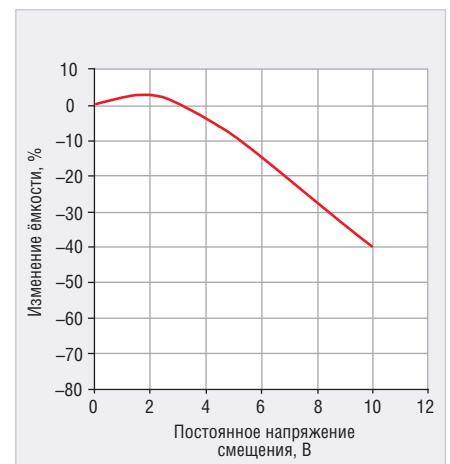


Рис. 2. Изменение ёмкости конденсатора 885 012 206 026 в зависимости от приложенного напряжения

SMD-феррита, могут со временем разрушать его. Чтобы избежать этого, можно использовать компоненты серии WE-MPSB, т.к. они имеют определённый импульсный допуск. Другим важным аспектом является соотношение между полным сопротивлением SMD-ферритов и протекающим через них током. Полное сопротивление снижается при насыщении ферритного материала в зависимости от того, насколько велик ток, что также изменяет свойства фильтра. На рисунке 3 показано изменение данной характеристики для компонента WE-CBF 742792113.

ПРАКТИЧЕСКИЙ ПРИМЕР

В данном примере исследуется зависимость характеристик фильтров от напряжения для двух вариантов схем с различными комбинациями LC- и π -фильтров. Для всех измерений использовался один и тот же индуктивный элемент — SMD-феррит WE-CBF 742792093. Значение индуктивности можно определить либо из кривой полного сопротивления, либо из эквивалентной схемы в LTspice.

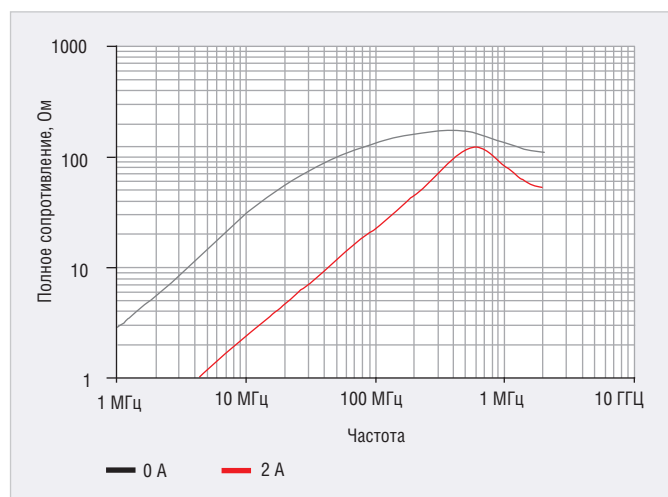


Рис. 3. Изменение полного сопротивления SMD-феррита в зависимости от тока

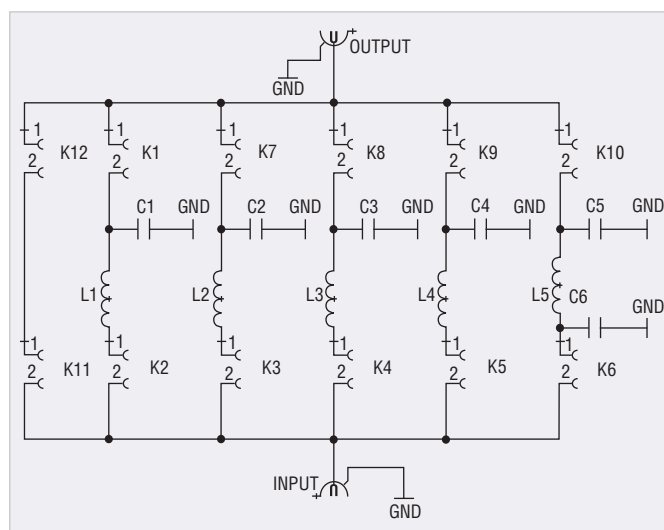


Рис. 4. Принципиальная схема плат фильтров

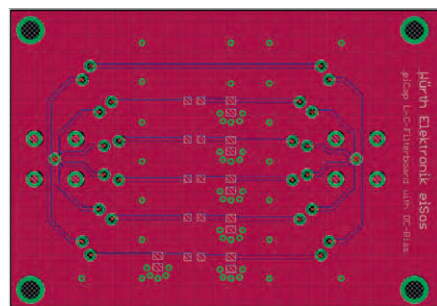


Рис. 5. Печатная плата фильтра

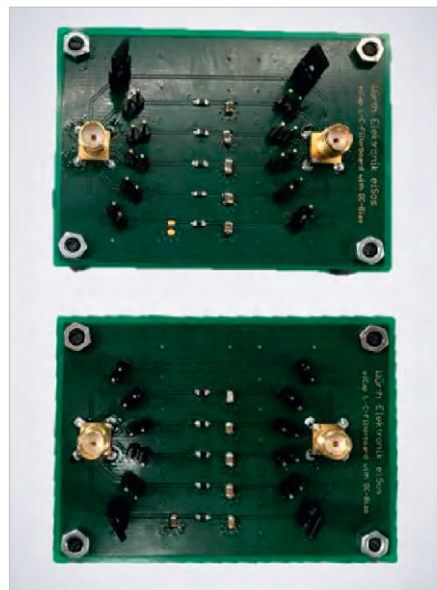


Рис. 6. Платы фильтров с SMA-соединителями



Рис. 7. Блок постоянного тока

Поскольку все данные доступны в LTspice, индуктивность была считана из эквивалентной схемы и составила 1,5 мкГн. Конденсаторы фильтра были выбраны из серии WCAP-CSGP 0805.

Конструкции обоих фильтров идентичны: каждая имеет четыре комбинации LC-фильтров и один π -фильтр. Однако впоследствии было принято решение пренебречь на второй плате π -фильтром, чтобы понаблюдать за поведением других бескорпусных конденсаторов высокой ёмкости. Для этих целей были выбраны конденсаторы из керамики 2 класса (X5R) с ёмкостью 47, 22, 10, 4,7 и 3,3 мкФ. С помощью первой платы можно исследовать работу конденсатора из керамики 1 класса (10 нФ, 6,3 В, NP0) при его номинальном напряжении. Также на данной плате фильтров были использованы два конденсатора ёмкостью 2,2 мкФ (один — X7R, второй — X5R), оба с номинальным напряжением 6,3 В. Аналогично можно проверить влияние напряжения на ёмкость в π -фильтре. Для данных целей были выбраны два конденсатора 1 мкФ, 10 В, X7R. Пороговую частоту различных фильтров можно определить с помощью приведённой ранее формулы. Для первого фильтра (10 нФ, 6,3 В, NP0) пороговая частота составляет 1,3 МГц. Для LC-фильтра с конденсаторами 2,2 мкФ она составляет 876 кГц. Чтобы настроить пороговую частоту π -фильтра, примерно равную значению, полученному для LC-фильтра, были выбраны два конденсатора 1 мкФ (10 В, X7R). Пороговые частоты второй платы фильтров для различных конденсаторов выглядят следующим образом: 47 мкФ — 19 кГц; 22 мкФ — 28 кГц; 10 мкФ — 41 кГц; 4,7 мкФ — 60 кГц; 3,3 мкФ — 72 кГц.

На входе и выходе использовались SMA-соединители. Для того чтобы обеспечить возможность включения отдельных фильтров, использовались специальные переключки (по две переключки на фильтр). Так как измерения производились при частоте менее 200 МГц, влиянием переключек можно пренебречь.

На рисунке 4 представлена принципиальная схема платы фильтров. Как можно видеть на схеме, все фильтры имеют аналогичную конструкцию. Разводка печатной платы показана на рисунке 5. Было принято решение пренебречь заземляющей защитой, поскольку плата устанавливается на поверхность с постоянным заземлением. Каждый конденсатор фильтра был подключён через 5 металлизированных монтажных отверстий.

Как показано на рисунке 5, от SMA-соединителя к фильтрам идут радиальные дорожки, что теоретически может приводить к искажениям при измерениях, однако это не является проблемой при данных частотах и размерах. На рисунке 6 показаны платы фильтров с SMA-соединителями для портов измерений. Постоянное напряжение подаётся через первый порт. На рисунке 7 представлен блок постоянного тока. Он играет очень важную роль в измерениях и служит для того, чтобы избежать повреждения второго порта измерительного оборудования.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Для измерений характеристик фильтра методом shunt-thru использовался сетевой анализатор Agilent E561B. Как правило, характеристики фильтра указываются в децибелах. В данном случае использовалось полное сопротивление

фильтра Z_{DUT} в омах. При этом форма кривой для фильтра остаётся неизменной, т.к. низкое полное сопротивление соответствует высокой степени затухания, однако благодаря такому подходу проще определить влияние напряжения на многослойные керамические бескорпусные конденсаторы. Измерительная установка показана на рисунке 8. Сетевой анализатор может подавать к порту 1 напряжение до 42 В от внутреннего источника электропитания. Он используется для изменения ёмкости и характеристик фильтра. Важно упомянуть о том, что для данного типа измерений необходимо использовать специальный блок постоянного тока, чтобы не повредить порт 1 прибора.

На рисунке 9 представлена базовая линия фильтра. Она не формирует 50-омного импеданса, поскольку не происходит ослабления сигнала на низких частотах. При частоте 1 МГц базовая линия соответствует шунтовому сопротивлению 3 кОм. Это также доказывает, что ни перемычки, ни используемая схема не влияют на измерения.

В правой части диаграммы можно видеть резонанс поглощающего контура из-за соединений открытого фильтра – отрезок $1/4 \lambda$ при 750 МГц. На основании данных промышленного стандарта, которые указывают на то, что помехи при $1/10 \lambda$ пренебрежительно малы, можно задать верхнюю пороговую частоту 300 (750×4/10) МГц, заведомо превышающую исследуемый рабочий диапазон 100 кГц – 200 МГц.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

На рисунке 10 представлены результаты измерений для всех фильтров на первой плате, выполненных без приложенного напряжения. Так как величина ёмкости конденсатора NP0 очень мала, резонансная частота сдвигается в область 80 МГц. LC-фильтры с конденсаторами 2,2 мкФ, а также π -фильтры имеют (как предполагается) аналогичную резонансную частоту около 4,5 МГц.

На рисунке 11 показаны свойства конденсатора из керамики класса 1 размера 0805 с ёмкостью 10 нФ и номинальным напряжением 10 В (WCAP-CSGP 885 012 007 009). Как предполагается, он не является зависимым от приложенного напряжения, поскольку керамика класса 1 не содержит титаната бария.

На рисунке 12 представлены свойства керамики класса 2 X5R и X7R с макси-

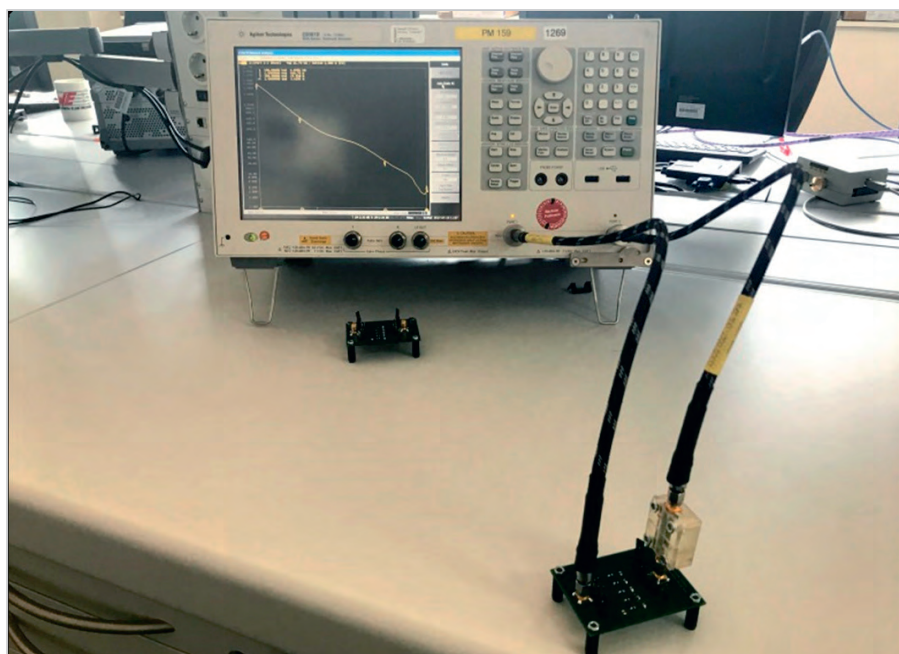


Рис. 8. Измерительная установка

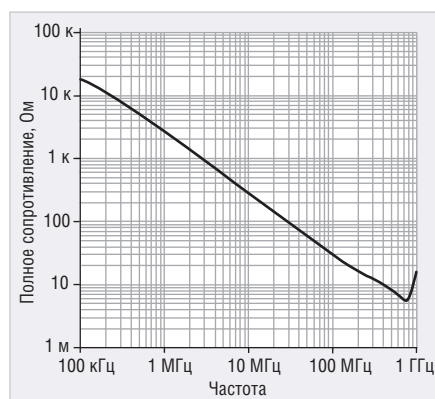


Рис. 9. Кривая полного сопротивления базовой линии платы фильтров 1

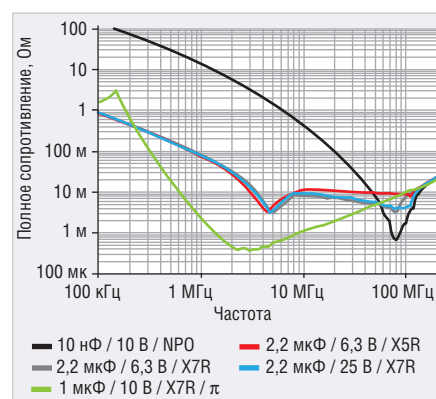


Рис. 10. Кривые полного сопротивления всех фильтров на плате 1 с WE-CBF и WCAP-CSG

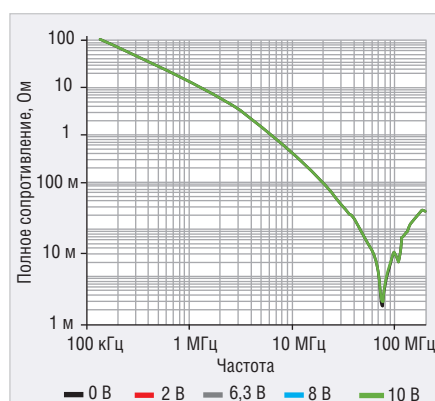


Рис. 11. Кривые полного сопротивления LC-фильтра с WE-CBF (742 792 095) и керамического конденсатора 10 нФ, NP0

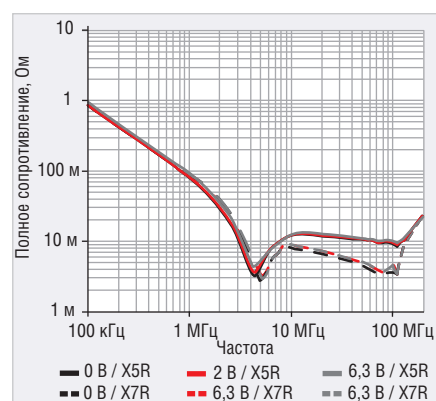


Рис. 12. Кривые полного сопротивления фильтров из керамики X5R и X7R с одинаковыми величинами ёмкости

мальным приложенным напряжением 6,3 В. Как можно видеть, ёмкость при максимальном напряжении изменяется незначительно. Это происходит из-за того, что у многослойных бескорпусных конденсаторов 2,2 мкФ, 6,3 В,

0805 между слоями имеется большое количество керамического материала, поэтому им не требуется быть высокопроницаемыми. Таким образом, эффект смещения постоянным током проявляется слабо.

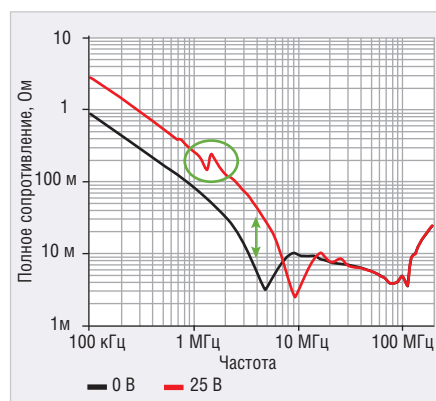


Рис. 13. Пьезоэлектрический эффект от приложения номинального напряжения для фильтра с WE-CBF 742 792 095, WCAP-CSGP 885 012 207 079

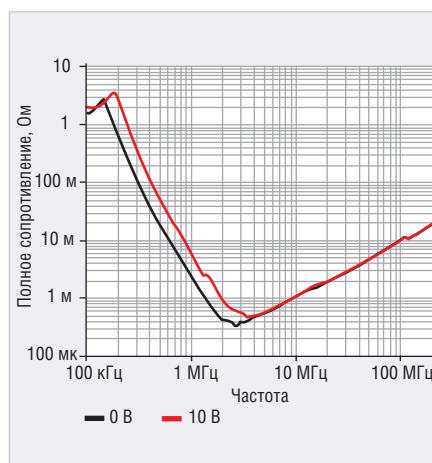


Рис. 14. Влияние приложенного напряжения на π-фильтр

Таблица 4. Резонансное смещение с приложенным напряжением

Конденсатор	Сопротивление при 0 В, МГц	Сопротивление при 6,3 В, МГц	Разница, %
47 мкФ / 0805 / 6,3 В / X5R	0,95	2,0	110
22 мкФ / 0805 / 6,3 В / X5R	1,8	3,2	77
10 мкФ / 0805 / 6,3 В / X5R	2,8	4,0	43
4,7 мкФ / 0805 / 6,3 В / X5R	3,5	4,3	22
3,3 мкФ / 0805 / 6,3 В / X5R	4,5	5	19

На рисунке 13 показан случай, когда к конденсатору 2,2 мкФ, 25 В, X7R приложено полное номинальное напряжение. Здесь можно наблюдать сразу два эффекта. В результате эффекта смещения постоянным током ёмкость снижается на 69% до 0,68 мкФ. Это приводит к смещению точки резонанса фильтра. Кроме того, имеет место пьезоэлектрический эффект для керамики 2 класса (зелёный круг). Это может привести к возникновению помех в результате сжатия конструкции конденсатора. Зелёная двойная стрелка показывает увеличенное полное сопротивление (сниженное затухание) из-за смещённой точки резонанса. Таким образом, при 4 МГц полное сопротивление увеличивается с 3 до 30 МОм.

В π-фильтре ёмкость также снижается. В связи с тем что используется конденсатор 1 мкФ, 10 В, X7R, приложенное напряжение оказывает более сильное влияние, однако не настолько, как в случае со стандартным LC-фильтром (см. рис. 14). Данная конструкция фильтра также может противодействовать эффекту смещения постоянным током.

Для платы фильтров 2 были выбраны керамические конденсаторы с одинаковым диапазоном напряжения и размером, однако ёмкость для каждого фильтра была снижена. На рисунке 15 показаны кривые полного сопротивления всех фильтров без приложенного напряжения. В связи с изменением величины

ёмкости для каждого фильтра изменяется и их первая резонансная частота. Вторая резонансная частота при этом постоянна, поскольку SMD-феррит с его паразитными эффектами остаётся тем же. Если рассматривать наибольшую величину ёмкости, влияние напряжения становится более заметным. Если к фильтру прикладывается напряжение 6,3 В, ёмкость изменяется на 80%, от 47 до 10 мкФ. При такой ёмкости и указанном размере 0805 между слоями имеется очень малое количество керамического материала. Чем больше снижается номинальная ёмкость, тем меньше проявляется эффект смещения постоянным током. Это связано с внутренней структурой керамических конденсаторов. В таблице 4 приведены результаты измерений характеристик фильтра с ёмкостями от 3,3 до 47 мкФ.

ДРУГИЕ ВОЗМОЖНОСТИ, ДОСТУПНЫЕ С КОНДЕНСАТОРАМИ ФИЛЬТРА

Характеристики многослойных керамических бескорпусных конденсаторов высокой (>1 мкФ) ёмкости в значительной мере зависят от приложенного напряжения. Если требуются более высокие величины ёмкости, можно использовать алюминиевые электролитические SMD-конденсаторы (например, серии WCAP-ASLI). В такой ситуации переход на них может обеспечить

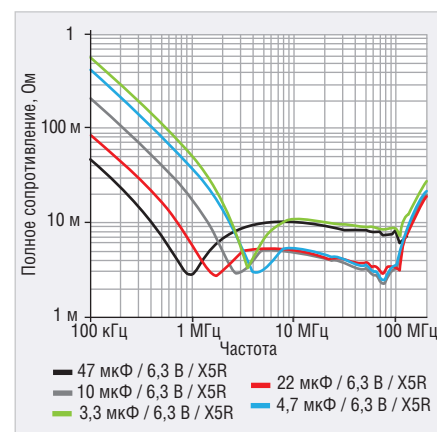


Рис. 15. Кривые полного сопротивления всех фильтров на плате 2 с приложенным напряжением

определённое преимущество с точки зрения цены. При выборе алюминиевых электролитических конденсаторов необходимо обращать особое внимание на допустимый ток пульсации. Алюминиевые полимерные электролитические конденсаторы (например, серии WCAP-PSLC) представляют собой альтернативный вариант в случае, если требуются высокая долговечность, низкое эквивалентное последовательное сопротивление или большие величины ёмкости. Данные конденсаторы также имеют ценовые преимущества по сравнению с керамическими конденсаторами высокой ёмкости. Кроме того, алюминиевые и алюминиевые полимерные электролитические конденсаторы не имеют смещения характеристик при воздействии постоянного тока (в отличие от керамических конденсаторов), что указывает на отсутствие необходимости в большом запасе по ёмкости.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Зависимость конденсаторов из керамики класса 2 от напряжения можно смоделировать с помощью программы LTspice, однако для этого требуются определённые данные. Стандартная библиотека LTspice включает модель реального SMD-феррита. Библиотека LTspice от компании Wurth Elektronik включает модели конденсаторов. При этом остаётся открытым вопрос о том, как получить величину ёмкости в качестве функции приложенного напряжения. Эту информацию можно извлечь из системы REDEXPERT, как показано на рисунке 16 в примере с приложенным напряжением 10 В.

Изменение зависимости ёмкости от напряжения постоянного тока составляет до -50% от номинальной ёмкости. Такие

изменения являются очень громоздкими, поэтому на рисунке их визуальное представление ограничено. Тем не менее все значения вплоть до максимального номинального напряжения измеряются и хранятся в системе. Если переместить ползунок далее в направлении номинального напряжения (слева направо), из таблицы можно будет считать данные для настройки необходимого напряжения, а затем перенести их в LTspice. Это позволяет конструировать реальные фильтры и получать очень точные результаты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При конструировании фильтров с использованием многослойных керамических бескорпусных конденсаторов необходимо обращать особое внимание на зависимость ёмкости от приложенного напряжения. Необходимые данные можно найти на онлайн-платформе REDEXPERT или получить по запросу. Это позволит очень точно оценить характеристики фильтра. Зависимости между рассматриваемыми параметрами были продемонстрированы и изучены с помощью двух различных плат фильтров.

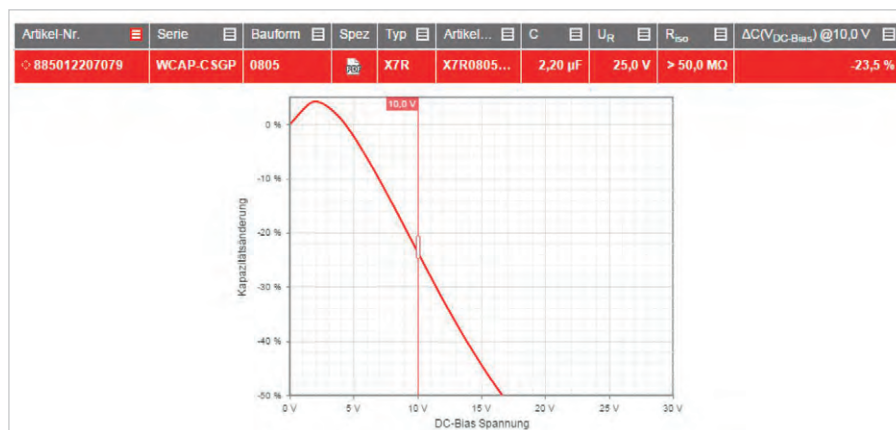


Рис. 16. График в REDEXPERT, показывающий характер изменений при смещении постоянным током

Другим фактором, влияющим на свойства фильтра, является рабочая температура для рассматриваемого варианта применения. Например, ёмкость керамики X7R изменяется на 15% в заданном диапазоне температур $-55...+125^{\circ}\text{C}$. Длительная эксплуатация вызывает старение материала (термически обратимый процесс конструкционного смещения), что также приводит к снижению ёмкости. Кроме того, оптимальным будет

рассмотрение фильтра как неидеального устройства и проведение оценок с точки зрения «наихудшего варианта». LTSpice предлагает для этого различные инструменты, включая метод Монте-Карло.

ЛИТЕРАТУРА

1. Nadler A. Impact of the layout, components, and filters on the EMC of modern DC/DC switching controllers. Application Note.
2. www.we-online.com/redexpert



Электроника Транспорт 2019

14-16 МАЯ / МОСКВА / КВЦ «СОКОЛЬНИКИ»

13-я специализированная выставка электроники и информационных технологий для пассажирского транспорта и транспортной инфраструктуры

Поезд прибывает через:
Train arrives after:

00 Min. 37 Sec.

← Станция

WWW.E-TRANSPORT.RU

Реклама

Бесперебойное питание инженерных систем

Павел Пономарёв (ru.ccc@schneider-electric.com)

При проектировании современных бизнес-центров, заводов, спортивных сооружений, аэропортов и прочих объектов промышленного и гражданского назначения большое внимание отводится обеспечению бесперебойной работы различных подсистем, функционирование которых критично для данного типа объекта. В статье рассматриваются различные подсистемы, нуждающиеся в обеспечении бесперебойным питанием, а также приводится обзор нового источника бесперебойного питания небольших мощностей, который подходит для решения данной задачи.

На сегодняшний день необходимость в защите нагрузки с помощью источника бесперебойного питания (ИБП) является очевидным фактом: электропитание в сети не всегда стабильно и каждый хотя бы раз сталкивался с неприятными последствиями проблем в сети электропитания – на работе или дома. При этом если для домашнего применения выбор ИБП огромен, то для защиты нагрузок средних мощностей сделать правильный выбор сложнее, и цена ошибки при подборе оборудования выше. Есть несколько критериев, по которым заказчик обычно выбирает ИБП, ключевыми из которых являются три:

1. Тип нагрузки и её мощность.
2. Необходимое время автономной работы.
3. Цена решения.

Если говорить о типах нагрузки, то, пожалуй, всё, что требует защиты, можно условно разделить на 2 большие группы – IT- и не IT-нагрузку (non-IT). Под IT-нагрузкой понимаются серверные комнаты и центры обработки данных с расположенными в них серверами, системами хранения данных и телекоммуникационным оборудованием. Защите и правилам построения таких систем посвящено множество различных тематических журналов и статей, поэтому останавливаться на них подробнее не имеет смысла. Гораздо интереснее вторая группа, куда входит всё остальное оборудование, которое может быть подключено к ИБП. Это относительно большой сегмент, и сейчас в России наблюдается повышенный интерес к обеспечению защиты в этой области.

Что же именно в этом сегменте требуется бесперебойного питания? Ответ на этот вопрос зависит от того, для како-

го объекта планируется внедрение системы бесперебойного электропитания, насколько простой или остановка защищаемых систем критична для бизнеса компании и безопасности объекта в целом. Это ключевой момент необходимости внедрения ИБП: если простой подсистемы объекта не влияет на безопасность или бизнес компании негативным образом, то, вероятно, и защита ему не нужна. Очевидно, что в этом случае предложение любой защиты со стороны поставщиков будет обречено на неудачу – даже очень дешёвое решение окажется для заказчика дорогим, т.к. он не сможет обосновать для себя необходимость его внедрения. В связи с этим следует понять, в каких сферах применение ИБП будет финансово обоснованным.

Прежде всего, это объекты гражданского строительства, к которым можно отнести бизнес-центры, стадионы и магазины, аэропорты. Всем этим объектам требуется защита систем видеонаблюдения, аварийного оповещения и эвакуации, обычного освещения. Последнее особенно часто требует защиты на стадионах, где, в зависимости от их размеров, мощность освещения может достигать сотен киловатт. Подчас также обеспечивают бесперебойным питанием лифты и траволаторы – конечно, на небольшое время (в целях оптимизации бюджета), пока не запустится резервный генератор. В магазинах и аэропортах нелишним будет обеспечить защиту питания для различных табло, касс, рамок безопасности, а также систем выдачи багажа, освещения взлётно-посадочных полос и систем управления воздушным движением.

Разумеется, при выборе ИБП для вышеперечисленных систем, как и при

выборе ИБП в целом, важно понимать характеристики потребления нагрузки: если она имеет стартовые токи, например как любой электромотор или компрессор, то ИБП должен обеспечить нормальный пуск этой нагрузки. Этого можно достигнуть или переразмериванием номинала ИБП для спокойной эксплуатации при частых пусках, или опираясь на возможность любого ИБП выдавать больше номинальной мощности на свой выход, работу в режиме перегрузки в течение ограниченного времени при редких однократных пусках системы. Ещё одним из вариантов решения данной проблемы является оснащение электромоторов системами плавного пуска, что гораздо выгоднее переразмеривания номинала ИБП. Обратная ситуация возникает, когда нагрузка при торможении выдаёт энергию обратно в сеть (к примеру, существуют лифты с рекуперацией энергии). К ИБП подобные системы напрямую подключать нельзя – необходимо использовать дополнительные аксессуары, которые избавляются от этой энергии (обычно выделяя её в виде тепла на ТЭН).

Если говорить о промышленных нагрузках, практически в любом промышленном производстве существуют системы непрерывного действия, остановка которых по причинам перебоев электроэнергии недопустима даже на короткое время. Это может не только привести к финансовым потерям, но и подвергнуть опасности персонал завода, а иногда и близлежащих населённых пунктов. Каждый завод имеет в своём составе множество подсистем, нуждающихся в защите электропитания. Некоторые из них расположены в «чистых» помещениях и обслуживаются IT-специалистами, другие же могут быть размещены в помещении рядом с промышленной нагрузкой, где к ИБП выдвигаются особые требования по ряду параметров: устойчивость работы при повышенных температурах, сейсмоустойчивость, защита от пыли и взвесей и т.д.

Для каждого типа нагрузок применим свой вариант решений, обеспечивающих бесперебойную защиту и подходящих под индивидуальные требования заказчика. Количество типов раз-

личных нагрузок на заводе огромно и зависит от специализации завода, начиная от защиты различных станков (например лазерной раскройки металла, станков с ЧПУ, краскопультов, манипуляторов, конвейерных лент), силового оборудования (погружные насосы и компрессоры, реакторы процессов, системы подготовки газов и жидкостей), установок АСУ ТП для критических и производственных процессов (включая комнаты управления операторов, системы контроля и измерения, в т.ч. удалённые панели операторов, промышленные контроллеры и т.д.).

Специфика заводов может предъявлять дополнительные требования к самим ИБП по пылезащите, сейсмо- и вибростойкости, температурным параметрам. Используя решения герметических климатических шкафов SmartBunker, можно удовлетворить большинство требований и использовать на таких объектах ИБП, которые чаще устанавливаются там, где особые требования к защите от окружающей среды отсутствуют.

Речь идёт о новой серии ИБП Easy UPS 3S компании Schneider Electric мощностью от 10 до 40 кВ·А (см. рис.). Данная серия была выпущена в первую очередь для проектов, где экономия капитальных расходов важнее снижения расходов операционных, и основана на пожеланиях, высказанных по результатам эксплуатации предыдущей серии Galaxy 300. При более выгодном (на 10–20%) решении по цене новые ИБП имеют единичный коэффициент мощности по выходу, что позволяет, к примеру, к ИБП на 40 кВ·А подключить 40 кВт активной нагрузки. Для обеспечения длительного времени автономии, подчас необходимого для некоторых



Серия ИБП Easy UPS 3S от Schneider Electric

подсистем, а точнее более быстрого заряда батарей, ИБП снабжён усиленным зарядным устройством, которое в два раза мощнее, чем у Galaxy 300 и иных ИБП данного сегмента. Устройство имеет вариант исполнения как со встроенными модульными батареями на время автономной работы до 30 мин, так и с отдельными традиционными, которые могут размещаться в шкафах или на стеллажах. Для удобства проведения приёмо-сдаточного тестирования ИБП имеет функцию нагрузочного тестирования SPoT, которая позволяет проверить ИБП под нагрузкой, не подключая её, что достигается особым алгоритмом работы инвертора (в режиме источника тока с подачей выходной мощности на вход ИБП) и минимальным, только на компенсацию потерь на КПД, потреблением ИБП из сети в этом режиме. КПД ИБП в режиме двойного преобразования составляет 95,5% при

типичном уровне нагрузки, что позволяет дополнительно экономить электроэнергию по сравнению с ИБП Galaxy 300. Easy UPS 3S имеет перегрузочную способность выше предшественника и характерную для более дорогих систем: 125% в течение 10 мин, 150% в течение 1 мин, что позволяет подключать к нему нагрузку со стартовыми токами. Для интеграции в системы диспетчеризации ИБП снабжён сухими контактами и интерфейсом Modbus-RTU. В случае использования систем диспетчеризации, более близких к ИТ-системам, ИБП можно укомплектовать дополнительной сетевой картой.

Подводя итог, можно отметить, что новые ИБП Easy UPS 3S сделали несколько шагов вперёд в техническом плане по сравнению с предшественником и продолжили обновление продуктовой линейки трёхфазных ИБП компании Schneider Electric.



НОВОСТИ МИРА

В России предложен новый метод создания встраиваемых микротермометров

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» сообщил о том, что российские специалисты предложили новую технологию создания интегрируемых микротермометров.

Учёным удалось показать, что для измерения температуры можно использовать микропровода на основе магнитных аморфных металлов. Выяснилось, что такие изделия позволяют регистрировать из-

менения температуры с довольно высокой точностью.

Аморфные металлы – сплавы, получаемые путём очень быстрого охлаждения расплавов металлов. Большая скорость охлаждения не позволяет атомам образовывать кристаллические зёрна и упорядочиваться, из-за чего подобные материалы сильно отличаются по своим свойствам от обычных сплавов.

Исследователи НИТУ «МИСиС» экспериментировали с микропроводами из аморфного сплава кобальта, железа, никеля, бора и кремния. Оказалось, что импеданс (ком-

плексное сопротивление) таких изделий очень чувствителен к колебаниям температуры. В частности, для названного материала температуру можно точно измерять в диапазоне +20...+100°C.

Предполагается, что микротермометры на основе магнитных аморфных металлов найдут применение в промышленности, медицине и других областях. Такие решения, к примеру, могли бы использоваться для отслеживания состояния различных конструкций, имплантов и пр. Подробнее о работе можно узнать на сайте университета.

Пресс-служба НИТУ «МИСиС»

Современные щитовые измерительные приборы

Иван Подъяпольский (ipodyapolskiy@yahoo.com)

В статье рассказывается о цифровых электроизмерительных щитовых приборах, пришедших на смену устаревающему аналоговому оборудованию со стрелочной индикацией. На примере продукции компании Lumel S.A. показаны возможности и особенности новых устройств.

В условиях стремительного развития автоматизации производства непрерывно растёт потребность в проведении измерений и контроля измеряемых величин. При модернизации имеющихся и создании новых систем распределения электроэнергии встраиваемые щитовые средства измерения, индикации и контроля являются одними из ключевых компонентов. К сожалению, продукция отечественных производителей измерительной техники не всегда является конкурентоспособной в данной области, уступая зарубежным моделям в цене, функциональности и точности. При этом нельзя не отметить, что российское электроизмерительное приборостроение развивается весьма динамично и уверенно выходит на достойный уровень.

Большое влияние на развитие измерительной техники оказало внедрение цифровых технологий с их главным преимуществом – высоким классом точности. Так, подавляющее большинство используемых стрелочных приборов имеют классы точности 1,5; 2,5 и 4, тогда как их цифровые аналоги обладают классами точности 0,2; 0,5, а в некоторых случаях и 0,1.

Помимо точности, к щитовому измерительному оборудованию предъявляются и другие, весьма строгие требования. В частности, конструкция щитового

измерительного оборудования должна предусматривать возможность крепления, допускающего установку приборов на щит или панель. Кроме того, конструкция корпуса приборов должна допускать эксплуатацию в различных неблагоприятных внешних условиях.

Первые образцы цифровых щитовых электроизмерительных приборов, появившиеся в России, были родом из Азии и Европы. Как правило, данные устройства не вносились в Госреестр СИ, и на щиты это оборудование устанавливалось в единичных случаях и только для выполнения предварительных испытаний. Эти модели обладали фиксированным диапазоном измерения и возможностью отображения показаний. Вскоре начали выпускаться приборы с возможностью перепрограммирования коэффициентов трансформации, с регулировкой яркости, возможностью настройки с лицевой панели без применения внешнего компьютера. Одновременно с этим появились СИ с цифровым интерфейсом RS-485, позволяющим передавать информацию об измерениях в цифровом виде по открытому протоколу Modbus. Когда же на рынке появились изделия с аналоговым выходом, стало понятно, что такой прибор заменяет сразу два: стрелочный индикатор и преобразователь в аналоговый сигнал – аналоговый датчик телемеханики.

Дальнейшее развитие цифровых встраиваемых приборов для электро-распределительных систем привело к созданию многофункционального оборудования, совмещающего в себе целый ряд функций: показывающего прибора, аналогового преобразователя тока, напряжения и мощности в универсальный сигнал постоянного тока, устройства для передачи телеизмерений (ТИ), телесигнализации (ТС) и телеуправления (ТУ). Таким образом, цифровой измерительный прибор стал полноценным контроллером ячейки электрической подстанции, передающим телеин-

формацию на верхний диспетчерский уровень в стандартных протоколах связи МЭК 870-5-101/104, Modbus RTU/TCP.

Польская компания Lumel S.A. является одним из ведущих мировых производителей контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации. Компания предлагает широкий ассортимент оборудования и комплексных решений для самых разных отраслей промышленности. Особое место в линейке приборов Lumel занимает встраиваемое оборудование для устройств распределения энергии, систем анализа и оптимизации управления электрическими сетями и систем коррекции коэффициента мощности.

Наряду с крупнейшими мировыми электротехническими и энергетическими концернами российские производители широко используют продукцию Lumel уже на протяжении многих лет. Большинство приборов компании сертифицированы в РФ и внесены в Госреестр СИ.

В настоящий момент Lumel производит следующие типы цифровых щитовых приборов:

- приборы для измерения постоянного и переменного напряжения, тока, сопротивления, температуры с программируемой шкалой;
- приборы для измерения постоянного и переменного напряжения, тока, сопротивления, температуры с программируемой шкалой и допусковым контролем;
- приборы для измерения частоты;
- шунты;
- трансформаторы тока;
- преобразователи постоянного и переменного напряжения, тока, частоты, мощности.

Компанией выпускаются 3- и 4-разрядные щитовые приборы, а также 8-разрядные частотомеры. Некоторые модели оснащены встроенным микропроцессором и выходами для подключения к компьютеру с целью дальнейшей обработки результатов измерений. Отображение информации по желанию заказчика может быть реализовано на светодиодных индикаторах красного или зелёного цвета.

Многофункциональный цифровой анализатор параметров электрической сети Lumel ND20 хорошо зарекомендовал себя и выпускался компанией на про-



Рис. 1. Многофункциональный измеритель параметров электрической сети ND22

тяжении 8 лет. В 2018 году была представлена новая модель – ND22 (см. рис. 1). Новый анализатор выпускается в одно- и трёхфазном исполнении и обладает следующими характеристиками:

- цветной сенсорный ЖК-дисплей 3,5" с разрешением 320×240 пикселей;
- отображение информации посредством цифровых индикаторов, векторной диаграммы, формы сигнала;
- измерение RMS до 15-й гармоники;
- программируемые коэффициенты РТ/СТ;
- тип сети: трёхфазный (3 или 4 провода) или однофазный;
- программируемые диапазоны входных токов 1 или 5 А;
- индикатор изменения фазы;
- точность $\pm 0,5\%$ от диапазона для напряжения, тока, активной мощности, активной энергии.

Данные приборы предназначены для измерения электрических параметров в сетях переменного тока с отображением результатов измерения в цифровой форме, их передачи по цифровым интерфейсам, аналогового преобразования параметров электрической сети в унифицированные сигналы постоянного тока и

напряжения. Анализаторы могут быть использованы на предприятиях электроэнергетики и в других отраслях промышленности и коммунального хозяйства. Наличие цифрового интерфейса RS-485, дискретных входов, релейных и аналоговых выходов позволяет использовать приборы в автоматизированных системах различного назначения.

Другой интересной новинкой является серия программируемых цифровых измерительных приборов N30, пришедшая на смену ранее выпускаемым сериям N11 и N12. В серию N30 входят следующие приборы:

- N30P (см. рис. 2) – измеритель параметров однофазной электрической цепи;
- N30U – измеритель сигналов от стандартных датчиков температуры и других стандартных аналоговых сигналов постоянного тока и напряжения;
- N30H – программируемый измеритель постоянного тока и напряжения;
- N30O – измеритель числа импульсов, частоты, периода, времени наработки и данных с энкодера (числа оборотов и скорости вращения).

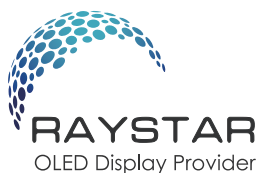
Все приборы данной серии имеют общее конструктивное исполнение



Рис. 2. Измеритель параметров однофазной сети N30P

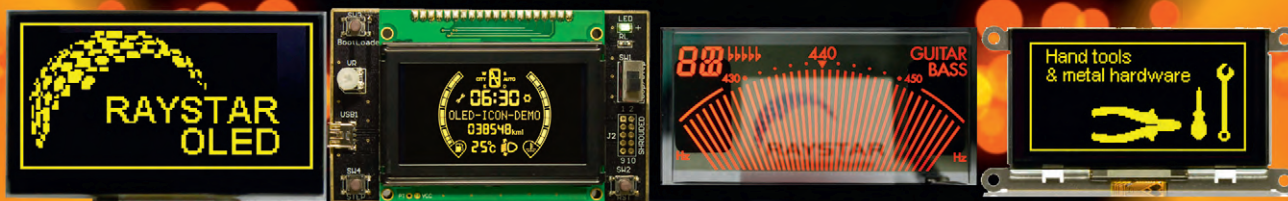
для монтажа в щит и влагозащищённость класса IP65.

Цифровые измерительные приборы нашли широкое применение в промышленности и активно вытесняют с рынка стрелочные. Наличие цифровых интерфейсов позволяет использовать их в качестве универсальных средств измерений с функциями передачи и визуализации данных. Учитывая тенденцию развития рынка электронных устройств, в ближайшей перспективе можно ожидать снижения стоимости цифровой продукции, а также значительного увеличения доли цифровых устройств в общем количестве эксплуатируемых средств измерения электрических величин. ©



Лучшая замена ЖК-панелям

OLED-дисплей Raystar



Специсполнение по ТЗ заказчика

Прозрачные модели

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

Характеристики

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

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

ProCHIP
POWERED BY ProSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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



Рис. 2

Методы создания сигналов произвольной формы без программирования

Артур Рахматуллин (tmo_russia@keysight.com)

Создавать сигналы произвольной формы с помощью современного генератора сигналов стандартной формы или генератора сигналов произвольной формы проще, чем кажется. Многие инженеры любой ценой стараются обойти процедуру создания таких сигналов. Любое упоминание о них вызывает ассоциации с утомительным изучением процедур с использованием специального ПО и необходимостью применения программ для создания сигналов определённой формы с последующим удалённым подключением к генератору сигналов произвольной формы для загрузки в него данных. Современные генераторы позволяют создавать сигналы нужной формы без особых сложностей.

Рассмотрим два простых примера создания сигнала произвольной формы и его передачи на генератор сигналов произвольной формы (AWG):

1. Создание нового сигнала произвольной формы с помощью Excel с последующей его передачей на AWG.
2. Запись сигнала с помощью осциллографа с последующей его передачей на AWG.

В обоих примерах используются два общих элемента – карта памяти USB и формат файлов с разделением запятыми (Comma Separated Value, CSV).

Создание сигнала произвольной формы в Excel с последующей его передачей на AWG

Для создания новых сигналов произвольной формы большинство инженеров используют либо инженерные программные среды, такие как Matlab, LabVIEW или VEE, либо специализированные программные пакеты сигналов произвольной формы, которые могут

быть как бесплатными, так и платными. Бесспорно, это прекрасные инструменты, однако при отсутствии потребности в их регулярном использовании подобное решение может быть связано со значительными затратами денег и времени. Альтернативным вариантом, который упускают из вида большинство специалистов, является программа Excel. Данный табличный редактор может служить мощным средством для создания новых сигналов произвольной формы, ведь он предоставляет расширенные встроенные математические функции, может работать с большими объёмами данных (точек сигнала) и уже установлен на большинстве компьютеров. Однако здесь возникает закономерный вопрос о передаче данных сигнала из Excel на генератор сигналов произвольной формы. У Excel и современных генераторов сигналов произвольной формы имеется общий формат файлов – CSV. В Excel можно открывать файлы формата CSV, а таблицы Excel можно

сохранять в этом формате. Современные генераторы сигналов произвольной формы могут читать файлы формата CSV и генерировать сигналы на их основе. Для загрузки данных в формате CSV в генератор сигналов произвольной формы достаточно передать соответствующий файл с ПК на переднюю панель генератора и загрузить его в память сигналов.

Рассмотрим пример. В Excel создан сигнал произвольной формы, состоящий из основного синусоидального сигнала, сигнала шума на третьей гармонике и случайного шума. На рисунке 1 представлена таблица Excel с этим сигналом. На экране отображается результирующий сигнал, а красной рамкой отмечена область с функциями, используемыми для его создания.

Затем таблицу Excel нужно сохранить в файле формата CSV. Наконец, с помощью карты памяти USB этот файл загружается в генератор сигналов произвольной формы. По этим данным генератор воссоздаёт сигнал, который отображается на экране осциллографа (см. рис. 2).

Как видно из этого примера, Excel предлагает простой и не требующий дополнительных затрат способ создания сигналов произвольной формы, а файловый формат CSV даёт возможность легко переносить данные на AWG. Если для создания сигналов произвольной формы предпочтительнее использовать определённую программную среду или требуется применение более сложных математических функций, отсутствующих в Excel, мож-

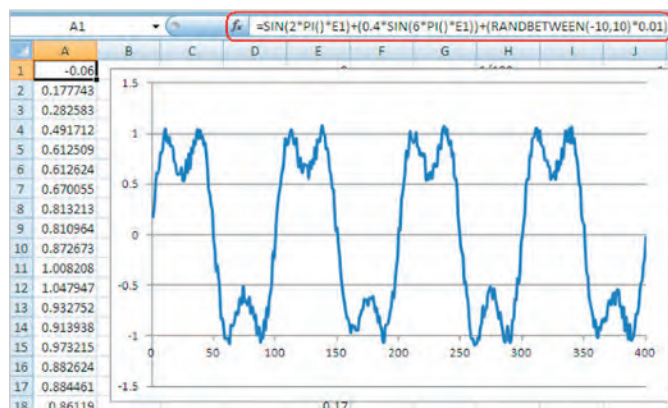


Рис. 1. Сигнал произвольной формы в Excel

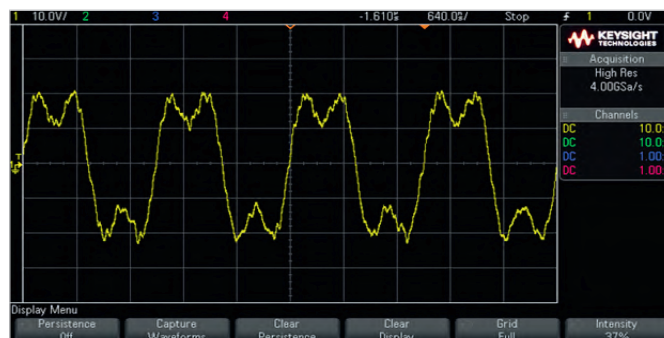


Рис. 2. Сигнал произвольной формы, созданный с помощью генератора 33600A Trueform и отображаемый на экране осциллографа InfiniiVision серии 2000X

но также обойтись без создания удалённого подключения и программирования генератора сигналов произвольной формы. В большинстве программных сред, таких как Matlab и LabView, имеются интерфейсы API для создания и чтения файлов CSV. Достаточно создать сигнал нужной формы в имеющейся программе, сохранить его данные в файл CSV и передать их по сети на AWG.

Запись сигнала на осциллограф с последующей его передачей на AWG

Во втором примере сигнал оцифровывается и записывается с помощью осциллографа и эти данные передаются на генератор сигналов произвольной формы. Ранее для этого обычно использовались специальные программные пакеты для работы с сигналами произвольной формы, позволяющие создать удалённое подключение к осциллографу, записать оцифрованный сигнал и подключиться к AWG для воссоздания нужного сигнала. Современные осциллографы упрощают эту процедуру. В рассматриваемом примере для записи слова данных сигнала Mil-Std-1553 использовался осциллограф смешанных сигналов серии 3000X компании Keysight (модель MSOX3054A). Записанный сигнал представлен на рисунке 3.

В нижней части рисунка синей рамкой выделен тип сигнала Mil-Std-1553 5F67, который представляет собой шестнадцатеричное декодированное значение слова данных. В данном примере также используется генератор сигналов произвольной формы серии 33600A. Процедура записи сигнала на осциллограф с последующей его загрузкой в генератор сигналов произвольной формы включает следующие шаги:

1. Установка карты памяти USB в разъём на передней панели осциллографа.
2. Сохранение оцифрованного сигнала на карту памяти USB в виде файла формата CSV.
3. Перенос данных на карте памяти USB с осциллографа на переднюю панель генератора сигналов произвольной формы.
4. Импорт файла формата CSV в память генератора сигналов произвольной формы.

Для тестирования приёмника сигнал произвольной формы Mil-Std-1553

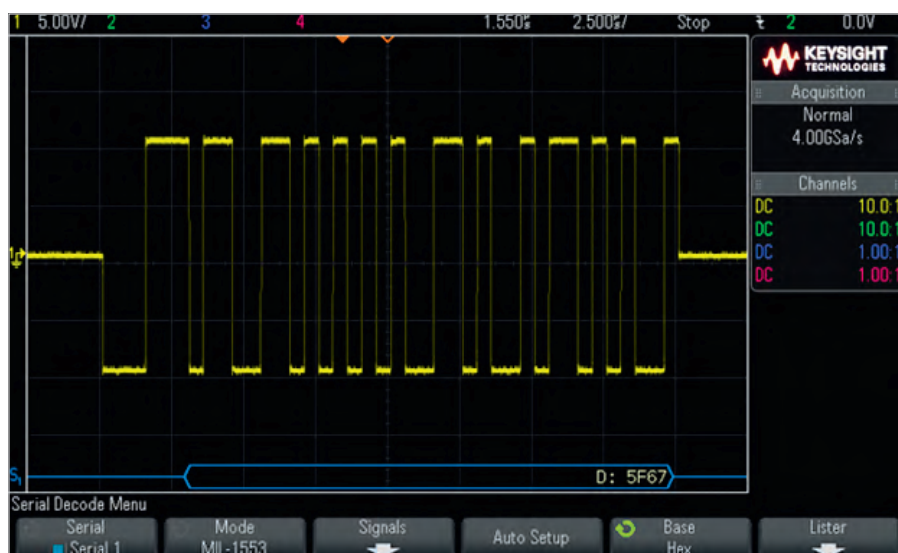


Рис. 3. Сигнал слова данных Mil-Std-1553 на экране осциллографа

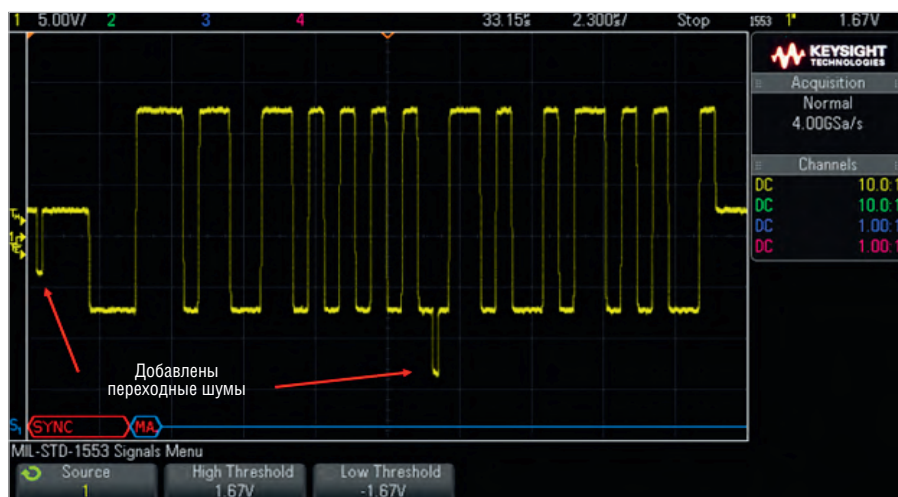


Рис. 4. Осциллограмма сигнала слова данных при модуляции сигнала произвольной формы Mil-Std-1553 импульсами низкой частоты для моделирования связанных переходных шумов

с генератора сигналов произвольной формы серии 33600A был промодулирован импульсами низкой частоты для моделирования связанных переходных шумов в сигнальном тракте. На рисунке 4 представлен модулированный сигнал произвольной формы.

Смоделированные переходные шумов видны в начале и середине осциллограммы сигнала произвольной формы. Символы в рамках красного и синего цвета в нижней части экрана означают, что приёмник не может декодировать сигнал слова данных из-за переходных шумов.

Два приведённых примера помогут приступить к созданию собственных сигналов произвольной формы с передачей их данных на AWG. Для более эффективного тестирования также можно создавать сигналы произвольной формы и автоматически загружать их в AWG с помощью ПО BenchVue.

Создание сигналов произвольной формы в ПО BenchVue

BenchVue – это программная платформа для ПК, позволяющая легко выполнять подключение оборудования, запись и наблюдение за результатами измерений, выполняемых с помощью различных измерительных приборов, без программирования. Функциональность Plug-and-Play позволяет подключать имеющиеся приборы к ПК и немедленно приступать к контролю их показаний в ПО BenchVue. Приложение TestFlow ПО BenchVue предоставляет удобный способ создания специальных последовательностей тестирования с помощью интерфейса с перетаскиванием мышью объектов на экране.

При запуске ПО BenchVue и подключении ПК к генератору сигналов произвольной формы на экране появля-



Рис. 5. Приложение Function Generator ПО BenchVue

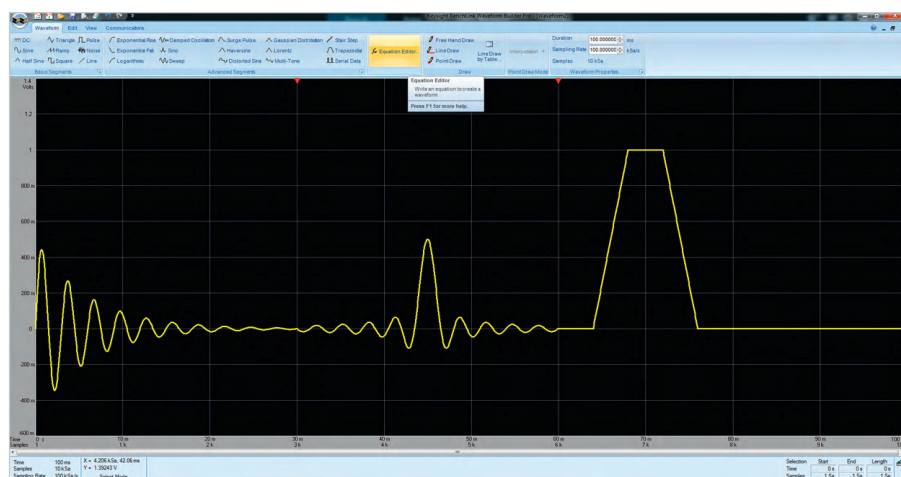


Рис. 6. Окно Waveform Builder Keysight 33503A



Рис. 7. Редактор функций в приложении Waveform Builder

ется окно графического управления этим генератором, как показано на рисунке 5. С помощью графического интерфейса пользователя можно легко выбрать такие сигналы, как синусоид

и сигнал прямоугольной формы, перепад, импульс, сигнал треугольной формы, шум, псевдослучайная двоичная последовательность и постоянный ток с нужными параметрами.

Для создания сигнала произвольной формы в ПО BenchVue нужно нажать кнопку *Create Arb* («Создать сигнал произвольной формы»). Затем имеющийся сигнал можно загрузить с ПК или AWG. Также можно создать новый сигнал произвольной формы с помощью редактора формы сигнала.

При нажатии кнопки *Create Arb* откроется окно редактирования *Waveform Builder* («Конструктор формы сигнала»), как показано на рисунке 6. Конструктор позволяет создавать сигналы как стандартной, так и сложной формы и даже рисовать мышью на экране сигналы специальной формы.

При желании для создания сигналов нужной формы можно также воспользоваться функцией *Equation Editor* («Редактор функций») (см. рис. 7). Для создания математического выражения достаточно выбрать нужные функции и операторы, а затем выполнить оценку и предварительный просмотр в графическом формате полученной формулы перед её загрузкой в генератор сигналов произвольной формы.

Одним из преимуществ работы с сигналами произвольной формы в ПО BenchVue является возможность создания последовательностей сигналов различной формы, которая позволяет установить порядок сигналов определённой формы и задать повтор фрагментов нужное количество раз. Процесс передачи данных созданного сигнала произвольной формы также достаточно прост. Создавать файл формата CSV и передавать его на генератор сигналов произвольной формы вручную не требуется – необходимые данные передаются с помощью ПО BenchVue несколькими кликами мыши.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При использовании современных AWG генерировать сигналы произвольной формы достаточно просто. Для быстрого создания таких сигналов можно воспользоваться программой Excel. Если требуется воссоздать или изменить уже существующий сигнал, его можно записать и сохранить с помощью осциллографа, а затем посредством карты флеш-памяти полученный файл формата CSV можно загрузить в генератор сигналов произвольной формы без необходимости в каком-либо программировании.

Если требуется регулярно генерировать сигналы произвольной формы или использовать более широкие функции создания сигналов, можно воспользоваться ПО BenchVue.





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

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

Часть 1

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

Цифровые сигналы в манчестерском и NRZ-коде с параметрами, определяемыми разработчиками оборудования, не относящиеся к широко распространённым стандартам, часто используются в устройствах на базе микроконтроллеров. В первой части статьи показана возможность анализа таких сигналов с использованием программных опций, в частности, реализованных на базе осциллографов компании Rohde&Schwarz серии RTE.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в активном использовании находится большое количество стандартных протоколов, предназначенных для передачи данных в цифровом формате. Унификация стандартов обеспечивает техническую совместимость и взаимозаменяемость электронных блоков, а также модернизацию и наращивание функциональности технических средств. В качестве примеров можно привести получивший глобальное распространение стандарт передачи данных USB 2.0 [1], широко применяемые в авиационной электронике стандарты MIL-1553 [2] и Arinc-428 [3]. Большинство стандартов цифровой передачи данных предполагают возможность построения сетей, объединяющих передающее и несколько приёмных устройств, а также передачу данных путём группировки бит в пакеты, построенные по заданному принципу.

Несмотря на различия подходов к организации передачи данных, все цифровые стандарты используют двоичную систему исчисления для присвоения значений битам, которые могут кодироваться как при помощи потенциальных уровней (потенциальная логика), так и при помощи фронтов и спадов (динамическая логика). Названные типы кодирования универсальны и могут использоваться принципиально для любых цифровых интерфейсов.

Несомненным достоинством широко внедрённых стандартов цифровой передачи данных является их реализация в виде аппаратных модулей микро-

контроллеров некоторых типов, что устраняет необходимость программной реализации алгоритмов функционирования соответствующих интерфейсов, в особенности с учётом их сложности [1]. Такая поддержка позволяет производителям существенно расширить область применения микроконтроллеров и упрощает разработку электронных устройств.

Как следует из изложенного, к настоящему времени внедрение стандартных цифровых интерфейсов оказалось весьма широким. Однако это не означает, что их использование – единственный выход для разработчиков электронных устройств. В ходе программирования микроконтроллеров часто возникает потребность в передаче и приёме небольших объёмов информации в синхронном либо асинхронном режиме. Уровни таких сигналов обуславливаются типом логики микроконтроллера и напряжением электропитания, а кодирование может осуществляться в потенциальном, динамическом либо смешанном режиме, при этом битовая скорость будет ограничена возможностями микроконтроллера.

Таким образом, универсальность структуры цифровых сигналов позволяет разработчикам реализовывать собственные протоколы передачи данных либо элементарные битовые последовательности. При этом целесообразно использовать:

- для потенциальной логики – принципы NRZ-кодирования (No Return to Zero), при этом отдельные биты

кодируются разными уровнями напряжения;

- для динамической логики – принципы манчестерского кодирования, при этом элементы битовой последовательности кодируются фронтами и спадами в составе цифрового сигнала.

Пользовательские стандарты передачи данных обладают высокой гибкостью и простотой программной реализации в сравнении со стандартизованными протоколами, и потому ими не следует пренебрегать в инженерной практике. Однако здесь возникает вопрос о средствах измерений, функциональность которых позволяет выполнить отладку устройств с пользовательскими стандартами передачи данных.

ОСОБЕННОСТИ МАНЧЕСТЕРСКОГО И NRZ-КОДИРОВАНИЯ

Манчестерское кодирование предусматривает перевод информационной последовательности в код с использованием тактирования и принципов работы динамической логики (см. рис. 1). Сигнал в манчестерском коде может быть как однополярным, так и двухполярным, причём последний вариант предпочтительнее, поскольку статистически не содержит постоянной составляющей. Основой кодирования служит операция «исключающее ИЛИ». В коде Manchester логическая единица передаётся импульсным переходом от высокого уровня к низкому, логический ноль – за счёт обратного перехода в середине интервала передачи бита. Стандарт [4] определил код Manchester II, для которого используется противоположный принцип кодирования. Синхронизация осуществляется за счёт частых переходов между высоким и низким уровнями напряжения, что помогает поддерживать стабильную тактовую частоту при обработке битовой последовательности.

Иногда используется и дифференциальное манчестерское кодирование.

ние. Суть его состоит в том, что логический ноль кодируется изменением состояния в начале значащего интервала, а логическая единица – сохранением предыдущего уровня. Для синхронизации смена уровней сигнала осуществляется каждый раз в середине битового интервала (см. рис. 1).

Манчестерское кодирование используется в таких протоколах, как ProfiBus [5], DALI (Digital Addressable Lighting Interface [6, 7]), MVB (Multifunction Vehicle Bus [8]) и Ethernet 10BASE-T [4].

Основными достоинствами манчестерского кода являются:

- самосинхронизация;
- элементарная аппаратная реализация кодирования;
- возможность формирования дифференциального сигнала, в котором статистически отсутствует постоянная составляющая, заряжающая распределённую ёмкость в линии передачи и увеличивающая системную задержку распространения сигналов.

Структура манчестерского кодирования отличается наличием множества переходов между фиксированными уровнями, что обеспечивает синхронизацию приёмного устройства. В тех случаях, когда скорость передачи данных может варьироваться в широких пределах и предъявляются особые требования к синхронизации, весьма часто используется RZ-кодирование (Return to Zero). Такой код является трёхуровневым и обязательно имеет нулевое состояние, переход к которому всегда осуществляется в середине передачи бита, что и обеспечивает синхронизацию приёмного и передающего устройств на каждом таком интервале. В большинстве случаев логическому нулю соответствует положительное напряжение, логической единице – отрицательное напряжение. Достоинства RZ-кода следуют из его структуры [9]. Он прост в реализации в сравнении с многоуровневыми способами кодирования, поскольку основан всего на трёх потенциальных уровнях. Сигнал в RZ-коде статистически не имеет постоянной составляющей.

У манчестерского и RZ-кода есть общий недостаток, состоящий в необходимости использования вдвое большей полосы частот, чем при передаче элементарной битовой последовательности с той же тактовой частотой. Для больших скоростей это существенно, поскольку требует использования

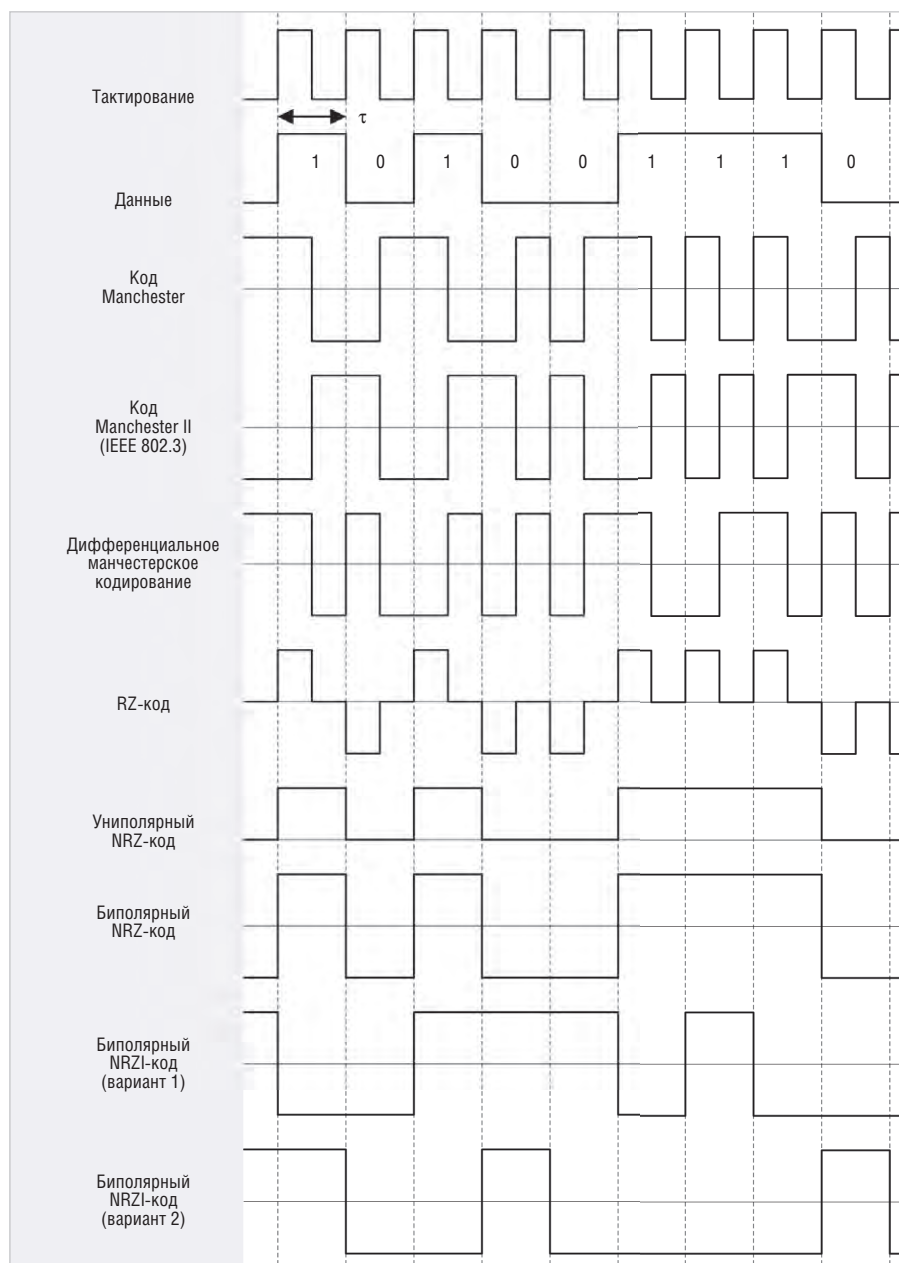


Рис. 1. Принцип формирования цифрового сигнала в манчестерском и NRZ-коде

линий передачи с малыми потерями и отрицательно сказывается на целостности сигналов. Этому недостатка лишён NRZ-код (non Return to Zero), или код без возвращения к нулю.

В данном случае по форме сигнал похож на исходную битовую последовательность (см. рис. 1). Логическому нулю соответствует низкий уровень сигнала, логической единице – высокий. Различают два вида NRZ-кода: униполярный и биполярный, причём последний применяется и при дифференциальной передаче сигналов. Структура униполярного кода характеризуется наличием постоянной составляющей, у биполярного NRZ-кода она отсутствует. Строго говоря, полноценным NRZ-кодом является только биполярный его вид.

NRZ-код не является самосинхронизирующимся, поскольку в нём не предусмотрены последовательности, по которым возможно синхронизировать приёмник с передатчиком. Для обеспечения синхронизации в последовательность специально вводят детерминированный процесс, например стартовый и стоповый биты [9], по которому происходит выравнивание тактовой частоты приёмника и передатчика. По такому принципу построены интерфейсы RS-232 [10], RS-485 [11].

На схожих принципах построено NRZI-кодирование (Non Return to Zero Invertive, код без возвращения к нулю с инвертированием), при котором само понятие логических единиц и нулей несколько размывается. Как показано на рисунке 1, существуют два вариан-



Рис. 2. Пример стартовой и завершающей последовательностей, построенных на основе четверичных символов в сочетании с манчестерским кодированием

та кодирования. Первый состоит в том, что смена уровня напряжения происходит только при передаче логической единицы, а при передаче логического нуля напряжение не меняется. Второй вариант предполагает смену уровня напряжения только при передаче логического нуля. Уменьшение количества таких переходов положительно влияет на энергопотребление.

Как и в предыдущих случаях, для NRZI-кодирования основной проблемой является синхронизация. При передаче длинных последовательностей с неизменным уровнем напряжения могут возникнуть битовые ошибки. По этой причине, например, в стандарте USB 2.0 предусмотрено обязательное включение дополнительных бит, вызывающих смену уровня напряжения, если таковые отсутствуют в подлежащей передаче информации.

Манчестерское и NRZ-кодирование могут быть сравнительно легко реализованы при использовании микроконтроллеров. Этим обосновано их использование для реализации частных алгоритмов передачи данных, которые будут отличаться широким диапазоном уровней напряжения и битовых скоростей, определяемых объемами передаваемой информации в конкретном устройстве. Формирование и обработку дифференциальных манчестерского и NRZI-кода несколько сложнее алгоритмизировать, кроме того, последний требует особых условий для достижения синхронизации.

Использование нарушений в алгоритме манчестерского кодирования

Манчестерский и NRZ-код имеют принципиально отличающуюся структуру. Если в NRZ-коде любое состояние может трактоваться с позиции передаваемой битовой последовательности, то в манчестерском с ней могут быть сопоставлены только фронты и спады, которые передаются в середине битового интервала. Следовательно, например,

состояние, когда такие переходы отсутствуют в течение более чем одного битового интервала, не трактуется как приём информации, но может быть использовано для других целей. В частности, такие нарушения могут встречаться:

- в сигнальных конструкциях, указывающих начало и конец передачи битового пакета;
- в паузах между передачей пакетов (состояние бездействия);
- в начале передачи пакета при использовании служебного фронта, переводящего сигнал к требуемому для начала передачи уровню;
- при неправильном определении битовой скорости – в особенности если она определяется автоматически.

Для описаний нарушений в структуре манчестерского кода целесообразно использовать четверичные символы, сопоставленные с некоторыми битовыми интервалами. При этом высокому уровню соответствует символ «Н», низкому – «Л». На рисунке 2 показан пример такого сопоставления. В данном случае начало и конец передачи пакета в некотором пользовательском стандарте закодированы двумя последовательностями: Н – Л – Н и Л – Л – Н соответственно. После стартовой последовательности показано поле «Адрес» длиной в 3 бита (текущее значение 0x4) и поле данных длиной 8 бит (значение 0xBB), закодированные в манчестерском коде. Определение старших бит показано условно.

Отмеченное на рисунке 2 состояние бездействия в виде низкого уровня сигнала не является единственно возможным. Если рассматривать биполярный манчестерский код, то весьма просто реализуется третье состояние, когда напряжение на выходе источника сигналов равно нулю. Более того, такое решение предпочтительнее с точки зрения энергосбережения и оптимизации быстродействия. Если формирователь сигналов имеет такое третье состояние, то именно по нему приёмник определяет переход в режим бездействия. В про-

тивном случае приёмник должен иметь счётчик состояний Н или Л для определения достижения такого режима.

Важным вопросом является определение момента времени, соответствующего началу передачи пакета. Поскольку ему обычно предшествует состояние бездействия, то для перехода к стартовой последовательности может потребоваться дополнительный перепад. В случае если стартовая последовательность отсутствует и пакет начинается сразу с обычного манчестерского кода, такой перепад используется обязательно. Ввиду этого при разработке пользовательского протокола передачи данных следует однозначно определить, является ли первый перепад в сигнале информационным или служебным.

Как видно из рисунка 2, середина стартовой последовательности Л – Н – Л может трактоваться как последовательная передача единичного и нулевого бита. Используемые алгоритмы оценки битовой скорости зачастую трактуют состояния Н и Л как снижение битовой скорости, что приводит к завышению битового интервала τ и «потере» бит в приёмном устройстве. Таким образом, правильное отслеживание приёмником состояний Н и Л возможно только при известной битовой скорости.

Особенности анализа манчестерского и NRZ-кодирования с пользовательскими характеристиками

Цифровые сигналы обычно принято анализировать во временной области. Если на основе манчестерского или NRZ-кодирования сформирован последовательный код, то для его анализа целесообразно использовать осциллографы, для параллельного кода – логические анализаторы. Пользовательские стандарты передачи данных обычно реализуют первый вариант и построены по некоторому детерминированному алгоритму. Поскольку биты, особенно при наличии в системе нескольких приёмников, обычно объединяются в машинные слова (кадры) и передаются группами, то использование осциллографии в её чистом виде нерационально по следующим причинам:

- возникают проблемы синхронизации: сигнал не является периодическим, а запуск по произвольным фронтам и спадам не позволяет отобразить осциллограммы машинных

слов (МС) точно с первого бита или с начала стартовой последовательности;

- затруднён анализ содержимого полей в машинном слове: его длина может достигать сотен бит, а наличие четверичных символов для манчестерского кода легко приводит к ошибкам в анализе структуры сигнала;
- необходим ручной пересчёт содержимого полей машинного слова в требуемую систему исчисления.

Таким образом, область применения классической осциллографии здесь ограничивается измерением электрических параметров сигналов и, при необходимости, битовой скорости. Однако её можно существенно расширить, если средство измерений имеет опцию, предназначенную для анализа сигналов с характеристиками, определёнными пользовательским стандартом передачи данных. Примером является опция R&S RTE-K50, реализованная на базе осциллографов R&S серии RTE.

Функциональные возможности опции R&S RTE-K50

Опция R&S RTE-K50 предназначена для анализа последовательных протоколов, построенных на основе кодов Manchester и Manchester II, а также NRZ-кода в вариантах с синхронизацией и без неё [12]. Опция допускает поступление декодируемых сигналов не только с аналоговых входов осциллографа, но и с логического пробника (опция R&S RTE-B1). Тактирование возможно только сигналом с аналоговых каналов. Для правильного анализа задаются значения напряжений высокого и низкого уровней из интервала $-25...+25$ В, в т.ч. для сигнала тактирования, битовой скорости, а также временного интервала, позволяющего отличать состояние бездействия от последовательностей одинаковых четверичных символов H или L (для манчестерского кодирования).

Для правильного декодирования информации в полях МС необходимо выбрать нормальный или инвертированный режимы. В нормальном режиме принцип манчестерского кодирования обоих видов соответствует представленному на рисунке 1. В случае NRZ-кодирования по умолчанию логическая единица передаётся при превышении заданного порогового уровня; кроме того, должны быть заданы уровень сигнала в состоянии бездействия,

а также вид перепада, с которого начинается информационный сигнал после периода бездействия. Для синхронизированного NRZ-кода дополнительно нужно указать характеристики сигнала синхронизации, для манчестерских кодов – несёт ли первый фронт в начале МС информацию после выхода из состояния бездействия.

Для управления декодированием машинных слов в NRZ-коде можно использовать дополнительное условие, состоящее в том, что на другом входе осциллографа на опорной или расчётной осциллограмме напряжение будет выше или ниже заданного порога. Значения для высокого и низкого уровней анализируемых сигналов могут задаваться непосредственно, а также в виде средней величины интервала напряжений для сигнала или равных по модулю и противоположных по знаку показателей, что снижает вероятность ошибок при декодировании. В случае NRZ-кода с тактированием устанавливаются одинаковые пороговые уровни для обоих сигналов.

Задание битовой скорости в опции R&S RTE-K50 реализуется в зависимости от вида кодирования, но таким образом, чтобы не возникало противоречий при обработке сигналов. Для манчестерского кодирования она может быть определена автоматически, для тактируемого NRZ-кода она определяется синхросигналом, а для NRZ-кода без тактирования битовая скорость должна быть задана обязательно. Доступное значение составляет от 300 бит/с до 50 Мбит/с. Временной интервал для идентификации состояния бездействия обязательно задаётся при NRZ-кодировании без тактирования, а также при любом типе кодирования, если используется дополнительное условие запуска.

Для выделения отдельных МС каждое из них описывается с указанием наименований и длины полей, а также порядка следования бит. Дополнительно можно указать значения для однозначно определяемых полей данных, и при соответствующих настройках по содержанию этих полей будет осуществляться идентификация типов кадров. На основе этого, как будет показано далее, можно определять наличие МС, не включённых в лексикон протокола передачи данных.

Дополнительные настройки опции R&S RTE-K50 связаны с синхронизацией для запуска развёртки по содержи-

мому МС. Для этого могут быть выбраны стартовые последовательности, а также произвольные битовые последовательности в составе МС. Такие настройки позволяют целенаправленно искать сигнальные конструкции определённого вида, что удобно использовать при большом количестве типов МС.

Как видно из представленного описания, опция R&S RTE-K50 позволяет учесть особенности манчестерского и NRZ-кода с пользовательскими настройками и сформированных на их основе машинных слов. Широкий диапазон функций позволяет перекрыть потребности разработчиков, использующих собственные протоколы передачи данных, за исключением, возможно, крайне специфических случаев.

Во второй части статьи будут приведены примеры использования этой опции для декодирования сигналов в манчестерском и NRZ-коде.

Литература

1. Universal Serial Bus Specification.
2. ГОСТ Р 52070-2003. Интерфейс магистральный последовательный системы электронных модулей. Общие требования. – М.: ИПК Стандартов, 2003. – 27 с.
3. ARINC 429 Protocol Tutorial. Aeronautical Radio, doc. No. 40100001.
4. IEEE Standard for Ethernet (802.3-2015).
5. Digital data communications for measurement and control. Fieldbus for use in industrial. Control systems. Part 2: Physical layer specification and service definition. International standard (IEC 61158).
6. AC and/or DC-supplied electronic control gear for tubular fluorescent lamps. Performance requirements. International standard (IEC 60929).
7. Digital addressable lighting interface. Part 102. General requirements. Control gear. International standard (IEC 62386).
8. Electronic railway equipment – Train communication network (TCN). Part 2-1. Wire Train Bus (WTB) International standard (IEC 61375-2-1).
9. Шувалов В.П., Захарченко Н.В. Передача дискретных сообщений: учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1990. – 464 с.
10. Гуж М.Ю. Аппаратные интерфейсы ПК. Энциклопедия. – СПб: Питер, 2002. – 528 с.
11. Парк Дж., Маккей С., Райт Э. Передача данных в системах контроля и управления: практическое руководство. – М.: Группа ИДТ, 2007. – 480 с.
12. R&S® RTE Digital Oscilloscope. User Manual. V.13 (FW 3.70).



Синхронизация частоты преобразования унифицированных модулей питания с ШИМ-контроллером внешним синхросигналом

Анатолий Миронов (mironov@aeip.ru)

В статье анализируются особенности работы импульсных преобразователей с ШИМ-контроллером в режиме синхронизации частоты внешним синхросигналом, описываются алгоритм работы и схемотехнические решения, стабилизирующие работу преобразователей.

Разработка систем вторичного электропитания (СВЭП), в которых составляющие их преобразователи работают в режиме синхронизации частоты, ведётся давно и уже без особых трудностей. Зная заранее диапазон частот синхросигнала, его форму и амплитуду, разработчик подбирает схемотехнику узлов преобразователя, при которой обеспечивается эффективная работа ключей, не возникает условий для намагничивания магнитопроводов трансформаторов и дросселей.

Реализация же СВЭП на основе унифицированных модулей питания (МП) в режиме синхронизации частоты преобразования, наоборот, сопряжена с определёнными проблемами. При разработке унифицированных рядов МП точные компоненты рассчитываются

на конкретную частоту преобразования, изменение которой чревато увеличением тока подмагничивания, потерь на перемагничивание, насыщением магнитопроводов. Доработка таких МП внесением в схему устройства синхронизации частоты преобразования ведёт к увеличению высокочастотных выбросов напряжения и динамических потерь в ключах преобразователя, снижению КПД и надёжности. Поэтому разработчики унифицированных МП не любят этого режима работы, да и вообще не любят «пускать» в свою разработку «чужие» управляющие сигналы во избежание проблем и отказов. Ведь потребитель может подать и «не тот сигнал». И если узел синхронизации всё же необходимо вводить, то его схемотехника и алгоритм работы должны обеспечивать надёжную работу МП при всех возможных сигналах на управляющих выходах. Проанализируем возможности, которые предоставляют интегральные ШИМ-контроллеры для реализации режима синхронизации частоты преобразования.

Контроллеры первого поколения вообще не имеют специального вывода для синхронизации [1]. Точку подключения этого сигнала необходимо получить искусственно добавлением в схему дополнительных электрорадиоэлементов (ЭРИ). Более «продвинутые» микросхемы уже имеют специальный вход, но также требуют дополнительных ЭРИ для реализации этого режима [1].

Современные ШИМ-контроллеры не продвинулись в этом вопросе дальше [2]. И те, и другие имеют одни и те же особенности организации режима синхронизации, а именно:

- требуют дополнительных ЭРИ для реализации необходимого формата сигнала;
- гальванически связаны с «сигнальной землёй» ШИМ-контроллера, в то время как входной синхросигнал подаётся относительно входной «силовой земли», имеющей в общем случае другой потенциал;
- частота синхронизации должна быть больше рабочей частоты ШИМ-контроллера, в противном случае работа преобразователя становится неустойчивой.

Учитывая вышеперечисленные особенности и недостатки, разработаны алгоритм работы и схемотехника узла синхронизации (УС), не только обеспечивающие надёжную работу МП, но и защищающие его от некорректных входных управляющих сигналов. Структурная схема УС показана на рисунке 1.

Преобразователь с УС работает в двух режимах:

1. Работа на собственной частоте преобразования при отсутствии корректного управляющего сигнала на входе синхронизации.
2. Работа на частоте управляющего сигнала при наличии корректного управляющего напряжения на входе синхронизации.

Под корректным сигналом понимается сигнал заданной амплитуды, формы и допустимого диапазона частот. При выполнении этих условий узел

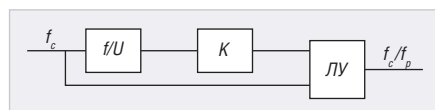


Рис. 1. Структурная схема устройства синхронизации

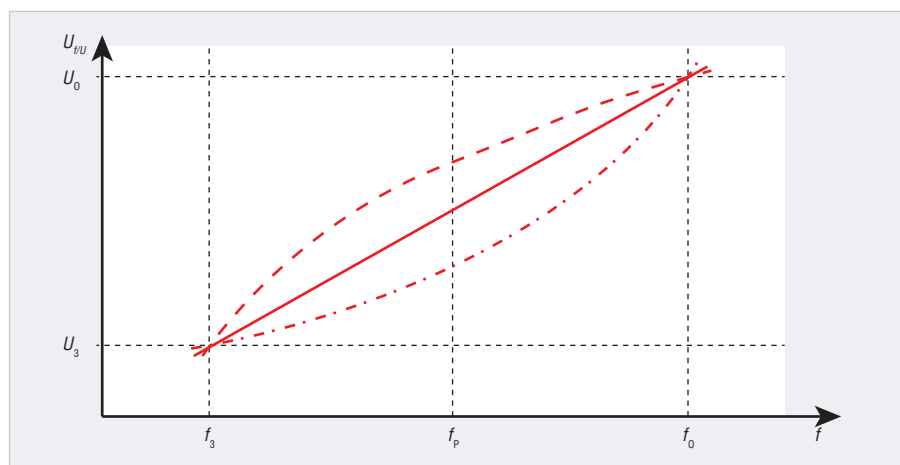


Рис. 2. Статическая передаточная характеристика преобразователя f/U

синхронизации работает следующим образом. Управляющий сигнал поступает на вход преобразователя «частота-напряжение» f/U . Статическая передаточная характеристика преобразователя f/U графически выглядит так, как показано на рисунке 2. Она может быть линейная либо нелинейная (выпуклая, вогнутая). Требование одно – она должна быть однозначная и стабильная, не изменяющая свои характеристики от температуры, напряжения питания и пр. В данном случае с увеличением частоты управляющего сигнала пропорционально увеличивается выходное постоянное напряжение преобразователя f/U . Выходное напряжение преобразователя поступает в узел компараторов K для определения частоты управляющего сигнала. Компараторы настроены на 2 значения напряжения: меньшее по значению напряжение – напряжение захвата U_3 – соответствует минимальному значению частоты f_3 допустимого диапазона внешнего синхронизирующего сигнала, большее по значению напряжение – напряжение отпускания U_0 – максимальному значению частоты f_0 допустимого диапазона сигнала.

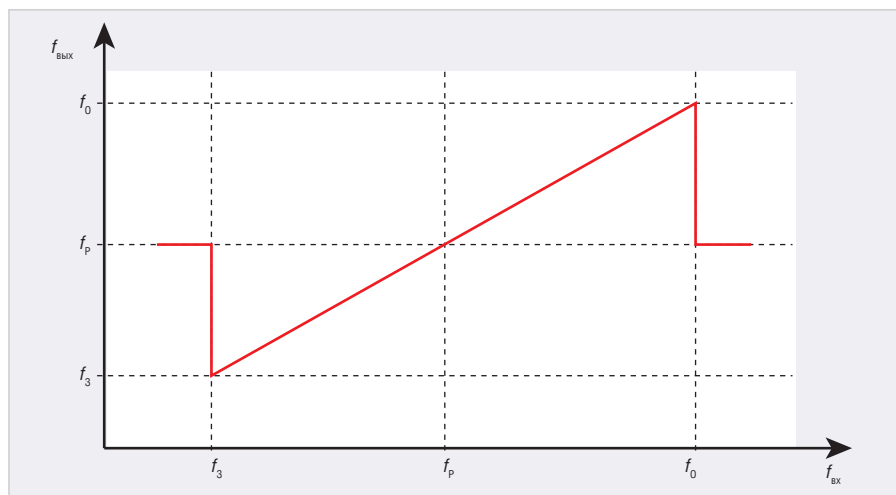


Рис. 3. Статическая передаточная характеристика УС

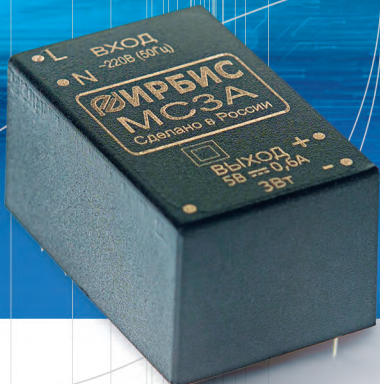
Сигналы с выходов компараторов K обрабатываются логическим устройством ЛУ, на вход которого приходит в том числе и управляющий синхросигнал. Если его частота находится в допустимом диапазоне, на выход ЛУ проходит напряжение с частотой синхронизации f_c внешнего сигнала, которое подаётся на вход синхронизации ШИМ-компаратора. Если частота синхронизирующего сигнала находится вне допустимого диа-

пазона, выход ЛУ блокируется и ШИМ-компаратор работает на собственной рабочей частоте преобразователя f_p , находящейся примерно в середине диапазона f_3-f_0 . Описанный алгоритм гарантирует работу преобразователя в ограниченном, разрешённом разработчиком, «корректном» диапазоне частот. Результирующая статическая передаточная характеристика УС с учётом описанного алгоритма работы ЛУ представлена на рисунке 3.



ММП-ИРБИС

25
ЛЕТ
НА РЫНКЕ



AC/DC модули питания МСЗ

для монтажа на печатную плату

3 Вт

- Низкие пульсации выходного напряжения
- Высокая надежность и срок службы
- Стандартный footprint
- Двойная изоляция между входом и выходом

Области применения:

- Телекоммуникационное оборудование и периферийные устройства ПК
- Промышленное, лабораторное и измерительное оборудование
- «Дежурное» питание в различных устройствах

АО «ММП-Ирбис»

111024, Москва, Андроновское шоссе, 26
Тел./ факс: +7 (495) 987-10-16 / main@mmp-irbis.ru

www.mmp-irbis.ru

Реклама

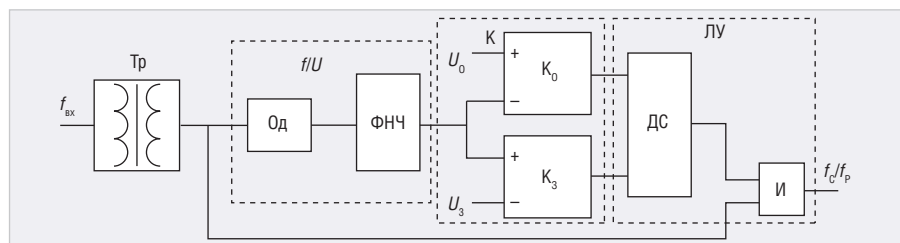


Рис. 4. Функциональная схема УС

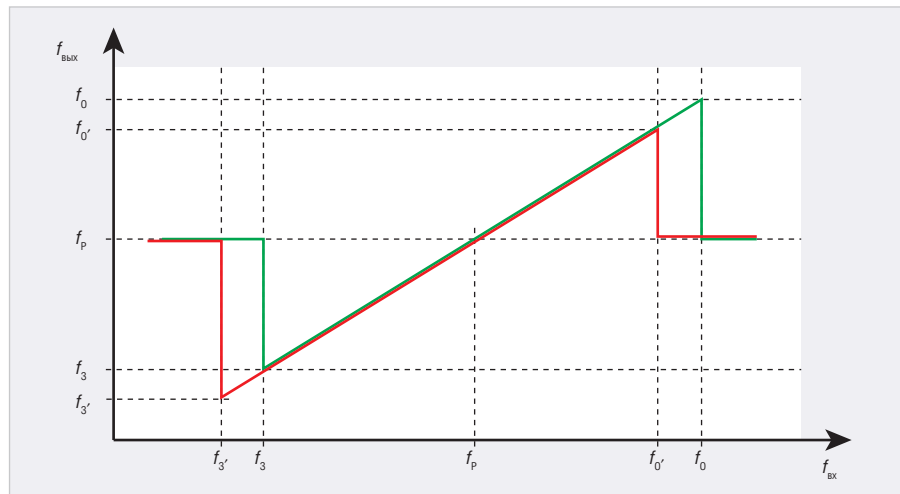


Рис. 5. Реальная статическая передаточная характеристика УС

На основе описанного «идеального» алгоритма работы реализовано устройство синхронизации. При практической реализации узлов УС параллельно решались вопросы помехоустойчивости. На рисунке 4 показана функциональная схема УС, где это обстоятельство нашло отражение.

Входной управляющий сигнал полезно подавать через развязывающий трансформатор Tr . Это позволит, если потребуется, заземлить нужный вход синхронизации в нужной точке и исключить помехи от силовых цепей. Кроме того, трансформатор позволяет при необходимости просто форматировать и инвертировать сигнал. Входным сигналом служит переменное напряжение прямоугольной формы.

Преобразователь «частота-напряжение» реализован на основе одновибратора Od с триггером Шмитта на входе. Наличие гистерезиса повышает «прямоугольность» и устраняет шумовую составляющую входного сигнала. Сигналы на выходе триггера либо нормализованы по амплитуде и форме, либо отсутствуют.

На выход Od подключён фильтр низкой частоты ФНЧ. Каждый передний фронт сигнала на входе Od запускает его. Длительность импульса на выходе Od всегда постоянна. Импульсы с выхода Od поступают в ФНЧ, где сигнал интегрируется и сглаживает-

ся. На выходе ФНЧ действует постоянное напряжение $U_{f/U}$, определяемое из выражения:

$$U_{f/U} = U_{Od} \times K_3, \\ K_3 = t_{и} \times f_c,$$

где U_{Od} – выходное напряжение Od во время импульса $t_{и}$; K_3 – коэффициент заполнения; $t_{и}$ – длительность импульса на выходе одновибратора Od ; f_c – частота сигнала синхронизации.

Поскольку длительность выходного импульса Od всегда постоянна, с ростом частоты f_c увеличивается коэффициент заполнения K_3 и, следовательно, постоянное напряжение на выходе ФНЧ. Сигнал с выхода ФНЧ поступает в узел компараторов K . Для устойчивой работы в зоне пороговых напряжений U_3 и U_0 каждый из них охвачен положительной обратной связью, глубина которой определяет гистерезис в зоне частот входа в режим синхронизации f_3 и выхода из него f_0 . С учётом этого статическая передаточная характеристика УС деформируется и в реальном УС выглядит, как показано на рисунке 5.

Работа в УС происходит следующим образом. При увеличении частоты синхросигнала захват в режим синхронизации происходит при частоте f_3 – на графике рисунка 5 движение идёт слева направо по траектории зелёного цвета. Если в сигнале присутствует небольшая девиация частоты, это на работе УС не отражается, так как гистерезис компа-

ратора K_3 удерживает УС в режиме синхронизации до тех пор, пока изменение (уменьшение) частоты не достигнет значения $f_{3'}$. Сигналы на выходах компараторов K_3 и K_0 декодируются дешифратором ДС логического узла ЛУ так, что разрешает прохождение синхросигнала через элемент $И$ – ШИМ-контроллер преобразователя работает на частоте синхросигнала.

При увеличении частоты синхросигнала выход из режима синхронизации происходит при частоте $f > f_0$. Устройство переходит в режим работы на рабочей частоте f_p , независимо от того что на входе синхронизации присутствует сигнал, корректный по форме и амплитуде, но уже некорректный по частоте. При этом сигналы на выходах компараторов K_3 и K_0 декодируются ДС так, что блокируется прохождение синхросигнала через элемент $И$ – на выходе УС сигнал устанавливается в состояние, при котором управляемый ШИМ-контроллер преобразователя переходит в режим работы на собственной рабочей частоте.

При уменьшении частоты синхросигнала возврат в режим синхронизации происходит на частоте $f_0 < f_{0'}$, так что небольшая девиация частоты на работу УС также не влияет. Теперь при уменьшении частоты синхросигнала движение на графике рисунка 5 будет происходить справа налево по траектории красного цвета. Выход из режима синхронизации произойдёт на частоте $f_{3'} < f_3$ – на выходе УС сигнал устанавливается в состояние, при котором управляемый ШИМ-контроллер преобразователя переходит в режим работы на собственной рабочей частоте.

На основе описанного алгоритма разработана схема устройства синхронизации и опробована в работе на модулях серии МДМ240(480)-ЕП [3]. УС допускает подачу синхросигнала с частотой $f_c = (0,9...1,1) \times f_p$. За пределами этого диапазона модули питания автоматически переходят в режим работы на собственной рабочей частоте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Интегральные микросхемы: Микросхемы для импульсных источников питания и их применение. – М., ДОДЭКА. 1997 г. С. 94, 95, 175.
2. Описание микросхемы LM5026: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm5026.pdf>.
3. Справочный лист на модули питания постоянного тока серии МДМ: www.aecip.ru



Е•Х•Р•О ELECTRONICA

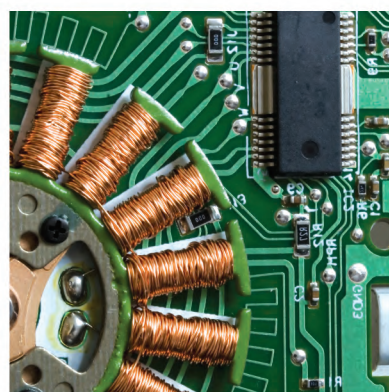
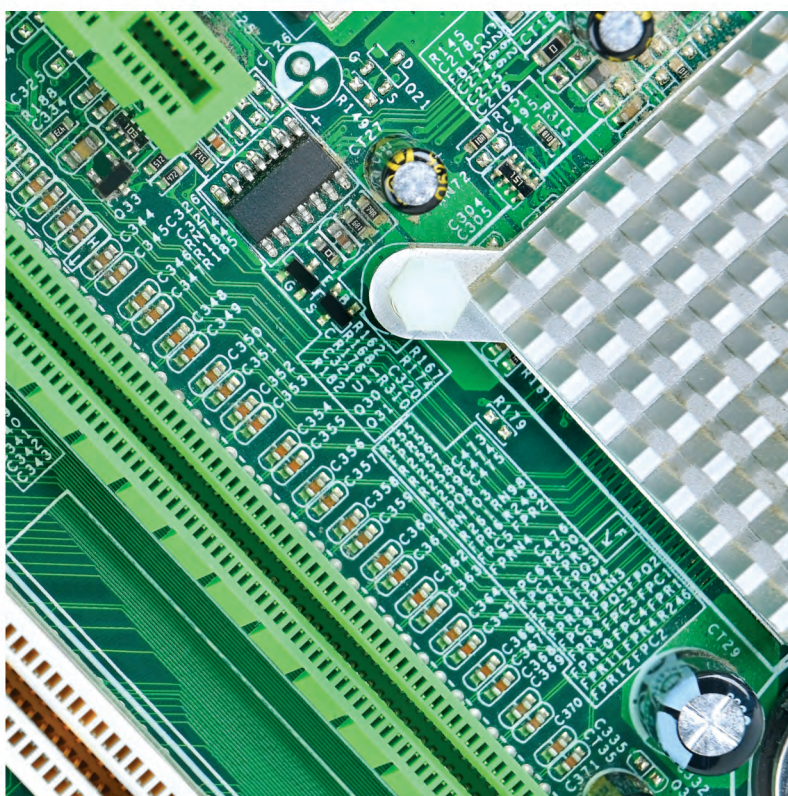


ufi
Approved
Event

**15-17
апреля
2019**

Москва,
Крокус Экспо

Самая крупная в России
выставка электронных
компонентов, модулей
и комплектующих



Участники:

431 из 14 стран

Посетители:

11 073
из 66 регионов
России

Совместно с выставкой



Организатор
Группа компаний ITE
+7 (499) 750-08-28
electron@ite-russia.ru

Забронируйте стенд
expoelectronica.ru



Реклама

Только для специалистов

Анализ шумов электронных схем как эффективное средство обеспечения целостности сигнала

Татьяна Колесникова (beluikluk@gmail.com)

В статье рассматриваются вопросы обеспечения целостности сигнала с помощью систем компьютерного моделирования, которые помогают инженерам выполнять создание схемы, выбор и подключение измерительных приборов, а также расчёт процессов, протекающих в исследуемом устройстве. Одним из факторов, влияющих на целостность сигналов, является воздействие шумов, анализ которых средствами моделирования подробно описан в статье. При написании материала были использованы следующие версии программных продуктов: Proteus 8.1, Multisim 14.0, HyperLynx LineSim 9.4.1.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка любого цифрового устройства сопровождается физическим или математическим моделированием, а также анализом работы схемы прибора. Анализ разработанной схемы – дело очень сложное, требующее большого внимания. Физическое моделирование связано с большими материальными затратами, поскольку требуется изготовление макетов и их трудоёмкое исследование. Часто физическое моделирование просто невозможно осуществить из-за чрезвычайной сложности устройства, например при разработке больших и сверхбольших интегральных микросхем. В этом случае прибегают к математическому моделированию с использованием компьютерных программ.

Одна из самых насущных задач для разработчика электронных систем – заранее проанализировать, насколько

надёжно будет сконструированная им электрическая схема работать при реализации её на печатной плате, дойдёт ли сигнал от источника к приёмнику в нужное время и с нужным качеством (задача оценки целостности сигнала на печатной плате). Многие из основных проблем, которые могут вызвать нарушения целостности сигнала, можно обнаружить и исправить ещё на этапе предтопологического анализа.

В цифровых системах сигнал в виде логических нулей и единиц распространяется между компонентами схемы. Если форма сигнала на входе приёмника приближается к идеальной, то будут чётко определены уровни логических 0 и 1 (см. рис. 1а), что обеспечит корректную работу системы. В реальной ситуации фронт сигнала претерпевает изменения по ряду причин: наличие потерь в линии передачи, отражения от несогласованных нагрузок, возникновение перекрёстных помех, резонансные явления. Это приводит к искажениям формы сигнала (см. рис. 1б), который становится по сути аналоговым со всеми присущими ему атрибутами: выбросы, провалы, звон и т. п. Если происходит искажение фронта сигнала, то приёмник не может чётко определить логический уровень, и его состояние может оказаться неопределённым, что приведёт к нарушению функционирования системы.

При передаче сигналов на короткие (в смысле электрической длины) расстояния и при низкой информационной скорости указанные эффекты никак не сказываются на достоверности передаваемой и принимаемой

информации. При увеличении скорости передачи или длины её тракта (то есть при увеличении электрической длины) различные эффекты могут исказить сигнал до такой степени, что передаваемая информация будет принята с ошибками. Работу инженера по целостности сигналов можно разделить на два этапа. Первый – это анализ целостности сигналов, то есть выявление тех самых эффектов, которые приводят к искажению сигнала. Второй – борьба с этими искажениями.

Модельный эксперимент с использованием функций анализа является мощным средством предварительного исследования электронной схемы, позволяет проверить правильность расчёта параметров элементов и характеристик в то время, когда ещё неизвестны точные геометрические размеры системы и точное взаимное расположение её компонентов. Уровень развития современных САПР электронных средств открывает широкие возможности для разработчиков печатных плат.

ШУМЫ В ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМАХ

При проектировании электронных схем важное место занимает расчёт шумовых характеристик или шумовой анализ схемы. Шумы – это чисто случайные сигналы, мгновенное значение которых или фазу невозможно предсказать во времени. Они могут генерироваться внутри операционного усилителя или связанными с ним пассивными элементами или попадать в схему из внешних источников. Обычно доминируют шумы из внешних источников. Когда все источники входных сигналов отключены, а выход нагружен на соответствующую нагрузку, уровень шумов, называемый уровнем собственных шумов, определяет минимальный сигнал, при котором можно использовать схему.

Интегральные логические вентили, потребляющие постоянный ток всего лишь в несколько миллиампер, на первый взгляд не представляются источниками серьёзных помех. Однако если учесть высокую скорость их переключения, проблема становится очевид-

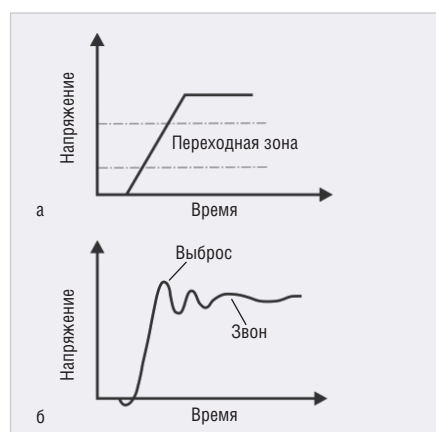


Рис. 1. Формы цифрового сигнала:

а) идеальная форма входного цифрового сигнала; б) реальная форма цифрового сигнала на входе приёмника

ной. Так, например, типичный вентиль ТТЛ (транзисторно-транзисторная логика) потребляет в состоянии «включён» постоянный ток 5 мА и в состоянии «выключен» 1 мА. Изменение тока при переключении составляет всего лишь 4 мА, но оно происходит за 5 нс. Если провод питания имеет индуктивность 0,5 мкГ, при изменении состояния одного вентиля на проводнике питания возникает напряжение шумов. Если учесть большое число вентилях, составляющих типичную систему, и принять во внимание, что такие логические схемы питаются от источника напряжением всего 5 В, становится очевидным, что эти шумы могут составить серьёзную проблему.

Целью разработчика является создание такой схемы, в которой обрабатываемые сигналы находятся выше уровня собственных шумов, но ниже уровня, при котором они ограничиваются схемой. Разработка маломощных схем требует поиска определённого баланса между внутренними и внешними источниками шума. Практически каждая программа схемотехнического моделирования имеет в своём составе режим расчётов шума в частотной области.

Анализ шумов в программной среде PROTEUS

Proteus [1] – система виртуального моделирования электронных устройств – объединяет две основные программы: ISIS – средство разработки, моделирования, отладки в режиме реального времени электронных схем, анализа их работы и ARES – средство разработки печатных плат. ISIS позволяет наглядно моделировать и анализировать линейные и нелинейные электрические цепи. При этом параметры компонентов цепи, режима работы, виды и параметры воздействий можно изменять в широком диапазоне значений.

Анализ шумов в ISIS – это анализ спектра внутренних шумов, который заключается в создании шумовой модели схемы путём использования шумовых моделей каждого резистора и полупроводникового устройства. Программа рассчитывает шумовой вклад каждого компонента для заданного выходного узла и распространяет его к выходу схемы во всём частотном диапазоне, заданном в диалоговом окне анализа.

Каждый резистор и полупроводниковое устройство рассматривается как генератор шума. Каждый вклад генератора шума рассчитывается и приводит-

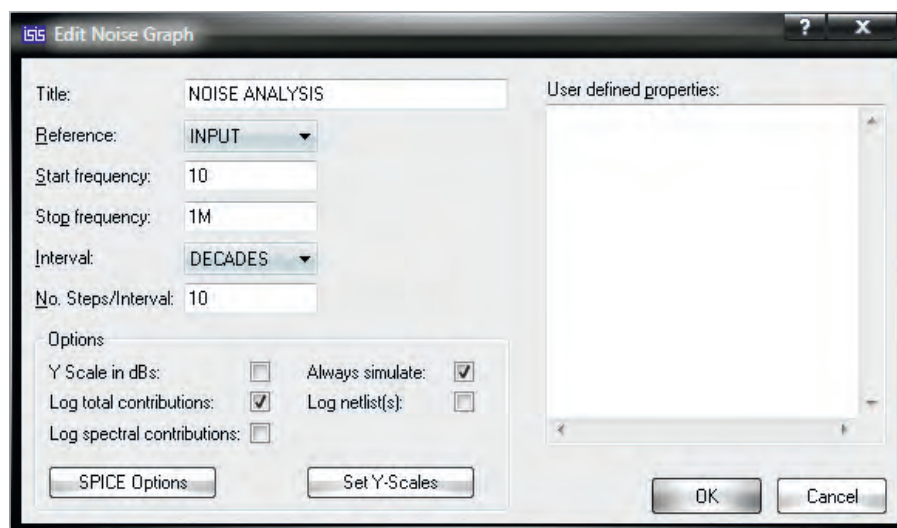


Рис. 2. Диалоговое окно *Edit Noise Graph*

ся подходящей функцией преобразования к выходу схемы.

Анализ шумов в ISIS имеет следующие особенности:

- время симуляции прямо пропорционально количеству пробников напряжения и генераторов в схеме, поскольку учитывается каждый из них;
- пробники тока не учитываются при анализе шумов;
- симулятор вычисляет выходные шумы и эквивалентные входные шумы, расчёт выходных шумов возможен относительно уровня входного сигнала или входных шумов.

Для исследования и анализа данных симуляции электрических цепей в ISIS имеются специальные инструменты: генераторы, пробники и объект «График», который используется для просмотра результатов симуляции и получения замеров.

При подготовке к анализу нужно добавить в схему генератор, поместить на неё пробники напряжения и подключить их к выходу схемы или интересующим точкам, добавить график *NOISE*, добавить пробники на размещённый в рабочем поле проекта график, настроить его параметры.

Размещение пробника на левой оси отображает выходной шум, а приведённый ко входу шум можно отобразить, если перетащить пробник на правую сторону графика.

Генераторы используются для подачи тестовых сигналов в исследуемую схему. Выбирается нужный генератор при помощи команды контекстного меню *Place → Generator* или на панели *GENERATORS*, которая открывается нажатием кнопки *Generator Mode* на левой панели инструментов редактора

ISIS. Пробники размещаются в тех точках схемы, за которыми будет вестись наблюдение. Выбрать нужный пробник можно при помощи команды контекстного меню *Place → Probe* или на панели *PROBES*, которая открывается нажатием кнопки *Probe Mode* на левой панели инструментов редактора ISIS.

Для начала анализа шумов необходимо выделить мышью строку с названием графика *NOISE* на панели *GRAPHS* или выбрать пункт *NOISE* из списка, который вызывается командой контекстного меню *Place → Graphs*. Панель *GRAPHS* открывается посредством нажатия кнопки *Graph Mode* на левой панели инструментов редактора ISIS. Далее с помощью мыши требуется разместить в необходимом месте рабочего поля программы выбранный график.

После этого нужно добавить пробники и генераторы в область графика и настроить параметры анализа. Запуск анализа выполняется командой контекстного меню *Simulate Graph* (при этом объект «График» должен быть выделен левой кнопкой мыши).

Рассмотрим подробнее процесс настройки параметров графика. Для этого выделим его, вызовем контекстное меню и выберем в нём пункт *Edit Properties*, в результате чего откроется окно *Edit Noise Graph* (см. рис. 2), которое содержит следующие поля ввода:

- *Title* – заголовок графика;
- *Reference* – опорный генератор;
- *Start frequency* – начальная частота;
- *Stop frequency* – конечная частота;
- *Interval* – характеристика изменения (параметр задаётся посредством выбора из выпадающего списка типа изменения, который определяет распределение вычисляемых точек в диапазо-

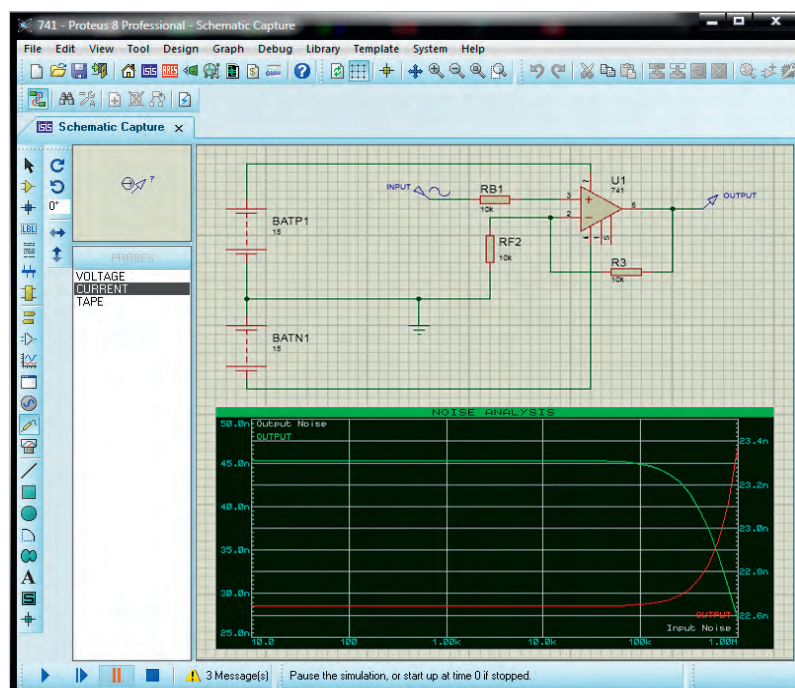


Рис. 3. Анализируемая схема и результаты анализа шумов в рабочей области редактора ISIS

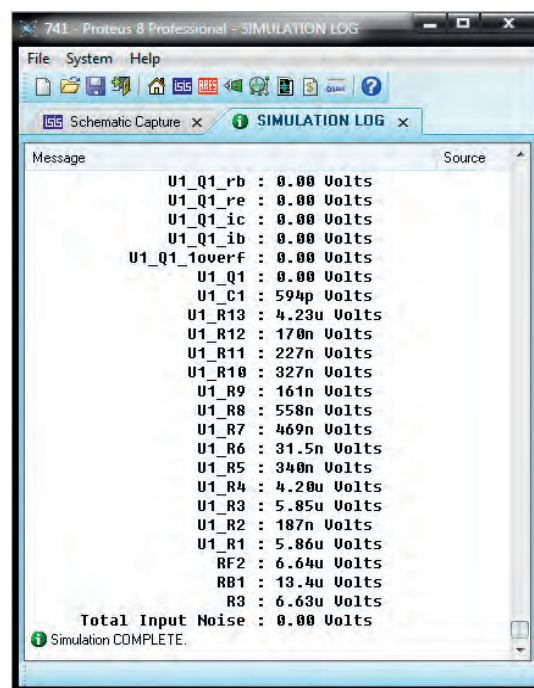


Рис. 4. Фрагмент списка источников шума схемы в журнале симуляции

не частот: *DECADES* (декадный), *LINEAR* (линейный), *OCTAVES* (октавный);

- *No Steps/Interval* – количество точек, в которых производится расчёт частотных характеристик в процессе анализа (при увеличении количества точек будут получены наиболее точные результаты, однако может снизиться скорость симуляции схемы);
- *User defined properties* – определённые пользователем свойства;
- *Options* – основные свойства для запуска симуляции, установка галочки в пункте *Y Scale in dBs* этого поля позволяет задать отображение результатов на графике в децибелах.

Порядок действий при выполнении анализа схемы следующий:

1. Размещение в рабочем поле проекта графика соответствующего типа.
2. Размещение и подключение к исследуемой схеме генераторов для подачи тестовых сигналов.
3. Размещение и подключение к исследуемой схеме пробников. Пробники подключаются к тем точкам схемы, за которыми будет вестись наблюдение.
4. Добавление генераторов и пробников на график для отображения данных, которые они генерируют/фиксируют.
5. Установка параметров анализа.
6. Запуск анализа.

Анализируемая схема и полученные результаты представлены на рисунке 3. Зелёная кривая на графике отображает

выходной шум, а красная – шум, приведённый ко входу.

В данном примере в качестве тестового сигнала был использован источник напряжения синусоидальной формы. Также в схему был добавлен пробник напряжения, которому присвоено название *OUTPUT*. Список источников шума схемы можно просмотреть в журнале симуляции, который открывается при помощи комбинации клавиш *Ctrl+V*. Информация представлена на отдельной вкладке *SIMULATION LOG* редактора ISIS (см. рис. 4). Как видно из рисунка 3, большинство элементов, производящих шум, находятся фактически внутри операционного усилителя и имеют префикс *U1_*. Также источниками шума являются резисторы *RF2*, *RB1*, *R3*.

Анализ шумов в программной среде Multisim

Система схемотехнического моделирования Multisim [2] представляет собой удобное и практичное средство, позволяющее моделировать электрические схемы и анализировать их работу. В Multisim имеется достаточно большое количество средств для исследования и анализа данных симуляции электрических цепей, одним из которых является анализ спектра внутренних шумов (*Noise Analysis*).

В Multisim настройка параметров анализа шумов производится при помощи команды основного меню «Моделирование» → «Анализ и моделирование» и

последующего выбора строки «Анализ шумов» в поле «Доступные анализы» открывшегося окна «Анализ и моделирование». В окне находятся вкладки «Анализируемые параметры», «Параметры частоты», «Переменные», «Установки моделирования», «Итоги».

Вкладка «Переменные» (см. рис. 5а) содержит два окна, в одном из которых отображаются все возможные выходные переменные для текущей схемы (поле «Выходные переменные»), а в другом – переменные, которые будут использоваться в анализе (поле «Переменные для анализа»). Добавление переменных в анализ производится при помощи их перемещения из первого окна во второе путём выбора переменной в поле «Выходные переменные» и последующего нажатия кнопки «Добавить». При необходимости переменную можно вернуть обратно в исходное окно – для этого используется кнопка «Удалить».

Во вкладке «Установки моделирования» (см. рис. 5б) расположено поле «Установки SPICE», в котором посредством установки переключателя в нужную позицию можно задать настройки параметров Multisim по умолчанию либо пользовательские.

Вкладка «Итоги» представляет обзор всех установок анализа.

В верхней части вкладки «Анализируемые параметры» (см. рис. 5в) находятся следующие поля: «Источник шума», «Выходной узел», «Опорный узел». В выпадающих списках этих полей по

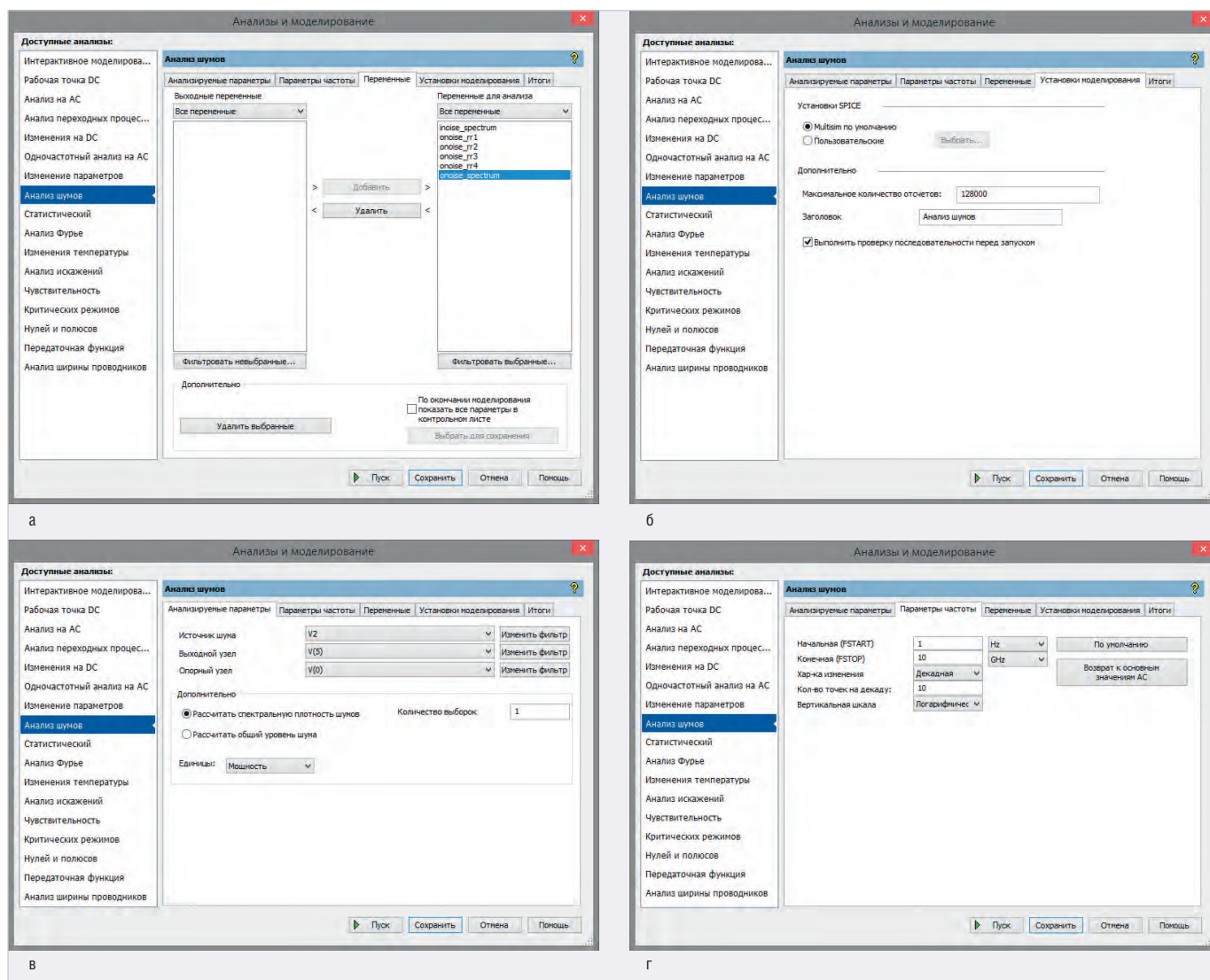


Рис. 5. Окно «Анализы и моделирование»: а) вкладка «Переменные»; б) вкладка «Установки моделирования»; в) вкладка «Анализируемые параметры»; г) вкладка «Параметры частоты»

умолчанию отображаются только узлы, являющиеся частью текущей страницы схемы. Однако при проведении анализа необходимо учитывать и те случаи, когда схема содержит иерархические блоки и подсхемы, которые, в свою очередь, также содержат компоненты электрической схемы. Для того чтобы отображались узлы, содержащиеся внутри подсхем и иерархических блоков, необходимо воспользоваться кнопками «Изменить фильтр». Следует отметить, что во вкладке «Анализируемые параметры» имеются 3 таких кнопки и для выбора определённого узла используется соответствующая ему кнопка. В результате нажатия на одну из них откроется окно «Фильтр узлов», в котором можно задать отображение:

- внутренних узлов иерархических блоков и подсхем – пункт «Вкл внутренние узлы»;
- всех неприсоединённых узлов схемы – пункт «Вкл открытые выводы»;

- компонентов внутри полупроводниковых устройств, определяемых SPICE-моделью этого устройства, – пункт «Вкл submodule».

В поле «Дополнительно» вкладки «Анализируемые параметры» переключателем выбираются возможности произвести расчёт спектральной плотности шумов либо рассчитать общий уровень шума. В первом случае необходимо в поле «Количество выборок» ввести с клавиатуры нужное значение. Таким образом, разработчик может самостоятельно определить, как часто будет производиться вклад шума каждого генерирующего шум устройства.

Во вкладке «Параметры частоты» (см. рис. 5г) можно настроить следующие частотные параметры анализа шума:

- «Начальная (FSTART)» – начальная частота (отрицательные значения частоты не допускаются; если значе-

ние начальной частоты не указано, то расчёт не будет произведён);

- «Конечная (FSTOP)» – конечная частота (отрицательные значения частоты не допускаются);
- «Хар-ка изменения» – тип изменения: декадный, линейный, октавный (определяет распределение вычисляемых точек в диапазоне частот);
- «Кол-во точек на декаду» – количество точек, в которых производится расчёт частотных характеристик в процессе анализа (при увеличении количества точек будут получены наиболее точные результаты, однако может снизиться скорость симуляции схемы);
- «Вертикальная шкала» – логарифмическая, линейная, затухания (дБ), октавная (данный параметр управляет масштабом по оси Y на выходном графике).

Для того чтобы скопировать установки текущего AC Analysis (расчёт

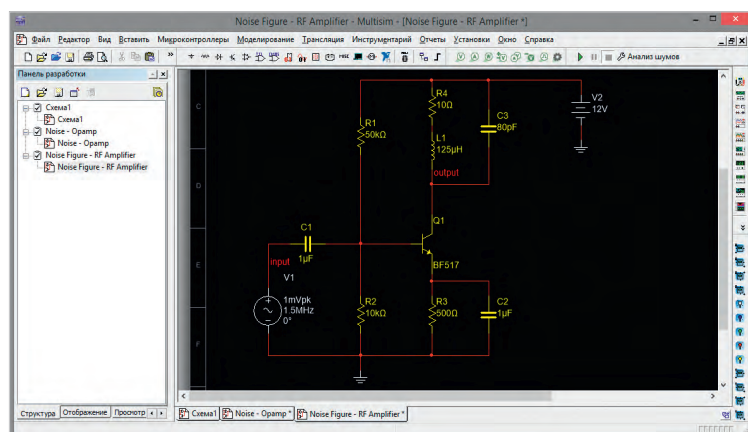


Рис. 6. Схема радиочастотного усилителя в рабочей области программы Multisim

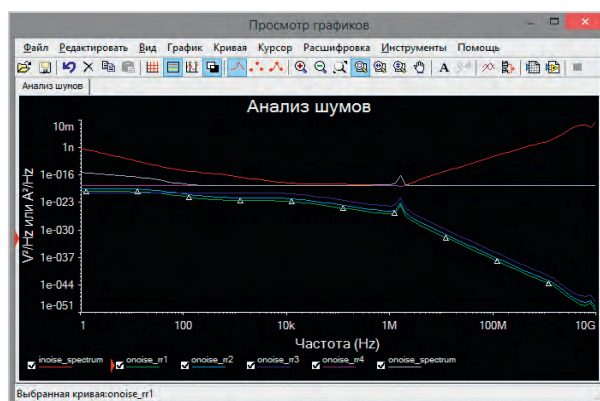


Рис. 7. Результаты анализа шумов схемы радиочастотного усилителя в виде графика

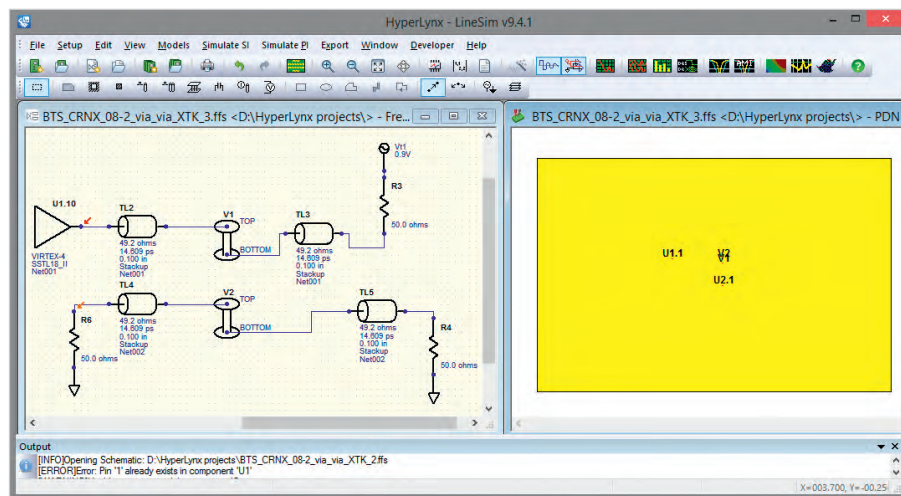


Рис. 8. Интерфейс программы LineSim

амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик) в анализ шумов, необходимо нажать кнопку «Возврат к основным значениям AC». После осуществления всех настроек нажатием кнопки «Пуск» в нижней части окна «Анализ шумов» запускается анализ.

Просмотр результатов анализа, представленных в виде графиков или таблиц, выполняется в окне «Просмотр графиков». Окно разделено на несколько вкладок, число которых зависит от количества выбранных функций анализа. У каждой закладки имеются две возможные активные зоны, указанные красной стрелкой на левом поле: напротив названия закладки или активного графика (таблицы).

При анализе шумов исследуются спектр выходного шума, спектр входного шума и, дополнительно, спектр вклада компонента. В зависимости от выбранного значения в поле «Дополнительно» вкладки «Анализируемые параметры» результаты анализа шумов проектируемой схемы (см. рис. 6) отображаются в виде таблицы или графика (см. рис. 7). Результаты моделирования можно вывести на принтер или импортировать в

текстовый или графический редактор для их дальнейшей обработки. Предусмотрена возможность экспорта полученных результатов моделирования в формате NI LabView, MS Excel или MathCad.

Анализ шумов в программной среде HyperLynx

Многие из основных проблем, которые могут вызвать нарушения целостности сигнала, можно обнаружить и исправить ещё на этапе предположительного анализа, используя модуль LineSim программы HyperLynx [3].

Анализ целостности сигналов в LineSim выполняют на этапе схемы, не учитывая расположение печатных проводников по слоям и используя усреднённое значение для длины и волнового сопротивления проводников. На схемном уровне устранение проблем, связанных с целостностью сигналов, решается путём согласования линий передачи и входных/выходных сопротивлений микросхем. LineSim можно использовать для анализа цепей на целостность сигналов, перекрёстные помехи и электромагнитную совместимость.

Для имитации эффекта шума от переключения интегральных схем в LineSim применяется анализ шумов, запуск которого выполняется при помощи пиктограммы *Run Plane-Noise Simulation (PowerScope)* панели инструментов.

Схема в LineSim (см. рис. 8) создаётся при помощи графического интерфейса *Free-Form Schematic Editor*, подобного интерфейсу схемных редакторов, с использованием буфера ввода/вывода (приёмник/передатчик сигнала), линий передачи, переходных отверстий, пассивных компонентов (ферритовая шайба, резистор, конденсатор, катушка индуктивности). Пассивные компоненты используются для моделирования согласования линии передачи с буфером ввода/вывода микросхемы или другого компонента многослойной печатной платы.

Плата в LineSim проектируется при помощи использования элементов панели инструментов графического редактора *PDN Editor*.

После нажатия на пиктограмму *Run Plane-Noise Simulation (PowerScope)* открывается окно *HyperLynx PI PowerScope*, в правой части которого выполняется настройка следующих параметров анализа (настройка указанных параметров становится доступной после нажатия кнопки *Visual Options*):

- время симуляции (параметр *Stop* поля *Plane Noise Simulation*);
- определение цвета фона окна результатов (кнопка *Background Color* поля *Show*);
- тип отображения диаграммы шума (задаётся посредством установки соответствующих галочек в поле *Show: Solid fill* – сплошное заполнение, *Wireframe* – сетка, *Hide invisible* – чёрно-белая сетка);
- тип отображения модели платы (задаётся посредством установки соответствующих галочек в поле *Model*

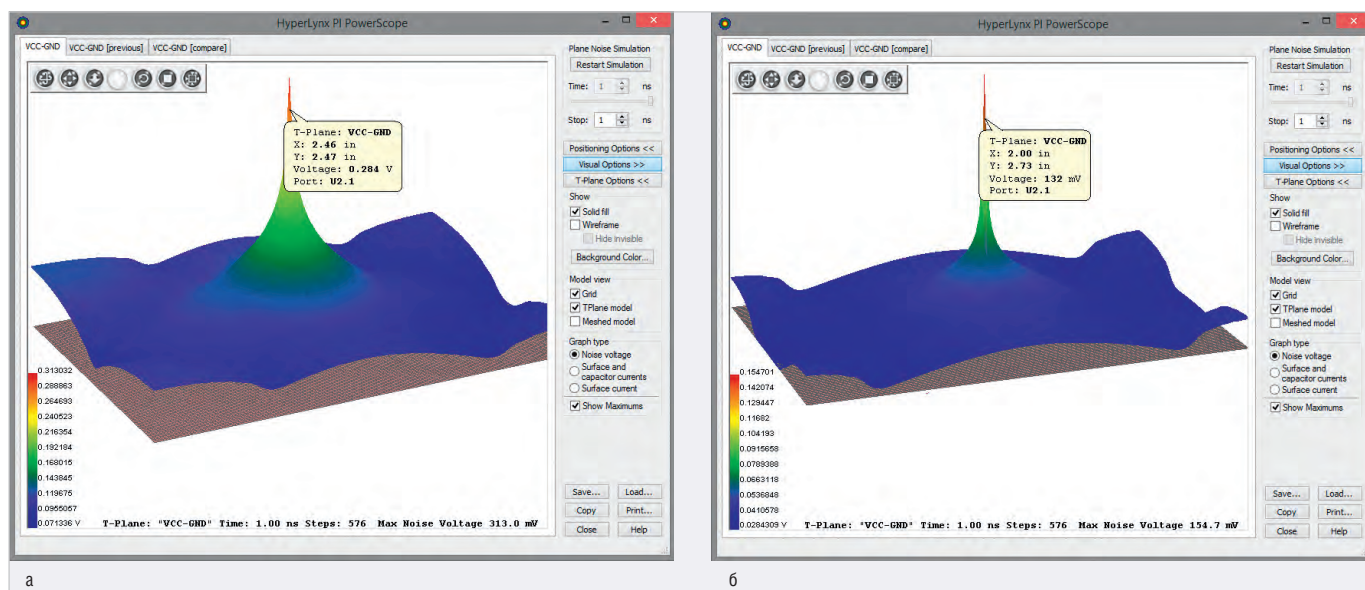


Рис. 9. Результат анализа шума: а) до добавления на плату дополнительных конденсаторов; б) после добавления на плату дополнительных конденсаторов

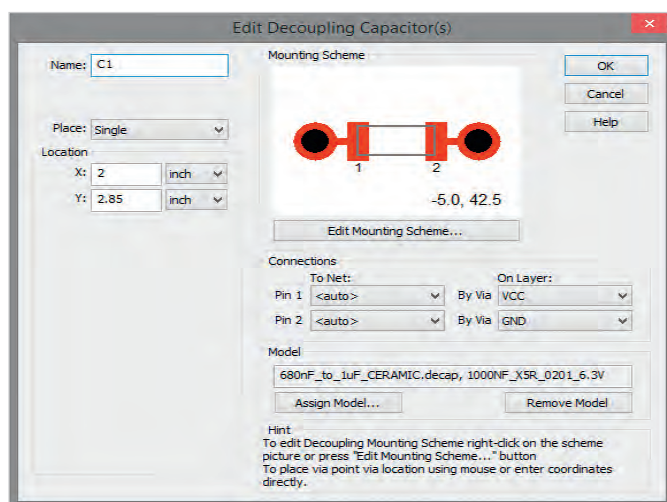


Рис. 10. Окно настройки параметров конденсатора C1

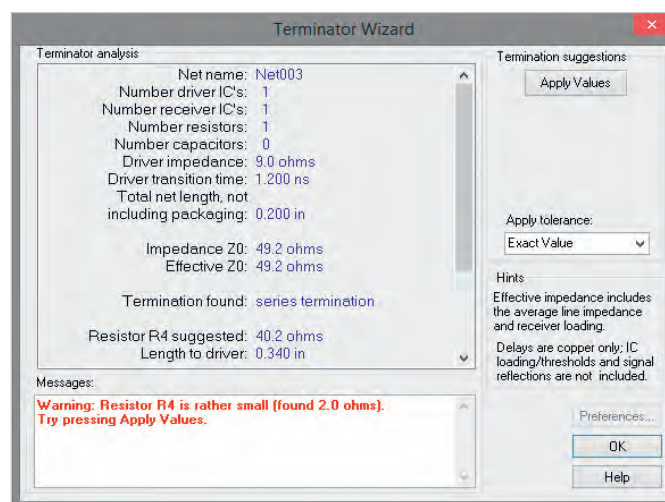


Рис. 11. Окно мастера Terminator Wizard

view: Grid – сетка, TPlane model – сплошное заполнение, Mesbed model – сетка и ячейки;

- тип диаграммы (поле *Graph type*).

Запуск анализа выполняется кнопкой *Start Simulation*.

Как видно из рисунка 9а, на схеме присутствует собственный (внутренний) шум (значение параметра *Max Noise Voltage* – 313,0 мВ), источником которого в определённый момент времени является вывод интегральной микросхемы U2.1. С целью подавления высокочастотного шума применяют один или несколько конденсаторов, подключённых между выводами питания и земли интегральных схем (см. рис. 10). При этом имеет значение длина проводников, соединяющих выводы с конденсаторами: она должна быть минимальной, иначе собственная индуктивность проводников будет играть заметную роль и сводить на нет

выгоды от применения развязывающих конденсаторов.

Как видно из рисунка 9б, после добавления на плату конденсаторов уровень шума снизился (значение параметра *Max Noise Voltage* – 154,7 мВ).

Подбор согласующих сопротивлений в LineSim выполняется при помощи мастера *Termination Wizard*, который рассчитывает оптимальное значение для согласования компонентов (эти значения автоматически применяются в схеме). *Termination Wizard* анализирует цепь и выдаёт рекомендации по улучшению качества сигналов. Если в цепи обнаруживаются значительные отражения и другие паразитные эффекты, вызванные несогласованностью сопротивлений, мастер посоветует, какой тип согласующего сопротивления поможет преодолеть проблемы, и выдаст его параметры. Разработчик может повторить моде-

лирование в присутствии такого виртуального сопротивления и при необходимости добавить соответствующие элементы цепи (с коррекцией топологии платы).

Запуск мастера согласования производится при помощи команды основного меню *Simulate SI* → *Optimize Termination* или нажатием кнопки *Run Terminator Wizard* панели инструментов LineSim, в результате чего откроется окно выбора цепи *Select Net for Terminator Wizard*. Далее следует щёлкнуть левой кнопкой мыши в поле *Select a device pin* по названию вывода компонента, из которого берёт начало цепь, после чего название цепи отобразится в поле *Net*, и нажать *OK* – откроется окно мастера *Terminator Wizard*, где автоматически рассчитанные значения будут показаны в поле *Terminator analysis* (см. рис. 11). Для назначения рассчитанных значений необходи-

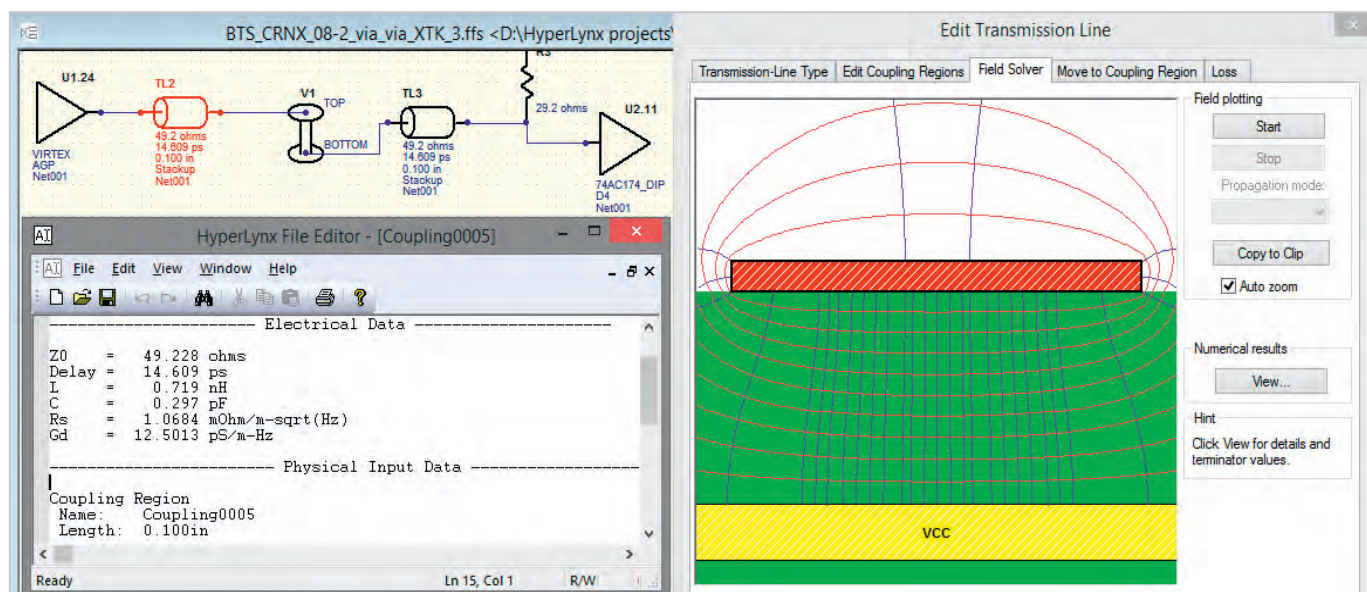


Рис. 12. Распределение полей в сечении печатной платы для выделенной на схеме линии передачи и результаты моделирования (электрические параметры, физические данные)

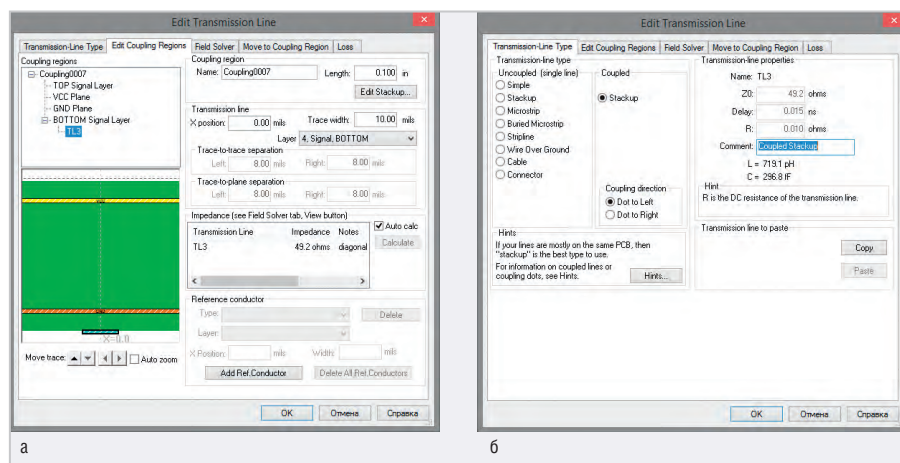


Рис. 13. Окно Edit Transmission Line: а) вкладка Edit Coupling Regions; б) вкладка Transmission-Line Type

мо нажать кнопку *Apply Values* в верхнем правом углу окна мастера. Если закрыть окно мастера без применения значений, то схема не обновится. Если в цепи нет компонентов согласования, то кнопка *Apply Values* будет неактивной.

В LineSim есть возможность моделирования перекрёстных помех (см. рис. 12). Для этого можно задать уровень взаимовлияния передающих линий. Эта информация будет использоваться симулятором для отображения воздействия помех в виде шума, звона и задержек. Перекрёстные помехи возникают из-за взаимовлияния между сигнальными проводниками. Это обусловлено свойствами передающих линий сигнальных проводников. Электромагнитные поля от передающей линии распространяются в пространстве. На рисунке 12 линии электрического поля показаны

синим цветом, а линии постоянного поля – красным. Взаимовлияния между линиями приводят к тому, что сигнал в одной трассе генерирует сигнал в соседних.

Настройка параметров линии передачи выполняется в окне *Edit Transmission Line*, которое открывается посредством двойного щелчка левой кнопкой мыши по выделенной линии на схеме. Во вкладке *Move to Coupling Region* этого окна выбирается область влияния для передающей линии. Во вкладке *Field Solver* выполняется моделирование перекрёстных помех для выбранной области влияния; нажав на кнопку *View* в поле *Numerical results*, можно посмотреть отчёт о моделировании. Область влияния для передающей линии редактируется во вкладке *Edit Coupling Regions* (см. рис. 13а). Во вкладке *Transmission-Line Type* (см. рис. 13б) задаётся тип

передающей линии, здесь же отображаются её свойства.

Моделирование перекрёстных помех в LineSim позволяет не только рассчитать взаимную ёмкость и индуктивность нескольких цепей, но и представить картину распределения полей в сечении платы, что помогает лучше понять природу происходящих процессов.

Программу LineSim можно использовать как на раннем цикле проектирования (для оценки оптимальности размещения компонентов), так и после создания топологии (для оценки оптимальности трассировки).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нарушение целостности сигнала неблагоприятно влияет на его способность передачи двоичной информации. Используя инструменты компьютерного моделирования, можно ещё на стадии схемотехнического проектирования уточнить требования к электрическим параметрам микросхем, определить необходимость использования помехоподавляющих элементов, оценить различные стратегии согласования, рассчитать оптимальные значения компонентов, определиться с их выбором, что позволяет получить корректный проект при первом же выпуске платы, устраняя необходимость повторного запуска в производство.

ЛИТЕРАТУРА

1. ISIS Help. Labcenter Electronics, 2014.
2. NI Circuit Design Suite – Getting Started Guide. National Instruments, April 2015.
3. HyperLynx SI/PI User Guide. Mentor Graphics Corporation, 2016.



НОВОСТИ МИРА

«Росэлектроника» и «ПКК Миландр» будут производить «умные» электросчётчики

Холдинг «Росэлектроника» госкорпорации «Ростех» и ведущий российский разработчик и производитель интегральных микросхем АО «ПКК Миландр» заключили соглашение о создании совместного предприятия по производству «умных» счётчиков электроэнергии. Согласно документу, подписанному в ходе Международного форума «Электрические сети» в Москве, контрольный пакет акций будет принадлежать холдингу «Росэлектроника».

Новая компания будет производить интеллектуальные приборы учёта потребляемой электроэнергии и ЭКБ на мощностях предприятий «Росэлектроники». Планируется, что в течение года проект выйдет на самоокупаемость, а его производственная мощность составит 1,5 млн счётчиков в год.

На сегодняшний день на российском рынке электросчётчиков преимущественно представлены приборы, выпускаемые на базе зарубежных интегральных микросхем, печатных плат, электронных компо-



нентов и модулей, корпусных элементов. Новое совместное предприятие обеспечит производство защищенной системы учёта энергоресурсов на основе серийно выпускаемых интегральных микросхем российской разработки. Информационную безопасность продукции гарантирует защищённый микроконтроллер отечественного производства, использующий российские криптографические алгоритмы информационного обмена. Продукция предназначена для использования в индивидуальных и многоквартирных жилых домах, на объектах электроэнергетической инфраструктуры, коммерческой не-

движимости, промышленности и бюджетной сферы.

Кроме того, совместное предприятие займётся развитием и внедрением инфраструктуры управления ресурсами «Инфосферы» — программно-аппаратного комплекса, который призван автоматизировать мониторинг потребляемых энергоресурсов для оптимизации поставок и распределения энергетических мощностей.

Пресс-служба Объединённой «Росэлектроники»

Рейтинг производителей полупроводников в 2018 году

Аналитическая компания IC INSIGHTS составила прогнозный рейтинг Топ-15 производителей полупроводников в 2018 году. Суммарно компании из этого списка показывают рост в 18%, опережая на два пункта общий рост по отрасли. Лидером рейтинга (84% продаж приходится на память) второй год остаётся компания Samsung, увеличившая свой отрыв от Intel до 19%. Единственной компанией в рейтинге с отрицательным ростом (–3%) названа Qualcomm.

www.ecworld.ru



Komponenta®

АО «Компонента» - официальный дистрибьютор Weipu в России



ВОДОНЕПРОНИЦАЕМЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ЗАЩИЩЕННЫЕ РАЗЪЕМЫ WEIPU

СЕРИЯ SF



Тип соединения: push-pull

Материал оболочки: Хромированная латунь

Материал внутри: PPS

Материал контактов: Позолоченная латунь

Степень защиты: IP67

Температурный диапазон: -40 °C +85 °C

Количество контактов: от 2 до 12

Изоляционное сопротивление: 2000 MΩ

Цена: от \$7 за комплект

АО «Компонента»
+7 (495) 150-2-150

www.komponenta.ru
info@komponenta.ru

На правах рекламы.

Altium Designer 19.0: обзор новых возможностей

Павел Демидов (pavel.demidov@altium.com)

В конце 2018 года компанией Altium была выпущена новая версия системы автоматизированного проектирования устройств на базе печатных плат – Altium Designer 19.0. В этой версии добавлено множество новых функциональных возможностей и нововведений, развивающих уже имеющиеся инструменты разработки. В данной статье рассмотрены основные новшества Altium Designer 19.0.

УЛУЧШЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНОЙ ТРАССИРОВКИ

Трассировка, наряду с размещением компонентов ЭРИ, является ключом к успешному конструированию печатного узла. Altium Designer включает в себя ряд интуитивно понятных инструментов, которые позволяют эффективно и точно произвести трассировку любой платы: от простой двухслойной до многослойной быстродействующей конструкции с высокой плотностью монтажа. В Altium Designer 19.0 [1] был добавлен ряд улучшений инструментов интерактивной трассировки и обработки существующих трасс.

Перемещение компонента с учётом трассировки

При трассировке платы у конструкторов зачастую возникает необходимость изменить положение компонента с подведёнными к нему трассами, чтобы освободить место для других трасс. В новую версию Altium Designer добавлена возможность перемещения компонента с учётом трассировки, включить которую можно в глобальных настройках системы.

Ключевым требованием к новой возможности является сохранение фанатов и трассировки за пределы посадочного места. Чтобы упростить работу с этой возможностью, также было улучшено расширение набора выделенных трасс с помощью клавиши *Tab*. Эта воз-

можность используется для простого добавления существующих фанатов (трасс и переходных отверстий) к выделенному компоненту и перемещения всех выделенных объектов как единого целого (см. рис. 1).

Режим следования

Общей задачей при интерактивной трассировке является размещение трассы, которая повторяет форму существующего контура. Этим контуром может быть какое-либо препятствие, вырез, граница платы или существующая трассировка. Вместо аккуратного и точного перемещения трассы и огибания ею контура с помощью соответствующих щелчков мыши режим следования позволяет просто указать контур, а затем перемещать мышью вдоль него для определения направления трассировки (см. рис. 2). В режиме следования интерактивный трассировщик размещает линии и дуги таким образом, что новая трасса следует форме контура в соответствии с применяемыми правилами проектирования. В частности, эта возможность полезна при размещении искривлённых трасс.

Прочие улучшения интерактивной трассировки

- Сглаживание выбранных трасс – лучше сглаживает множество трасс, в том числе дифференциальные пары.

- Сцепление дифференциальных пар – для уменьшения длины несцеплённых участков.
- Сглаживание соединений – для предотвращения создания Z-образных изломов.
- Включение/отключение удаления петель.
- Отображение в панели Properties диаграммы переходного отверстия при изменении слоя в процессе интерактивной трассировки.
- Трассировка при наличии комнат – улучшено соблюдение правил при изменении свойств трассировки на границе комнаты.

ОБНОВЛЁННЫЙ МЕНЕДЖЕР СТРУКТУРЫ СЛОЁВ

Определение структуры печатной платы (ПП) является очень важным элементом успешного проектирования электронного устройства. Процесс трассировки многих современных плат осуществляется как проектирование ряда элементов цепи или линий передач, а не простых проводников, которые переносят электрическую энергию. Для успешного проектирования быстродействующей конструкции необходимо грамотно подобрать материалы и задать структуру слоёв, а также настроить параметры, чтобы достичь подходящего импеданса трассировки одиночных цепей и дифференциальных пар.

Существует также ряд других аспектов, которые необходимо учитывать при проектировании современной быстродействующей платы: парность слоёв, переходные отверстия, требования к обратному высверливанию, требования к гибко-жестким платам, балансировка проводников, симметрия структуры слоёв, соответствие материалов.

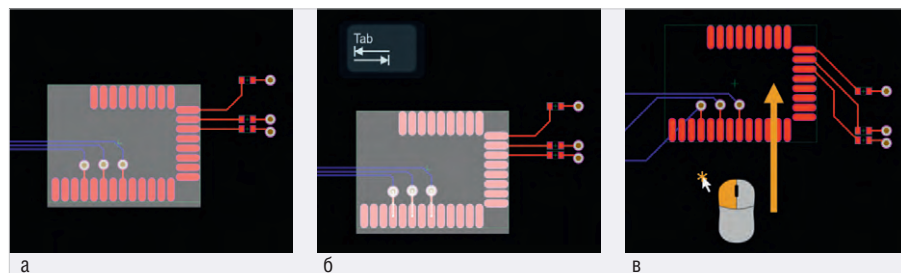


Рис. 1. Перемещение компонента с учётом трассировки: а) выделение компонента; б) выделение фанатов; в) перемещение компонента и результат



Рис. 2. Трасса, размещаемая в режиме следования вдоль контура полигона

Новый менеджер структуры слоёв *Layer Stack Manager* разработан для учёта всех этих требований в едином редакторе. Менеджер *Layer Stack Manager* открывается как отдельный документ, подобно документу схемы или платы (см. рис. 3).

Настройка структуры платы (стека слоёв)

В режиме *Layer Stack Manager* по умолчанию (*Stackup*) осуществляется настройка структуры слоёв. Слои платы отображаются в таблице *Layer Stack Manager*. Свойства этих слоёв по аналогии со свойствами других объектов Altium Designer, а также отображаемая в таблице информация о слоях теперь настраиваются в панели *Properties*.

Предпочтительные материалы слоёв могут быть предварительно заданы в библиотеке материалов (см. рис. 4). При необходимости конструктор может настроить проверку соответствия свойств слоёв значениям из библиотеки – в случае обнаружения несоответствия слою будут помечены сигнализирующим значком.

Расчёты импеданса

Ключевым элементом проектирования быстродействующей конструкции является точный контроль над импедансом трасс сигнальных цепей – подход, который называется трассировкой с контролируемым импедансом. Он направлен на поддержание целостности сигналов и сокращение потенциального электромагнитного излучения.

Для осуществления расчётов импеданса в Altium Designer были добавлены возможности, основанные на ПО Simberian®. Настройка расчётов импеданса осуществляется в *Layer Stack Manager* в режиме *Impedance*, благодаря которому становятся доступными определение требований к импедансу одиночных цепей и дифференциальных пар для каждого слоя, определение и использование профилей импеданса, использование прямого и обратного калькулятора для исследования сценариев «что, если» при изменении параметров.

Настройка типов переходных отверстий и поддержка микропереходов

В режиме *Via Types* осуществляется настройка того, какие слои могут быть соединены с помощью переход-

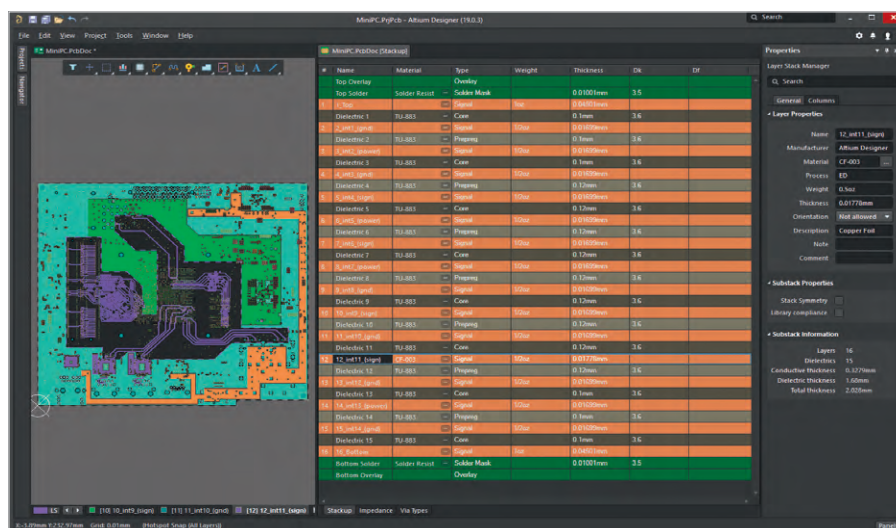


Рис. 3. Интерфейс пользователя обновлённого *Layer Stack Manager*

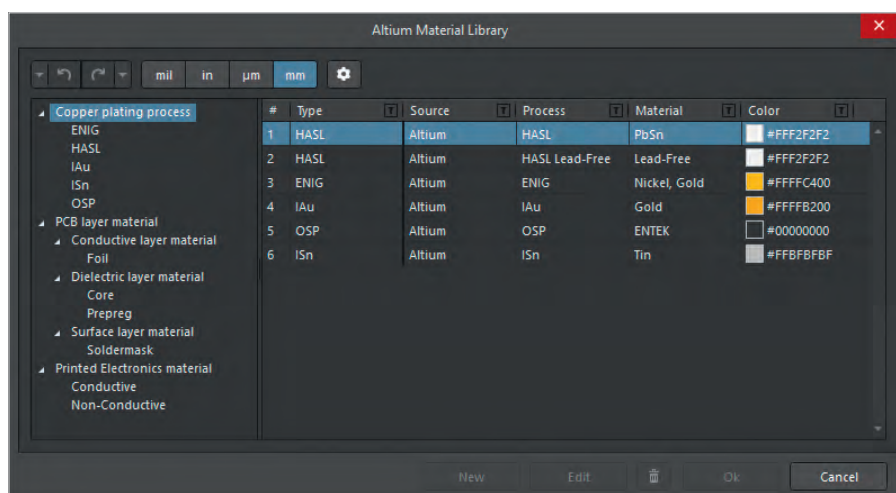


Рис. 4. Библиотека материалов Altium

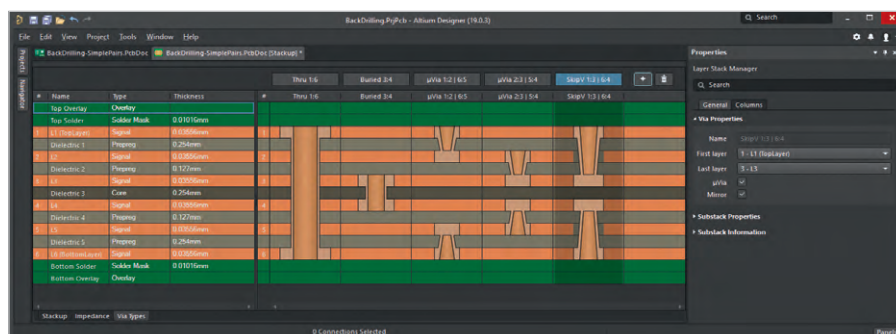


Рис. 5. Настройка типов переходов

ных отверстий. В наглядной графической форме здесь показано, какие типы переходов могут быть использованы в текущем проекте (см. рис. 5).

В связи с использованием компонентов Flip-Chip и однокристальных корпусов применение микропереходов становится всё более популярным в проектах с высокой плотностью монтажа. Благодаря своим исключительно малым размерам микропереходы позволяют повысить плотность монтажа и умень-

шить потенциальные проблемы целостности сигналов.

Определение микропереходов также осуществляется в обновлённом *Layer Stack Manager*. Как и обычные переходные отверстия, микропереходы автоматически используются в ходе интерактивной трассировки на основе изменения слоя и применяемых правил проектирования.

Помимо этого, в обновлённом *Layer Stack Manager* доступны инструменты для определения и настройки обратного

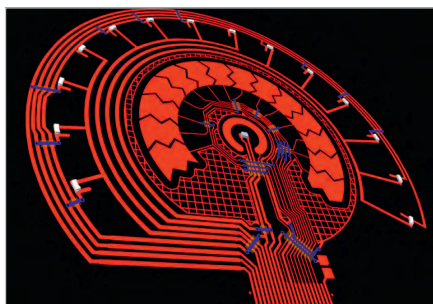


Рис. 6. Пример топологии устройства печатной электроники

высверливания гибко-жестких печатных плат и устройств печатной электроники.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ПЕЧАТНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Перспективным направлением развития проектирования и разработки электронных изделий является возможность печати электрических цепей непосредственно на подложку, подобно литью пластика, так что эти цепи становятся частью изделия (см. рис. 6).

Существует ряд подходов для создания печатной электроники, в том числе 3D-печать проводящими чернилами, штамповка для создания проводников и простых элементов, таких как транзисторы, лазерное осаждение, с помощью которого можно получить проводящие пути очень малых размеров сверхвысокой точности.

Для определения текущего проекта как устройства печатной электроники следует выбрать соответствующую команду в *Layer Stack Manager*. После этого диэлектрический слой между верхним и нижним проводящими слоями (стеклотекстолитовая подложка традиционной платы) исчезнет, поскольку в печатной электронике этот диэлектрический слой не используется. Вместо этого, если в структуре содержатся 3 или более слоёв, для каждого из них можно

задать тип *Conductive* («Проводящий») или *Non-Conductive* («Непроводящий»).

Цепи в проекте печатной электроники трассируются тем же способом, что и в традиционных платах – с помощью интерактивной трассировки. Каждый проводящий слой, по сути, является отдельным проходом при печати проводящего рисунка. Области непроводящего материала используются для изоляции друг от друга пересекающихся трасс различных цепей. Эти области могут быть заданы вручную либо с помощью инструмента *Dielectric Shapes Generator* (см. рис. 7).

УЛУЧШЕНИЯ В ОПРЕДЕЛЕНИИ СБОРКИ МНОГОМОДУЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Возможности проектирования устройств, состоящих из нескольких электронных модулей (Multi-Board), впервые появились в Altium Designer версии 18.0 [2]. В новой версии добавлены возможности редактирования сборки многомодульного устройства, подобные таковым в механических САПР (MCAD). Поддерживаются следующие функции:

- возможность создавать сопряжения между объектами (см. рис. 8):
 - сопряжение на основе выбранного расположения на поверхности;
 - фиксация сопряжений;
 - работа с сопряжением как с единым объектом через дерево сборки в панели Multiboard Assembly;
 - разделение сопряжений на определенное расстояние;
 - улучшенное, быстрое и точное сечение;
 - значительно более быстрая проверка на пересечения;
- отображение гибко-жестких плат в сборке Multi-Board в завершённом согнутом состоянии;
- экспорт в STEP и Parasolid.

Эти новые возможности редактора стали доступны благодаря новому ядру в Altium Designer, разработанному компанией C3D Labs (дочернее подразделение российской группы компаний «АСКОН»).

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕКСТОВОЙ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ГОСТ

Формирование текстовой конструкторской документации является неотъемлемой частью процесса разработки электронных устройств на большинстве отечественных предприятий. В связи с требованиями к формированию этой документации в соответствии со стандартами ЕСКД специалистами российского отделения компании Altium был разработан дополнительный программный модуль (в терминологии ПО Altium – Extension) под названием *GOSTBOM*, позволяющий упростить и ускорить формирование ведомости покупных изделий (ВП), перечня элементов (ПЭЗ) и спецификации на электронные устройства, разработанные в Altium Designer.

Программный модуль *GOSTBOM2.0*:

- позволяет генерировать единичные и групповые отчёты;
- содержит в себе редактируемые шаблоны отчётов;
- не требует предустановленного ПО Microsoft Office;
- может работать через редактор пакетного вывода *Output Job*;
- позволяет вводить параметры проекта согласно ЕСКД через единое диалоговое окно;
- добавляет сформированные документы в дерево проекта;
- содержит в себе шаблоны форматов с A4 по A0 документов листов схемы;

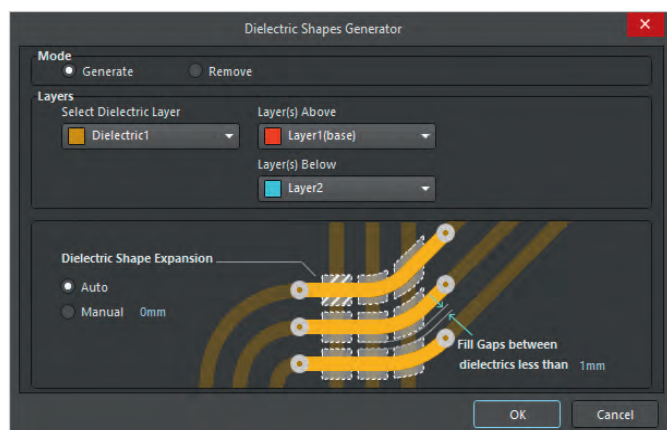


Рис. 7. Диалоговое окно инструмента *Dielectric Shapes Generator*

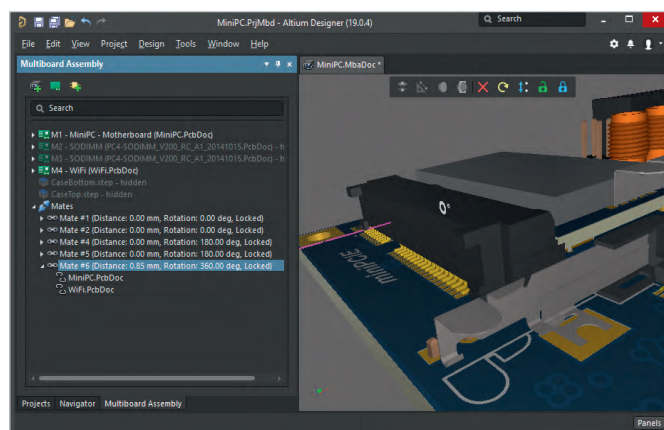


Рис. 8. Задание и редактирование сопряжений в сборке Multi-Board

- позволяет добавлять данные в разделы «Документация», «Материалы», «Комплекты».

УЛУЧШЕНИЯ РЕДАКТОРА DRAFTSMAN

Редактор чертежей *Draftsman* предлагает ряд новых возможностей для добавления дополнительной информации в конструкторскую документацию, в том числе касающихся поддержки стандартов ГОСТ, а также улучшения интерфейса пользователя и производительности.

Чертёжные виды платы

В редакторе *Draftsman* доступны новые чертёжные виды – реалистичный вид платы (*Board Realistic View*), который позволяет добиться лучшей визуализации данных, отражённых на чертеже (см. рис. 9), а также вид регионов платы (*Board Region View*), позволяющий включить в чертёж точное представление платы со множеством стеков слоёв, например гибко-жесткой ПП (см. рис. 10).

На виды *Board Assembly View* и *Board Fabrication View* теперь есть возможность добавить дополнительную информацию о слоях, что позволяет гибко включать в документы *Draftsman* необходимые данные о топологии слоёв и определённых механических слоях (см. рис. 11). Настройка отображения этой информации осуществляется в свойствах видов с помощью панели *Properties* через новую вкладку *Layers* («Слой») и раздел *Show additional data* («Отобразить дополнительную информацию»).

Инструменты аннотирования

Редактор *Draftsman* теперь включает объект *Center Mark* («Метка центра»), который можно разместить на окружности или дуге в документе. После размещения метки центра она находит центральную точку (начало радиуса) окружности или дуги и фиксируется на ней. Далее эту метку можно использовать в качестве точки отсчёта для размещения линейного или ординатного размера.

Редактор *Draftsman* расширяет набор информации о механической части изделия, которую можно добавить в чертежи, – теперь есть возможность размещения символов паяных и клеевых соединений согласно ГОСТ.

Символы, обозначающие паяные и клеевые механические соединения, определены стандартом

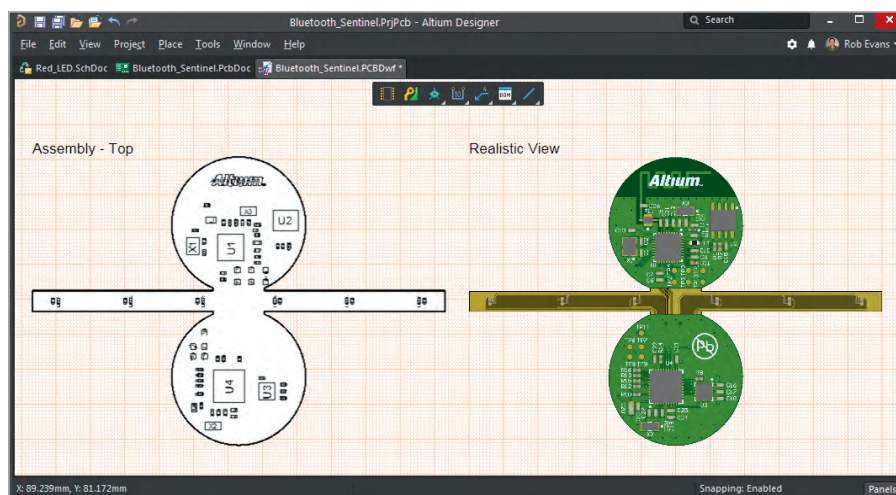


Рис. 9. Вид *Board Realistic View* (справа)

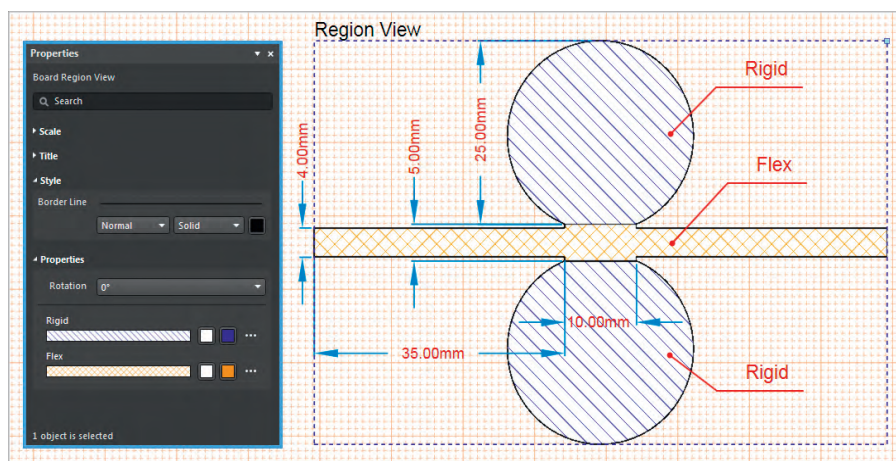


Рис. 10. Вид *Board Region View*

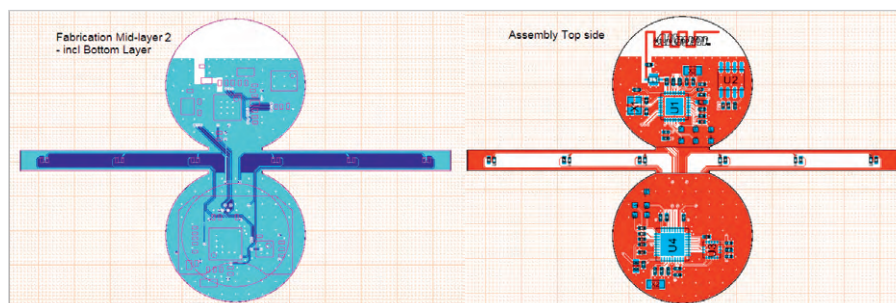


Рис. 11. Информация о проводящих слоях на видах *Board Fabrication View* (слева) и *Board Assembly View* (справа)

ГОСТ 2.313-82 для неразъёмных соединений и доступны в качестве специальных настроек объекта *Callout* («Выноска») (см. рис. 12). После размещения выноски, обозначающей паяное или клеевое соединение, можно выбрать специальный символ из выпадающего списка *Symbol* в панели *Properties*, где доступны параметры для обозначения этих соединений (*Soldering u Gluing* соответственно). Кроме того, доступна опция для обозначения обработки по контуру (*Processing of the contour*).

Нумерация листов

В новой версии доступен параметр нумерации листов, который соответствует ГОСТ 2.104.

В отличие от существующего *SheetNumber*, новый параметр *SheetNumber_OneSheet* не отображает номер текущего листа, если документ *Draftsman* содержит только один лист. Если документ содержит множество листов, *SheetNumber_OneSheet* ведёт себя точно так же, как и стандартный параметр *SheetNumber*. Параметры нумерации обычно используются в шаблонах листов *Draftsman*.

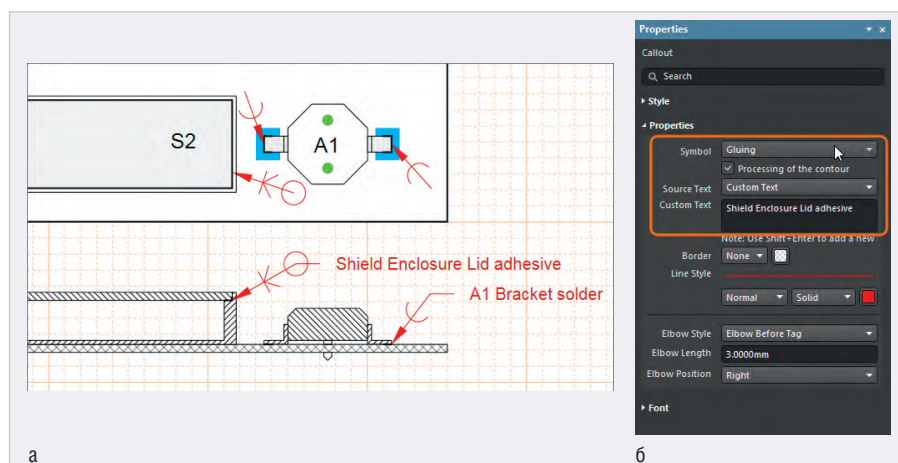


Рис. 12. Обозначение клеевых и паяных соединений по ГОСТ: а) отображение на чертеже; б) настройка в свойствах объекта *Callout*

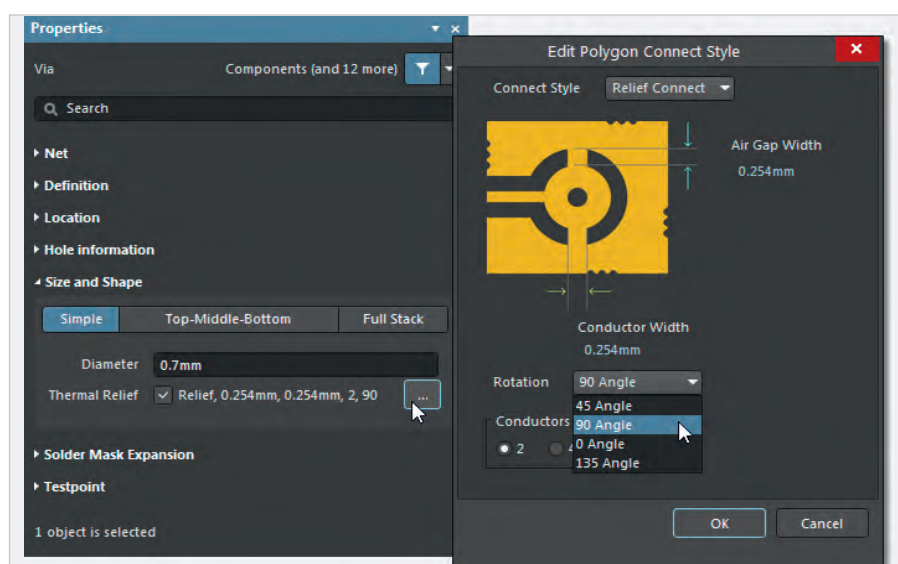


Рис. 14. Определение стиля теплового соединения переходного отверстия с полигоном через свойства объекта

ПРОЧИЕ УЛУЧШЕНИЯ

Панели *Components* и *Part Search*

Новая панель *Components* разработана в качестве эффективной замены существующей панели *Libraries*. Она предоставляет прямой доступ ко всем компонентам, в том числе к управляемым, находящимся на подключённом сервере управляемых данных. Панель содержит все данные, относящиеся к выбранному компоненту, в том числе модели, параметры, техническую документацию и, для управляемых компонентов, варианты выбора и данные об использовании. Для управляемых компонентов панель *Components* также предоставляет новую возможность многофункционального поиска, доступную в новой панели *Parts Search*. Для упрощения поиска новых компонентов в ней имеются адаптивный набор фильтров (в том числе фильтры, учитывающие единицы измерения параметров) и возмож-

ность вывода списка, отсортированного по таким параметрам, как уровень запасов, доступность моделей и цена.

Улучшения *ActiveBOM* и менеджера отчётов о составе изделия

В новой версии Altium Designer редактор *ActiveBOM* завершил переход к функциональным возможностям, ориентированным на производителей. Использование номера компонента изготовителя (Manufacturer Part Number – MPN) в качестве базового параметра обеспечивает полный доступ к информации о цепочке поставок, предоставляемой облачным сервисом *Altium Parts Provider*, в том числе к данным об уровне запасов, цене и статусе жизненного цикла, в режиме реального времени.

Новый менеджер *BOM Report Manager*, тесно интегрированный с *ActiveBOM*, упрощает процесс создания отчётов о

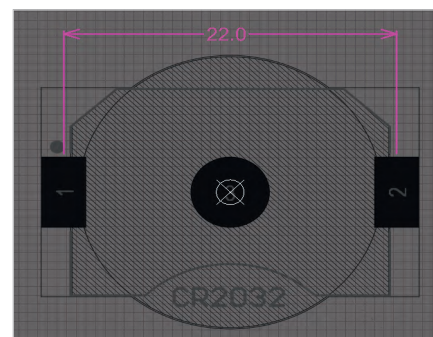


Рис. 13. Линейный размер в посадочном месте

составе изделия, что делает его более простым и функциональным.

Неограниченное количество механических слоёв

В Altium Designer 19.0 можно добавлять любое количество механических слоёв. Они поддерживают определение номера слоя *Layer Number* и типа слоя *Layer Type*.

ДОБАВЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ В ПОСАДОЧНЫЕ МЕСТА

В редакторе библиотек посадочных мест теперь можно размещать размеры (см. рис. 13). Размеры не передаются в редактор плат при использовании этого посадочного места на плате.

Управление тепловыми соединениями контактных площадок и переходных отверстий на уровне объекта

Стиль теплового соединения с полигонами (*Thermal Relief*) размещённой контактной площадки или переходного отверстия теперь может быть определён через панель *Properties* (см. рис. 14). Настройка теплового соединения отдельных контактных площадок / переходных отверстий обладает более высоким приоритетом перед стилем, определяемым активным правилом *Polygon Connect Style*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье представлен обзор лишь основных нововведений Altium Designer 19.0. Подробно ознакомиться со всеми возможностями и улучшениями новой версии можно на странице документации Altium [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. www.altium.com/documentation/ru/19.0/display/ADES/New+in+Altium+Designer
2. Демидов П. Altium Designer 18.0: обзор новых возможностей. Технологии в электронной промышленности. 2018. № 1.
3. www.altium.com/documentation



НОВОСТИ МИРА

KEYSIGHT И XIAOMI ОБЪЕДИНЯЮТ УСИЛИЯ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ РАЗРАБОТКИ УСТРОЙСТВ 5G NR

Компания Keysight Technologies объявила о том, что Xiaomi Corporation – ведущий китайский производитель электронного оборудования – выбрала её в качестве единственного поставщика решений для эмуляции сетей 5G с целью ускорения разработки мобильных устройств стандарта 5G NR.

Для достижения повышенных скоростей передачи данных в устройствах 5G, работающих в миллиметровом диапазоне, широко применяются фазированные антенные решётки и методы формирования диаграммы направленности. Набор инструментов Keysight 5G RF DVT поддерживает последний, 15-й релиз спецификаций 3GPP 5G New Radio (NR), включая методы формирования диаграммы направленности и управления лучом в диапазонах до 6 ГГц и в миллиметровом диапазоне частот. Обладая широчайшим набором функциональных возможностей, этот набор инструментов позволяет компании Xiaomi проверять характеристики мобильных устройств 5G с помощью простых средств для создания, исполнения и анализа сценариев тестирования в контролируемых лабораторных условиях.

Набор инструментов 5G RF DVT входит в состав пакета решений для эмуляции сетей компании Keysight, который позволяет производителям мобильных устройств упростить технологические процессы на всех этапах – от разработки и раннего прототипирования до проверки конструкции и производства. Эти решения предоставляют возможность измерять характеристики устройств и выполнять их проверку по радиоэфиру в реальных условиях. Используя контрольно-измерительные возможности и сценарии тестирования, определённые создателями чипсетов и операторами мобильной связи, производители абонентских устройств смогут легко проверять их параметры, ускорять разработку и достигать надёжных результатов.

Пресс-служба Keysight Technologies

Глобальный рынок IoT к 2023 году достигнет \$318 млрд

Глобальный рынок технологий Интернета вещей (IoT), который состоит из программного обеспечения, сервисов, услуг подключения и устройств, в 2018 году достиг \$201 млрд. Согласно прогнозам аналитической компании Global Data, к 2023 году его

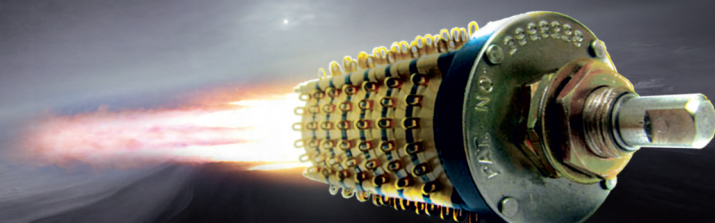


объём составит \$318 млрд при совокупном годовом приросте (CAGR) в 20%.

На рынке лидируют решения для коммунальных и производственных предприятий. Аналитики оценивают их возможности в 58% в этом году и 55% рынка в 2023 году. Энергетике и транспорту эксперты отводят 15% рынка в течение прогнозируемого периода. Наибольшим потенциалом прибыли на рынке обладают программное обеспечение и сервисы, такие как проектирование, установка, обслуживание и управление проектами, а также IoT-платформы, услуги по разработке приложений и ПО.

С точки зрения внедрения IoT на производстве предприятия только начинают использовать технологию для более эффективного контроля над расходами или повышения производительности. Применения IoT становятся обширней, он набирает привлекательность для компаний.

Новости Интернета вещей

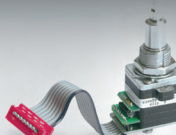



Грандиозная надежность.
Любая задача выполнима!

Компоненты для промышленного назначения








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



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

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



Высокотехнологичный карго-культ на примере микроэлектроники

Сергей Волковой (svolkovoy@gmail.com)

Разговоры о российских высоких технологиях вести непросто: многие вещи не принято говорить на публику, многие просто не совсем понятны большинству людей. Однако такой обстоятельный разговор просто необходим: когда имеешь определённые контакты в российской и европейской среде и получаешь информацию с обеих сторон санкционного противостояния, просто невозможно не задуматься о текущем положении и перспективах развития ситуации.

Микроэлектроника, по ряду причин, – одна из самых болезненных тем российской сферы высоких технологий, и главной из этих причин является очень сильная и очевидная зависимость от импорта.

Отсталость в сфере микроэлектроники в частности и в компонентной базе в целом констатируют многие представители отрасли, в том числе и публично. Например, в докладе [1], подготовленном ассоциацией разработчиков и производителей электроники (АРПЭ), утверждается, что главной проблемой отечественной электронной отрасли является малый масштаб деятельности предприятий. Доля выпускаемых в РФ электронных устройств составляет десятки доли процента от общемирового объёма производства. При этом речь идёт о конечной продукции, а не о компонентах, ситуация с которыми существенно хуже.

Нужно сказать, что, несмотря на санкции (а может, во многом и благодаря им), электронная промышленность РФ демонстрирует устойчивый рост в течение ряда лет, однако даже самые крупные производители конечных устройств всё же достигли довольно небольших объёмов по сравнению с мировыми концернами. Ни размеры существующих рынков сбыта, ни инвестиционные возможности не позволяют им финансировать разработку и производство элементной базы без внешней поддержки.

Если в Германии, например, такие гиганты как Bosch и Siemens с его дочерней фирмой Infineon вполне в состоянии формировать достаточно крупную «экосистему» (от компонентов до конечных устройств), то в России о таких масштабах можно только мечтать. При этом указанные компа-

нии и в Европе, и в Германии далеко не единственные. В Европе есть ещё и такие важные игроки, как NXP, выросший из Philips, и ST Microelectronics (бывший Thomson), а также масса более мелких производителей.

Даже самые крупные российские изготовители электроники в случае финансирования разработки микросхем для собственных нужд при самом благоприятном исходе получают экономическую отдачу от такого шага примерно лет через 8–10. Для данной отрасли это целая вечность – обычно разработка должна окупаться за год-полтора. Некоторые компоненты примерно столько и «живут» на конвейере. Например, Dialog Semiconductor поставляет контроллеры питания для различных устройств Apple и под каждый новый iPhone, iPad или iWatch разрабатывает новую линейку контроллеров питания. Конечно, на этом рынке объёмы гигантские: порядка миллиона изделий в сутки! В этом случае реально окупить за короткий срок все затраты на разработку, тестирование (один из козырей Dialog Semiconductor) и т.д. Более того, с окончанием разработки одних контроллеров сразу же начинается создание следующего поколения. Процесс движется в режиме нон-стоп. Короткий срок производства с лихвой компенсируется гигантскими объёмами.

Конечно, существует множество компонентов, которые производятся годами и даже десятилетиями (возможно, с небольшими доработками), но эффект масштаба в этой отрасли является ключевым. Разработка микросхемы целесообразна лишь в том случае, если предполагаемое количество изделий с её использованием превысит некоторое пороговое значение.

Понятно, что электронные компоненты сами по себе никакой ценности не представляют – они интересны ровно настолько, насколько полезны и востребованы конечные устройства, использующие их. Исходя из этого, отрасль может развиваться только при одновременном развитии отрасли-потребителя. В Европе хорошо развит автопром, соответственно, хорошо себя чувствуют и производители автомобильной электроники и компонентов.

Мобильные устройства, те же смартфоны, производятся преимущественно в Азии, в частности в Китае, но компоненты для них разрабатываются и производятся в разных странах, в т.ч. в Европе и США. Не стоит полагать, что все высокотехнологичные производства вывезены в Азию – самые передовые из них находятся как раз во Франции, Германии, Австрии, США и Японии. Да, мировой лидер по производству микросхем TSMC находится на Тайване, но, во-первых, эта компания имеет очень тесные связи с США (настолько тесные, что китайским инвесторам не дали стать акционерами TSMC), а во-вторых, есть масса не менее уникальных и полезных технологий, которые не сводятся к малым нанометрам (мировой лидер – TSMC). Большинство владельцев таких технологий как-раз таки находятся в Европе.

Не так давно Infineon, дочернее предприятие Siemens, выпустило линейку мощных полевых транзисторов, производимых по новой технологии OptiMOS. Особенностью этих транзисторов являются существенно меньшие паразитные ёмкости в сравнении с аналогичными изделиями других производителей. Производство этих транзисторов находится в Австрии. Есть у Infineon производства и в Германии. Крупный контрактный производитель микросхем для сторонних заказчиков (foundry), немецкая фирма XFAV, владеет уникальной технологией кремния-на-диэлектрике (Silicon-on-insulator) в производстве высоконадёжных компонентов для автопрома и даже авиации и космонавтики.

Чтобы закончить с погружением читателя в технические подробности, стоит

рассказать ещё об одном моменте, на который редко обращают внимание. Иногда производители конечного оборудования, имея достаточный рынок сбыта, заказывают себе специальные микросхемы исключительно для конкретного применения (купить или получить на них документацию невозможно). На первый взгляд, это дорого, но при больших объёмах окупаемо, а главное – скопировать это изделие намного сложнее, чем в случае использования общедоступных компонентов. В мире конкурентной борьбы это аргумент.

Теперь настало время перейти к ситуации в России. Наверное, микроэлектроника – одна из самых пострадавших после развала СССР отраслей. Принято считать, что советская электронная промышленность отставала от передовых стран, однако отставание было по нынешним меркам небольшое, и по объёмам производства микросхем СССР уступал только одной стране – США. И это, замечу, в те времена, когда в Китай ещё не было выведено столько высокотехнологичных производств, как сейчас.

На сегодняшний день микроэлектроника в РФ существует в очень узком пространстве спецприменений – компоненты для космоса и ВПК; но даже там нет полного самообеспечения. При этом представители отрасли утверждают, что это направление развивается.

Мне удалось ознакомиться с несколькими техническими докладами на открытых мероприятиях. Пообщавшись со специалистами, могу сказать, что определённые подвижки действительно есть. Во многом это обеспечивается хорошими позициями РФ в космосе и наличием научной базы времён СССР (ОИЯИ, МИФИ и другие учреждения). Благодаря этому имеются определённые результаты в разработке радиационно стойких компонентов, однако все понимают, что, работая только в этой области, невозможно добиться сколько-нибудь серьёзного долговременного развития.

Желание выйти на гражданский рынок озвучивают буквально все причастные, в т.ч. представители Минпромторга и даже «Роскосмоса», однако даже в сфере спецкомпонентов, где не всё так плохо во многом благодаря госзаказу и другим дотациям, ведутся разговоры о необходимости увеличения объёмов производства. Публично признавать: да, есть спрос на наши спецкомпоненты со стороны иностран-



ных государств, но мы не можем обеспечить приемлемые сроки поставки – это чего-то стоит (да и зависимость от иностранных производителей кристаллов (foundry) тоже существует).

Гражданский рынок имеет свою специфику: здесь на первые роли выходят сроки разработки и поставки, а также цена компонентов, поэтому предложить что-то конкурентоспособное на этом рынке крайне непросто. Однако пока основной обсуждаемый сценарий звучит примерно так: мы сделаем что-то принципиально новое и будем продавать это на внешних рынках.

Такая позиция вызывает несколько вопросов. Первый: почему не рассматривается вариант развития внутреннего рынка? Можно, например, замещать иностранные компоненты отечественными. Можно оценить спрос и начинать замещение с самых востребованных компонентов. Даже если окупить разработку за один-два года не получится, всё равно это будет базой для дальнейшего развития. Вообще, внутренний рынок сильно недооценивается: население России достаточно велико, и если правильным образом повышать реальные доходы населения, то можно добиться увеличения спроса на отечественные товары и компоненты. Например, автопарк в стране довольно старый: средний возраст автомобилей порядка 13 лет. При этом объёмы производства у того же «АвтоВАЗа» составляют в последние годы порядка 300 тыс. автомобилей в год. Для сравнения, концерн Volkswagen производит в год порядка 10 млн автомобилей, а Daimler – более 2 млн. При этом современные автомобили – это очень серьёзный потребитель электроники. Несмотря на всё это, преобладает точка зрения, что выпуск электроники для населения – это скорее ненужные расходы, чем возможное расширение рынка для собственной продукции.

Второй вопрос: почему на внешних рынках российская продукция должна быть интересна? Для того чтобы быть новаторами в сфере любых конкретных технологий – и микроэлектроника не исключение – нужно иметь образ будущего, некое предложение миру, содержащее новизну и заявку на некое благо. На Западе такое предложение есть – это производная от весьма спорной концепции устойчивого развития – экологическая энергетика, а также её подвид – экологический транспорт. Можно сколько угодно считать, что это невыгодно, технологически сложно, не вполне достигает заявленных целей, и даже шутить об этом, но процесс идёт. В Германии установленная мощность только ветроэнергетики превысила уже 50 ГВт. Да, пока коэффициент использования этой мощности невысок, однако и эти вопросы решаются. Возможно, появятся и новые проблемы с ресурсами – например, в данный момент не существует технологии повторного использования лития из аккумуляторов. Очевидно, однако, что для реализации этой концепции уже решено множество научных и прикладных задач, разработано большое количество конкретных изделий и технологий. При этом остаётся совершенно непонятным, для реализации каких проектов собираются осуществлять новые разработки российские «инноваторы». Одножелания идти в ногу со временем и быть не хуже других недостаточно для развития отраслей и тем более страны.

Как вообще можно осуществлять широкомасштабное технологическое развитие при нынешних подходах к образованию, финансовой и социальной сферам? Не хочется сгущать краски, но создаётся впечатление, что капитаны российских инноваций являются скрытыми адептами культа карго, т.к. хотят, чтобы всё было, как на Западе, но при этом не учитывают многих важнейших моментов. И если аборигенам тихооке-

анских островов можно простить сооружение аэродромных вышек, самолётов из дерева и соломы и ожидание, что дары богов в виде еды, одежды и других полезных вещей свалятся буквально с неба, то наблюдать подобные симптомы, пусть и в сколь угодно смягчённой форме, у весьма неглупых и образованных людей подчас просто страшно. Особенно страшно и странно это выглядит потому, что эти представители отрасли делают среди прочего и нужные, полезные дела и в большинстве своём вовсе не настроены деструктивно.

Как иначе воспринимать мечты о стартапах и венчурных компаниях, если даже в странах Запада уже невозможна ситуация 70–80-х годов (время становления нынешних гигантов) с практически пустым рынком, когда любое новшество было сравнительно легко продаваемым? Особенно это удивляет потому, что и в западном менеджменте понятия о ненасыщенном рынке и соответствующей стратегии (blue ocean strategy) и противоположной ситуации с насыщенным рынком, когда нужно «драться» за место (red ocean strategy), являются классикой.

В сфере электронных технологий о «голубом океане» России можно не мечтать, однако вместо борьбы за места для собственных разработчиков и производителей хотя бы на внутреннем рынке имеют место малореалистичные упования на то, что если сейчас создать что-то новое, то за границей это сразу купят. При этом, например, представители ST Microelectronics очень тщательно проверяют заказчиков своих микросхем с целью предотвращения доступа к технологиям России, Северной Кореи и других нежелательных для них стран. Сколько ещё можно игнорировать реальность?

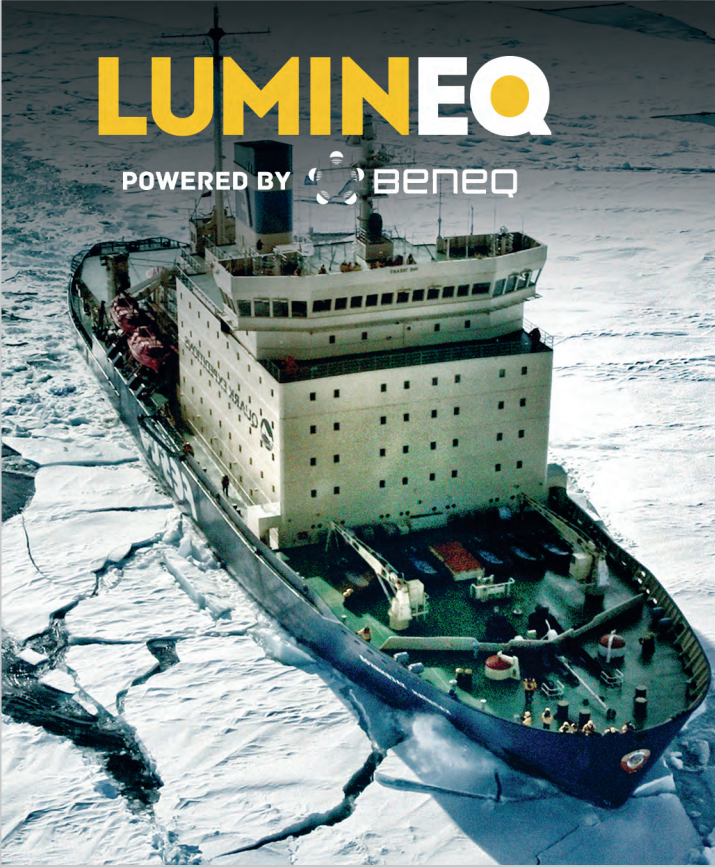
Если допустить усугубление карго-культа, то про развитие можно забыть совсем: копирование внешних форм будет давать всё худший и худший результат. Настоящий рывок возможен только тогда, когда есть привлекательный для многих образ будущего, когда люди понимают, какие возможности, причём не всегда сводимые к материальным благам, он открывает.

Конечно, хорошо, что на поддержку отечественных разработок выделяются какие-то инвестиции, что

сохранился какой-то инженерный и научный корпус, но всё это может очень быстро исчезнуть, если не произойдёт качественный пересмотр концепций как технического, так и социального развития. Годы безвременья, конечно, негативно сказались на многих гражданах, но будущее ещё желанно для очень и очень многих, и передовые технологии как составляющие этого будущего могут быть освоены. Беда в том, что адепты карго-культа уверены в возможности «въехать в рай» путём простого подражания. Сейчас это уже вряд ли возможно, да и целесообразность попадания туда вызывает ряд вопросов. Главное – поскорее избавиться от иллюзий, что без опоры на себя, свою историческую судьбу, без отказа от губительного карго-культа возможно дальнейшее развитие как в области технологий, так и в других сферах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия развития электронной промышленности России: <http://www.arpe.ru/upload/medialibrary/e72/Стратегия%20электронной%20отрасли.pdf> 



LUMINEQ
POWERED BY  **vepeq**

ДИСПЛЕИ ДЛЯ
от -50°C



PROSOFT®
WWW.PROSOFT.RU

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

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 Москве (ЦВК «Экспоцентр», павильон 7.2).

Форум «Территория NDT» – это крупнейшая специализированная выставка средств и технологий неразрушающего контроля и технической диагностики на территории СНГ и Восточной Европы, объединяющая на одной площадке более 100 компаний: ключевых российских и зарубежных разработчиков и поставщиков оборудования, сервисные, учебные и сертификационные центры, вузы, научно-исследовательские институты, специализированные издания.

Разделы форума:

- Неразрушающий контроль и дефектометрия.
- Физико-механические испытания.
- Диагностика и мониторинг технического состояния.
- Оценка и расчет риска возникновения аварий.

- Прогнозирование ресурса узлов и объектов.
- Техническая диагностика.

Свое участие в форуме уже подтвердили ведущие разработчики и производители оборудования НК: NOVOTEST, «Объединённая сварочная компания», RayCraft, АКС, «Галас НДТ», «ДИАПАК», «ИКБ Градиент», Инженерный центр «Физприбор», «КОНСТАНТА», «Мелитэк», НИИИН МНПО «СПЕКТР», НПК «ЛУЧ», НПП «Машпроект», НУЦ «Качество», Национальный исследовательский Томский политехнический университет, «Ньюком-НДТ», «ОЛИМПАС МОСКВА», «Просек Рус», СертиНК ФГАУ НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана, «Спектрофлэш», ЦНИИСМ, «Энергодиагностика», «ЭХО+», ФГБОУ ВО ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, УИЦ РОНКТД «Спектр», «Микроакустика-М», «Алькор», СМ «Климат», «Хеметалл», «СИНЕРКОН» и многие другие.

В рамках деловой программы участия 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.

Отраслевая специфика – металлургия, машиностроение, нефтегазовая и нефтехимическая промышленности, электроэнергетика, атомная промышленность, ОПК, космическая отрасль, авто- и железнодорожный транспорт, гражданская и военная авиация.

www.expo.ronktd.ru

ЖЁСТКИХ УСЛОВИЙ

до +85°C



Основные свойства электролюминесцентных дисплеев

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

Области применения

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

LUMINEO
POWERED BY BENEQ

МОСКВА
(495) 234-0636
info@prosoft.ru

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

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



Реклама

Подводя итоги 2018 года

Подводя итоги 2018 года, хочется вспомнить самые знаменательные и значимые для всех нас события. Не углубляясь в политические дебаты, напомним, что именно в этом году мы сделали свой президентский выбор – инаугурация В.В. Путина прошла чётко по сценарию, как и открытие Крымского моста. Выборы мэра Москвы также не принесли ничего неожиданного – администрация С.С. Собянина продолжила работу. Но пенсионная реформа, увеличившая пенсионный возраст, стала, пожалуй, самым эпохальным предзнаменованием. И даже чемпионат мира по футболу, охвативший соответствующей лихорадкой несколько российских городов, не смог отвлечь отечественных «пенсionеров» от столь глобальной реформации. На фоне происходящего авария «Союза» оказалась в тени политических интриг, а внесённый в Госдуму законопроект о самозанятых привнёс новую эмоцию в экономическую картину России. В декабре из-за протестов Франция отложила повышение налогов на топливо, у нас же бензин дорожает вопреки пожеланиям правительства (Медведев готов ввести грабительские пошлины на топливо), а ещё вдвое повысились цены на парковку в Москве и ужесточились штрафы. И главное: запрещено слово «санкции» – в обращение вводится термин «ограничения», а Штаты продолжают расширять санкционные списки.

В июле 2017 года была утверждена программа «Цифровая экономика РФ». В 2018 году появились первые дорожные карты развития этой программы. Одной из её основных задач является поддержка проектов по преобразованию приоритетных отраслей экономики на основе внедрения сквозных цифровых технологий. 28 июля 2018 года был определён перечень основных сквозных технологий в рамках программы: большие данные, технологии беспроводной связи, технологии виртуальной и дополненной реальности, квантовые технологии, промышленный Интернет вещей, системы распределённого реестра, нейротехнологии и искусственный интеллект, робототехника и сенсорика. На реализацию этих мер планируется направить более 70 млрд рублей до 2021 года.

Впрочем, путеводным маяком для всех приборостроительных предприятий является утверждённая Правительством государственная программа «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 годы», где обозначены основные направления развития отрасли и приоритетные задачи. Именно этот документ формирует портфель государственных заказов и субсидий. Особый интерес вызывает подпрограмма «Специальное технологическое оборудование», направленная на поддержание отечественного машиностроения.

Одним из препятствий в реализации государственных программ является отсутствие современной модели подготовки кадров и системы прикладных научных разработок, а также разрыв между университетами и компаниями-разработчиками. Ключом к решению этой проблемы является организация непрерывного «инновационного цикла», объединяющего подготовку кадров, научные разработки и производство.

Другим камнем преткновения является то, что в течение последних 25 лет российский рынок микро- и радиоэлектроники был ориентирован исключительно на импорт технологий. За эти годы число отечественных разработок в области производства собственного промышленного оборудования резко сократилось, а соответствующие направления подготовки кадров закрылись.

Между тем создание электронной компонентной базы (ЭКБ) и приборов нового поколения представляет собой единство разработки дизайна, основанного на материалах, и новой технологии производства, предполагающей соответствующее оборудование, затраты на которое составляют значимую часть себестоимости конечных изделий. В сложившейся ситуации, не имея собственных компетенций в создании технологического оборудования, особенно с учётом ограничения импорта, мы теряем конкурентоспособность в области производства ЭКБ, в первую очередь из-за цены отечественных компонентов.

Конечно, невозможно обойти вниманием ФЗ № 275 от 29.12.2012 года, регламентирующий взаимоотношения между производителями и поставщиками в формате государственного оборонного заказа, – это работа с предприятиями ОПК и ВПК. Этот ФЗ до сих пор вызывает немало толкований и связан, в том числе, с самим понятием государственного заказа. В ФЗ, воспринимаемом режимными предприятиями в качестве инструкции к действию, прописаны технологические нюансы, с которыми приходится сталкиваться всем, кто ориентируется на рынок оборонной промышленности.

Другим значимым событием в профессиональной жизни российских разработчиков электроники является программа импортозамещения. С лёгкой руки чиновника термин «импортозамещение» стал нарицательно-ругательным. Сегодня уже все понимают, что полностью заместить необходимые компоненты в рамках одной страны невозможно. Отечественным приборостроительным предприятиям, как, впрочем, и ОПК/ВПК, в ближайшей перспективе не обойтись без импортной компонентной базы. Все понимают, что производить в рамках одной страны полный комплект электроники бессмысленно – нужно интегрироваться в мировой рынок. Программа импортозамещения формирует иллюзию поддержки российских производителей электроники, создавая проблемы для других поставщиков. Совсем другое дело – импортонезависимость – суть национальной безопасности, но это уже другая история.

Все эти события формируют некий фарватер, в котором движутся (работают) российские разработчики – производители электроники. Нельзя оставить без внимания ограничения против России и симметричный ответ РФ, которые также не самым лучшим образом сказываются и на отношениях с импортными производителями, поставщиками, и на ведении бизнеса.

Журнал «Современная электроника» работает на рынке, работает по правилам рынка. Журнал, который мы создаём, отражает основные тенденции в отрасли. Редакция участвует во всех профильных мероприятиях, проводит тематические конференции, представляет журнал в регионах в рамках научно-технических конференций и семинаров.

Мы движемся в ногу со временем в направлении новых трендов и инноваций, благодаря чему Вы постоянно имеете доступ к самой свежей, оперативной и актуальной информации.

Оформляйте подписку на журнал «Современная электроника», следите за новостями на нашем сайте.



С уважением,
главный редактор журнала Алексей Смирнов.

В настоящее время журнал «Современная электроника» выпускается в **ПЕЧАТНОЙ** (бумажной) и **ЭЛЕКТРОННОЙ** версиях

ПЕЧАТНАЯ ВЕРСИЯ

доступна по всему миру посредством платной подписки с гарантированной доставкой; предоставляется бесплатная подписка по России для специалистов в области разработки, проектирования и производства радиоэлектронной аппаратуры и систем; предусмотрена покупка отдельных номеров.

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ

предназначено для чтения номеров журнала «Современная электроника» с экранов мобильных устройств.

Для просмотра заранее скачанного номера интернет-соединение не требуется. Для удобства читателей предусмотрена интерактивная навигация – можно воспользоваться гиперссылками, встроенными в содержание номера и в рекламные блоки.

СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ

Специалисты могут следить за последними новостями из мира современной электроники в профилях журнала в Facebook и Twitter.

Благодаря уникальным технологиям социальных сетей новости наших партнёров практически мгновенно становятся доступными для широкой аудитории.

МЕРОПРИЯТИЯ

Журнал «Современная электроника» принимает участие во всех значимых специализированных мероприятиях – выставках, конференциях, семинарах. Именно здесь, на выставках, можно проконсультироваться с сотрудником редакции или бесплатно получить печатную версию журнала.

География этих проектов не ограничивается только российскими выставками, журнал распространяется и по каналам наших партнёров-рекламодателей, выставляющихся на европейских площадках.

ЭЛЕКТРОННАЯ ВЕРСИЯ

доступна по адресу www.soel.ru и дополняется встроенным интерактивом с удобной навигацией по номеру с внутренними и внешними гиперссылками.

Все посетители сайта www.soel.ru могут бесплатно просматривать архивные номера (за исключением пяти последних), а подписчики – ВСЕ номера без ограничений, в том числе самые свежие сразу после их выхода. Электронные версии для покупателей отличаются возможностью скачать и распечатать приобретённые номера журналов.

WWW.SOEL.RU

На сайте журнала всегда можно найти полезную информацию: ознакомиться с новостями или происходящими событиями в мире электронных компонентов, посмотреть фотототчёты с прошедших мероприятий или запланировать посещение интересующей конференции.

Кроме того, на сайте журнала всегда можно оформить бесплатную подписку или приобрести платную версию, если требуются гарантии доставки печатной версии или возможность скачать/распечатать электронную версию. Можно купить и отдельный номер журнала.

Войдя в свой аккаунт на сайте, подписчики и покупатели получают доступ к соответствующим номерам электронной версии журнала.



НОВОСТНЫЕ РАССЫЛКИ

Дополнительно для подписчиков редакция журнала регулярно осуществляет электронные новостные рассылки.

Не менее 2 раз в месяц делается выборка из самых интересных и актуальных новостей российского и мирового рынков, релизов проходящих выставок и конференций, новинок технологий и ЭКБ. Именно эти новости часто цитируют новостные агентства.

Новости, размещённые на сайте www.soel.ru, дублируются на страницах журнала в Twitter и Facebook.

WE DESIGN KITS

ОТБОРНЫЕ КОМПОНЕНТЫ В ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ НАБОРАХ

ВСЕГДА ПОД РУКОЙ

Индуктивности, конденсаторы, синфазные фильтры, ферриты, экранирующие материалы, электромеханические компоненты и многое другое
в сформированных и упакованных по сериям и номиналам
наборах-органайзерах



ГАРАНТИЯ ПОЖИЗНЕННОГО ПОПОЛНЕНИЯ

Закажите прямо сейчас: www.symmetron.ru/wekits



Symmetron

Техническая поддержка: wurth@symmetron.ru
Группа компаний «Симметрон» — эксклюзивный
дистрибьютор компании Würth Elektronik в России.

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

