

# СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

1

2021

ТЕПЕРЬ И НА  YouTube

**КОНТРАФАКТ В АППАРАТУРЕ  
СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**



**В номере:**

Отечественный рынок соединителей и разъемов

Цифровое моделирование узлов радиоэлектронных устройств

Управление крутящим моментом коллекторного двигателя

Введение в платформу Rodin

Микросхемы SRAM памяти от GSI Technology

Телемеханика Александра Фёдоровича Шорина





# Завод Магнетон

## МАТЕРИАЛЫ И ЭКБ МИРОВОГО УРОВНЯ



СВЧ-ФЕРРИТЫ  
Mn-Zn, Ni-Zn  
ФЕРРИТЫ

ИНДУКТИВНЫЕ  
КОМПОНЕНТЫ

СВЧ-КЕРАМИКА  
КЕРАМИЧЕСКИЕ  
РЕЗОНАТОРЫ

СВЧ-ВЕНТИЛИ  
И ЦИРКУЛЯТОРЫ  
СВЧ-ФАЗОВРАЩАТЕЛИ  
СВЧ-ФИЛЬТРЫ





Юрий Широков,  
главный редактор

Здравствуйте, уважаемые читатели!

Год две тысячи двадцатый был далеко не простым, но он стал частью истории, а значит, можно подвести черту.

На первом плане, разумеется, – коронавирус: эпидемия стала жёстким испытанием на прочность для всех экономик мира без исключения. Первый шок уже позади, но жизнь оказалась разделённой на «до» и «после». «До» – свобода общения и беспрепятственные путешествия по миру; «после» – маски, социальная дистанция, измученные врачи, нехватка ИВЛ и лекарств, локдауны, ежедневные сводки о новых жертвах эпидемии. На фоне этого многие прошлые проблемы кажутся смешными и надуманными.

Внезапное разрушение привычного жизненного уклада сначала вызвало панику. Но человек приспосабливается ко всему, и вот небывало расцветают онлайн-сервисы. На удалёнку отправились не только работники офисов: магазины, предприятия общепита, развлекательные учреждения; бурно развиваются доставка товаров и продуктов на дом, школьное и ВУзовское онлайн-образование; даже выставки, музеи и театры теперь можно посещать, не выходя из дома.

Несмотря на уверенность в будущей победе над коронавирусом мы продолжаем работать на удалёнке, и, согласно исследованию портала SuperJob, желающих закрепить такой статус впредь стало вдвое больше.

А что же в мире высоких технологий?

Этот год ознаменовался развитием беспроводных коммуникаций во всех ипостасях. В частности, большие надежды подают LoRa, и 5G. В первую очередь – как основа глобального Интернета вещей. Вообще, Интернет вещей стал локомотивом, тянущим за собой многие направления. Это и Бигдата, и нейросети, и неразрывно с ними связанный искусственный интеллект. Можно констатировать начало серьёзного применения технологий дополненной реальности и ИИ в промышленном производстве. Укрепляется и оптимизм по поводу использования ИИ для управления автономными роботами и беспилотным транспортом. Разумеется, всё это немислимо без высокопроизводительных вычислительных средств, и в 2020 году мы стали свидетелями переориентации основных игроков рынка на более совершенные 5-нм технологии производства чипов и даже опытов над 3- и 2-нм процессами. Для сравнения – диаметр атома водорода (самого маленького из всех химических элементов) равен 0,1 нм. Благодаря этим достижениям современные чипы могут содержать десятки миллиардов транзисторов на одном кристалле.

Илон Маск (кто же о нём не знает!) запустил в 2020 свой вакуумный поезд, который благодаря линейному двигателю смог разогнаться до 460 км/ч, а в перспективе обещает оставить далеко позади современный авиалайнер. 30 мая 2020 года Space Exploration Technologies Corporation вывела на орбиту двух астронавтов НАСА на космическом корабле Crew Dragon. Это был первый в мире успешный коммерческий запуск многоэтажного космического аппарата с людьми на борту.

Ваша «Современная электроника» в 2020 году тоже не сидела сложа руки: в прошедшем году мы основали новый проект на YouTube-канале, опубликовали множество статей на самые разные темы из области электроники. В наших планах сотрудничество с новыми авторами и масса интереснейших публикаций, работа над улучшением портала «Современной электроники», освещение выставок и конференций, а также интервью с интересными людьми и обзоры хайтек-продуктов на нашем видеоканале.

Будем ближе друг к другу, несмотря на всем известные ограничения и сложности. Присоединяйтесь к крупнейшему сообществу специалистов в области электроники: ждём вас на страницах нашего журнала в соцсетях.

Всего вам доброго!

## MARKET

- 4 Russian Market News**
- 10 Counterfeit Components in Special-Purpose Hardware**  
*Victor Zhdankin*
- 14 Russian market profile by manufacturers of connectors and connectors**  
*Ilya Lebedev*

## ELEMENTS AND COMPONENTS

- 22 Industry 4.0 and the reliability of network communications**  
*HARTING company*
- 25 The SRAM NBT and SyncBurst microcircuits from GSI Technology**  
*Evgeny Pavlyukovich*
- 28 Potential industrial trends and future-proof solutions from HARTING**  
*Olga Romanovskaya*

## ENGINEERING SOLUTIONS

- 30 Control of Standa motorized positioners using Onitex stepper motor controllers**  
*Sergey Shishkin*
- 36 The High-Resolution Digital Voltmeter.**  
**Part 3. Wiring, PCB fabrication and device assembly**  
*Alexey Kuzminov*
- 38 Electronic reducer. How to increase the torque of the rotational motor at low rpm.**  
**Part 1**  
*Alexey Kuzminov*

## DESIGN AND SIMULATION

- 44 Formal deductive analysis of an automaton algorithm for controlling an endogas generator using the Rodin platform.**  
**Part 2. Control Algorithm and Rodin Platform**  
*Maxim Neizov*
- 48 About new representation of the phase difference distribution**  
*Vladimir Bartenev*
- 50 Physical and Mathematical Modeling of Energy Processes in Impulsive Straight Xenon Lamps, Operating in Electrical Circuits.**  
**Part 2**  
*Yuriy Mandryko, Alexandr Chirtsov*
- 54 Developing models of Digital SimCode elements for Altium Mixed Sim**  
*Yuri Legan*
- 60 Digital modeling of digital and digital-analogue nodes in the Delta Design Simtera system**  
*Nikita Malyshev*

## PAGES OF HISTORY

- 64 'Zavod Magneton': 120 years on the road of success**
- 66 Telemechanics of Alexander Fedorovich Shorin. Dedicated to the 130th anniversary of the scientist's birth**  
*Vladimir Bartenev*

Журнал «Современная электроника»

Издаётся с 2004 года

Главный редактор Ю. В. Широков  
Заместитель главного редактора Д. А. Трофимов  
Редакционная коллегия А. Е. Балакирев, В. К. Жданкин,  
С. А. Сорокин, Р. Х. Хакимов  
Вёрстка А. М. Бабийчук  
Обложка Д. В. Юсим  
Распространение А. Б. Хамидова (info@soel.ru)  
Реклама И. Е. Савина (advert@soel.ru)

Учредитель и издатель ООО «СТА-ПРЕСС»

Генеральный директор К. В. Седов

Адрес учредителя и издателя:

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

Почтовый адрес: 119313, Москва, а/я 26

Тел.: (495) 232-0087 • Факс: (495) 232-1653

info@soel.ru • www.soel.ru

Производственно-практический журнал

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

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия (свидетельство ПИ № ФС77-18792 от 28 октября 2004 г.)

Отпечатано: ООО «МЕДИАКОЛОП».

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, 2021

## ПОДПИСКА

### БЕСПЛАТНАЯ ПОДПИСКА ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ

на электронную версию журнала. Условие сохранения такой подписки – своевременное её продление каждый год.

### ПЛАТНАЯ ПОДПИСКА на печатную версию –

это гарантированное получение журнала по любому указанному вами адресу!

С УСЛОВИЯМИ ОФОРМЛЕНИЯ ПЛАТНОЙ ПОДПИСКИ  
МОЖНО ОЗНАКОМИТЬСЯ НА САЙТЕ WWW.SOEL.RU

# СОДЕРЖАНИЕ 1/2021

## РЕКЛАМОДАТЕЛИ

AdvanteX . . . . .	23
BENEQ . . . . .	20
EREMEX . . . . .	63
Huve . . . . .	47
Keysight . . . . .	4-я стр. обл., 8
PCB SOFT . . . . .	7
Schneider Electric . . . . .	4
Smiths Interconnect . . . . .	49
TDK-Lambda . . . . .	9
XP EMCO . . . . .	19
Завод Магнетон . . . . .	2-я стр. обл., 7
ММП-Ирбис . . . . .	5
ПЛАТАН . . . . .	6
ПРОСОФТ . . . . .	4, 5, 6
Радиокомплект – ВП . . . . .	5
Совтест АТЕ . . . . .	7
ЮЕ-ИНТЕРНЕЙШНЛ . . . . .	6

### Читайте в «СТА» № 1/2021:

Sensorik 4.0: второе дыхание канбана

Зона покрытия: надёжный Wi-Fi для промышленной автоматизации

Знакомые все вены: PLUSOpenVein Toolkit упрощает биоидентификацию

IoT на ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ: автоматизация подвижного состава в партнёрстве с nVent SCHROFF

От PLC до PAC: развитие вычислительных платформ для Интернета вещей



Оформляйте подписку на журнал «СТА» и читайте печатную версию или электронную версию на [www.cta.ru](http://www.cta.ru)

## РЫНОК

- 4** Новости российского рынка
- 10** Контрафактные компоненты в аппаратуре специального назначения  
*Виктор Жданкин*
- 14** Срез рынка России по производителям соединителей и разъёмов  
*Илья Лебедев*

## ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- 22** Индустрия 4.0 и надёжность сетевых коммуникаций  
*Компания HARTING*
- 25** Микросхемы SRAM-памяти NBT и SyncBurst от GSI Technology  
*Евгений Павлюкович*
- 28** Потенциальные направления в промышленности и перспективные решения от компании HARTING  
*Ольга Романовская*

## ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

- 30** Управление моторизованными позиционерами Standa с помощью контроллеров шаговых двигателей «Онитекс»  
*Сергей Шишкин*
- 36** Цифровой вольтметр с высоким разрешением. Часть 3. Разводка, изготовление плат и сборка устройства  
*Алексей Кузьминов*
- 38** Электронный редуктор. Как кардинально увеличить крутящий момент коллекторного двигателя переменного тока на низких оборотах. Часть 1  
*Алексей Кузьминов*

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 44** Формальный дедуктивный анализ автоматного алгоритма управления генератором эндогаза с помощью платформы Rodin. Часть 2. Алгоритм управления и платформа Rodin  
*Максим Нейзов*
- 48** О новом представлении распределения разности фаз  
*Владимир Бартенев*
- 50** Физико-математическое моделирование энергетических процессов в импульсных прямых ксеноновых лампах, работающих в электрических схемах. Часть 2  
*Юрий Мандрыко, Александр Чирцов*
- 54** Разработка моделей цифровых элементов Digital SimCode для Altium Mixed Sim  
*Юрий Леган*
- 60** Цифровое моделирование цифровых и цифро-аналоговых узлов в системе Delta Design Simtera  
*Никита Мальшев*

## СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

- 64** «Завод Магнетон»: 120 лет пути к успеху
- 66** «Телемеханика Александра Фёдоровича Шорина. К 130-летию со дня рождения  
*Владимир Бартенев*

# Новости российского рынка

## СОБЫТИЯ

### ПРЕЗИДЕНТ SCHNEIDER ELECTRIC В РОССИИ И СНГ ПРИНЯЛ УЧАСТИЕ В ПЕРВОМ ЕВРАЗИЙСКОМ КОНГРЕССЕ

Москва, 08 декабря 2020 года – Президент Schneider Electric, мирового лидера в предоставлении цифровых решений в области управления электроэнергией и автоматизации, в России и СНГ и председатель правления Ассоциации европейского бизнеса Йохан Вандерплаетсе выступил на Первом Евразийском конгрессе в рамках сессии «К Большой Евразии через сопряженность государств, бизнеса и людей». Мероприятие прошло 4 декабря 2020 года в Москве.

Участники сессии обсудили возможности и вызовы сотрудничества стран Европы и Азии в области таможенного регулирования, стандартизации, развития инфраструктуры и экологии. В своем вступительном слове Йохан Вандерплаетсе отметил, что европейский бизнес поддерживает любую инициативу, облегчающую ведение бизнеса, и

поэтому он поддерживает деятельность Евразийского экономического союза (ЕАЭС). Среди факторов, благоприятствующих развитию бизнеса в рамках сотрудничества ЕАЭС, спикер назвал унификацию таможенного кодекса, широкие возможности по экспансии рынка для компаний, упрощение технической сертификации и повышенную мобильность на рынке труда.

Йохан Вандерплаетсе подчеркнул важность тесного политического и экономического взаимодействия, особенно по направлениям гармонизации регулирования НДС, создания общего фармацевтического рынка, развития логистики и таможенного законодательства. «Это поможет установлению диалога, который сейчас нужен больше, чем когда-либо», – прокомментировал спикер.

Президент Schneider Electric в России и СНГ также обратил внимание на необходимость селективного взаимодействия по вопросам, которые имеют широкое стратегическое значение. Например, по лик-



видации торговых барьеров для распространения технологий, которые помогают бороться с изменением климата. Он отметил, что выборочное взаимодействие является одним из так называемых «пяти основополагающих принципов» отношений между ЕС и Россией, и текущие результаты демонстрируют целесообразность такого подхода.

[www.se.com](http://www.se.com)

## ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

### 4-дюймовый TFT-дисплейный модуль повышенной яркости с резистивным сенсорным экраном

Компания **Raystar Optronics, Inc** объявила о начале выпуска 4-дюймового TFT-модуля **RFA6400E-AWH-MNS** квадратной формы с разрешением 480×480 точек. Дисплейный модуль имеет широкий угол обзора в горизонтальной и вертикальной плоскости, благодаря применению технологии планарной адресации IPS (In Plane Switching). Контрастность изображения 800:1, яркость свечения экрана 700 кд/м<sup>2</sup> позволяет наблюдателям считывать четкое изображение или видеоизображение при ярком внешнем освещении или в солнечный день. Работой дисплея управляет встроенная микросхема драйвера-контроллера ST7701S, поддерживающая 2-проводный MIPI DSI интерфейс. Дисплейный модуль оснащён резистивным сенсорным экраном для упрощения пользовательского интерфейса; если требуется дисплей без сенсорного экрана можно заказать модель **RFA6400E-AWH-MNN**.

TFT-модуль характеризуется широким диапазоном рабочей температуры от –30 до +80°C, температура хранения также от –30 до +80°C. Благодаря этим преимуществам – высокая яркость, широкий угол наблюдения и широкий диапазон рабочей температуры – этот TFT-модуль является хорошим устройством для таких применений, как портативные испытательные приборы, медицинская аппаратура, бытовые приборы для дома с компьютерным управлением и т.д.

#### Основные технические характеристики TFT-модуля RFA6400E-AWH-MNS:

- размер экрана по диагонали: 4";
- точечная матрица: 480×3(RGB)×480 точек;
- габариты модуля: 78,8×82,95×6,37 мм;
- рабочая площадь экрана: 71,856×70,176 мм;
- шаг пикселя: 0,1497×0,1462 мм;
- тип дисплея: TFT, с задней подсветкой, нормально чёрный;
- угол наблюдения: 80°/80°/80°/80°;
- соотношение размеров сторон: 1:1;
- интерфейс: MIPI, 2-проводной;
- микросхема драйвера-контроллера: ST7701S или эквивалентная;



- типа системы задней подсветки: светодиодная, белого свечения;
- сенсорный экран: резистивный;
- поверхность экрана: антибликовая.

[www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)

## ЭЛЕКТРОННЫЕ ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩИЕ АППАРАТЫ ДЛЯ БАКТЕРИЦИДНЫХ ЛАМП И РЕЦИРКУЛЯТОРОВ

Компания ООО «ММП-Ирбис» представляет электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА) серии АПП2К для питания трубчатых бактерицидных ламп низкого давления. Особенностью ЭПРА является наличие защищённого вспомогательного канала с выходным напряжением 12 В или 24 В для питания вентиляторов и блока управления бактерицидного рециркулятора. Выпускается 2 варианта ЭПРА: с питанием от сети переменного тока и с низковольтным питанием 12 В или 24 В от бортовой сети автотранспорта или аккумулятора.

Основные области применения ЭПРА – бактерицидные рециркуляторы и облучатели для транспорта, медицинских учреждений, магазинов, мест массового пребывания людей.



Схемотехнические решения, применённые в предлагаемых ЭПРА, обеспечивают надёжное зажигание и эффективную работу ламп, значительно повышают срок службы, а также защищают сам ЭПРА от выхода из строя при исчерпании ресурса ламп или их повреждении.

Серийно выпускаются ЭПРА для широко распространённых бактерицидных ламп, как ДБ 15, ДБ 18, ДБ 30, ДБ 36. Каждое из исполнений ЭПРА универсально и позволяет подключать либо две лампы, либо одну с вдвое большей мощностью.

Сетевой вариант ЭПРА имеет встроенный активный корректор коэффициента мощности и соответствует требованиям таких стандартов по электромагнитной совместимости, как ГОСТ Р МЭК 61347-1, ГОСТ 30804.3.2 (IEC 61000-3-2), ГОСТ CISPR 15-2014, ГОСТ Р 51317.4.5.

Низковольтный вариант ЭПРА для автотранспорта имеет встроенную защиту от пониженного и повышенного входных напряжений, импульсных помех и самовосстанавливающуюся защиту от неправильного подключения (переплюсовки) входного питания.

ЭПРА выпускаются в виде открытых модулей размерами (Д × Ш × В) 195 × 36 × 25 мм с клеммными колодками для подключения проводов. Печатная плата и электронные компоненты защищены от воздействия окружающей среды электроизоляционным лаком.

[www.mmp-irbis.ru](http://www.mmp-irbis.ru)  
+7 (495) 927-10-16

## Высоковольтный выпрямительный SMD-диод SM3000 в корпусе PLASTIC MELF от Diotec

Разработчики интеллектуальных счётчиков, уличных фонарей, базовых станций 4/5G, систем зарядки электротранспорта и аналогичных приложений часто сталкиваются с проблемой скачков напряжения, поскольку все эти устройства имеют заземление. От способности противостоять скачкам напряжения зависят надёжность и срок службы этих устройств, а использование выпрямительных диодов с очень высоким запасом прочности позволяет отказаться или уменьшить количество дорогостоящих устройств защиты от перенапряжения.

Диод SM3000 в корпусе Plastic Melf выдерживает повторяющееся обратное напряжение 3000 В при среднем прямом токе 1 А. Это позволяет инженерам-конструкторам оптимизировать стоимость и занимаемое пространство, заменяя им два последовательно соединённых низковольтных диода.

Преимущества: очень высокое обратное напряжение 3000 В, заменяет два последовательных диода, средний прямой ток 1 А, высокий прямой импульсный ток 44 А @ 8.3 мс, стандартный промышленный корпус, экономия стоимости и места.

Применение: 4/5G-базовые станции, интеллектуальные счётчики учёта электроэнергии, уличные осветительные прибо-



ры, системы зарядки электротранспорта, высоковольтные блоки питания.

ООО «Радиокомплект – ВП»  
[www.rd-com.ru](http://www.rd-com.ru)  
[Info@rd-com.ru](mailto:Info@rd-com.ru)  
+7 (812) 331-78-32

## 1,92- дюймовый OLED-дисплей с разрешением 160×128 пикселей

Компания Raystar Optonics, Inc объявила о начале выпуска графического дисплейного OLED-модуля REX160128A с форматом 160×128 точек. Конструкция «кристалл на стекле» (Chip-on-Glass – COG) представляет собой размещение управляющей микросхемы непосредственно на подложке дисплея, что позволяет уменьшить габариты модуля. Встроенная микросхема драйвера SH1108 поддерживает работу через последовательные интерфейсы – 3- и 4-проводные SPI, I<sup>2</sup>C и параллельные интерфейсы 6800/8080 в 8-разрядном режиме. Новый дисплейный модуль характеризуется высоким контрастом изображения 1000:1 и более широкими углами обзора по сравнению

со стандартными пассивно-матричными ЖК-дисплеями. Логическая часть схемы имеет напряжение питания от 1,65 до 3,5 В (типичное значение 3 В). Модуль предназначен для работы в широком диапазоне температур от –40 до +80°C, диапазон температуры хранения от –40 до +85°C. Предлагаются модели с несколькими цветами свечения экрана, включая: белый, жёлтый и небесно-голубой.

Основные параметры OLED-дисплея REX160128A:

- габаритные размеры: 34,5×48,8×1,41 мм;
- видимая область экрана: 29,908×39,34 мм;
- размер пикселя: 0,206×0,226 мм;
- шаг пикселя: 0,226×0,246 мм;
- режим работы: пассивно-матричная адресация;
- цвет свечения экрана: белый, жёлтый и небесно-голубой;



- коэффициент мультиплексирования строк: 1/128;
- микросхема драйвера: SH1108;
- интерфейс: 6800, 8080, SPI, I<sup>2</sup>C;
- размер экрана по диагонали 1,92".

[www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)

## Датчики давления MIP Honeywell с изоляцией от среды

Благодаря своей универсальности датчики серии MIP подходят для решения большинства технических задач без первоначальных вложений в проектирование или предварительных затрат на установку.

**Основные преимущества датчиков давления MIP.** Возможность диагностики датчиков оказывается преимуществом в тех приложениях, где очень критично знать о сбоях во внешних и внутренних режимах работы устройства. Минимальное значение суммарной погрешности (ТЭВ) в 0,75% в диапазоне  $-40...+125^{\circ}\text{C}$  поддерживает уровень измерений за пределами диапазона температурной компенсации.

Датчики давления MIP потенциально востребованы в приложениях с предельными температурами эксплуатации, в коррозионных или щелочных средах, при бросках напряжения или перебоях с электропитанием, в условиях вибрации и ударов.



Изолированные от внешней среды датчики MIP имеют NSF (National Science Foundation) сертификат и могут применяться в пищевой промышленности.

Датчики давления MIP не подвержены риску утечки, связанного с применением эластомерных прокладок и адгезивов. Это увеличивает срок службы как датчика, так и оборудования в целом. Датчики оснащены функцией диагностики, которая позволит определить нарушение питания устройства.

### Особенности датчиков давления MIP:

- диапазон рабочих температур  $-40...+125^{\circ}\text{C}$ ;
- лучшая точность среди конкурентов 0,15% полной шкалы;
- долгосрочная стабильность 0,25%;
- высокий уровень максимально допустимого давления 207 бар (3000 psi);
- сертификат для применения при производстве питьевой воды NSF/ANSI/CAN 61;
- защита от ошибочного подключения проводов;
- класс защиты IP67.

[www.platan.ru](http://www.platan.ru)  
+7 (495) 97-000-99

## 3,55-дюймовый графический OLED-дисплей с поддержкой полутонового изображения

Компания Raystar Optonics, Inc начала выпуск монохромного графического OLED-дисплея REX025664D с разрешением  $256 \times 64$  точек, с размером экрана по диагонали 3,55 дюйма. Встроенная микросхема драйвера SSD1322 (Solomon Systech) обеспечивает работу через параллельный 6800/8080-совместимый 8-разрядный интерфейс, и 3- и 4-проводный последовательный интерфейс Serial Peripheral Interface (SPI).

Для формирования полутонового изображения (градации яркости) используется метод PWM (Pulse Width Modulation) или ШИМ. По шине данных для каждого пикселя передаётся 4-битовый код, которому соответствует 16 градаций шкалы серого. Коды градации записываются в регистр столбцового драйвера, а затем преобра-

зуются в длительность импульсов пропорционально коду.



Доступны модели с цветами свечения экрана: жёлтый и белый. Дисплейный модуль способен работать в диапазоне температур от  $-40$  до  $+80^{\circ}\text{C}$ , диапазон температур хранения от  $-40$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ .

Новые дисплейные модули могут быть использованы для домашних интеллектуаль-

ных бытовых приборов, медицинского оборудования, переносных измерительных приборов, счётчиков и др.

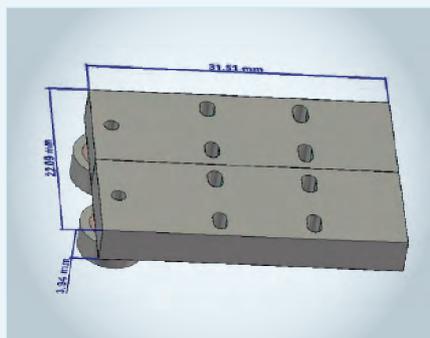
Основные технические характеристики REX025664D:

- габариты дисплея:  $99,2 \times 33,5 \times 2,01$  мм;
- видимая область экрана:  $87,52 \times 21,28$  мм;
- размер пикселя:  $0,312 \times 0,303$  мм;
- шаг пикселя:  $0,342 \times 0,333$  мм;
- тип дисплея: OLED с пассивно-матричной адресацией;
- шкала уровней серого цвета: 4 бита для каждого пикселя;
- коэффициент мультиплексирования строк: 1/64;
- цвета свечения экрана: жёлтый и белый;
- микросхема драйвера-контроллера: SSD1322;
- интерфейсы: 6800, 8080, SPI;
- размер экрана по диагонали: 3,55".

[www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)

## Кастомные CWF фильтры от ITF

Корейская компания ITF, традиционно занимающаяся производством ПАВ фильтров, освоила производство полосно-пропускающих фильтров и дуплексеров с использованием технологии CWF (Ceramic Waveguide Filter). Изделия выполненные по данной технологии имеют низкие потери в полосе, резкий фронт режекции, значительный уровень подавления вне полосы, способность работать при вы-



сокой мощности сигнала (десятки ватт), что по уровню производительности ставит их в один ряд с традиционными металлическими Cavity фильтрами, но при этом CWF обладают компактными размерами, низким весом, могут поставляться не только с разъёмами, но паяться на плату SMD монтажом. Доступны custom изделия с быстрым сроком разработки.

[www.yeint.ru](http://www.yeint.ru)  
+7 (812) 313-34-40

## Дроссели для DC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ И НИЗКОПРОФИЛЬНЫХ ВТОРИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ МОБИЛЬНЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

В 2020 г. на предприятии ОАО «Завод Магнетон» по многочисленным просьбам заказчиков разработаны силовые миниатюрные экранированные ферритовые дроссели пониженного профиля ДМГЗМ для поверхностного монтажа, используемые в радиоэлектронной аппаратуре разного функционального назначения. Уменьшение толщины дросселя почти в два раза достигнуто применением совершенных ферритовых материалов собственного производства.

Дроссели ДМГЗМ обладают оптимальными массогабаритными параметрами, обеспечивая требуемые электрические характеристики и по совокупности своих качеств превосходят аналогичную продукцию мировых производителей пассивной ЭКБ.



Дроссели предназначены для использования в DC-DC преобразователях и низкопрофильных вторичных источниках питания. Компактные размеры и маленькая масса в большей степени удовлетворяют требованиям для вторичных источников питания мобильных радиоэлектронных устройств:

- габаритные размеры и масса: 12,3×12,3×4,5 мм; 3,5 г;
- номинальная индуктивность от 1 мкГн до 1000 мкГн;
- ток нагрузки от 0,5 А до 16 А;

- интервал рабочих температур от –60 до +125°C (с учётом саморазогрева);
- материал покрытия выводов – олово-висмут;
- масса дросселей ДМГЗМ не более 3,5 г.

ОАО «Завод Магнетон» производит широкую гамму никель-цинковых и марганец-цинковых ферритовых материалов, а также магнитоэлектрических материалов на основе порошков карбонильного железа, Молибден-пермаллоя и пермаллоя с повышенным содержанием железа. На основе сердечников из собственных магнитных материалов на заводе производится широкий спектр индуктивных элементов различного конструктивного исполнения, включая компоненты для навесного и поверхностного монтажа.

[www.magneton.ru](http://www.magneton.ru)  
[sales@magneton.ru](mailto:sales@magneton.ru)  
 +7 (812) 213-3535

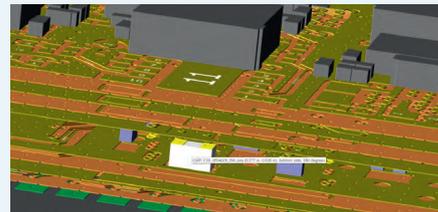
## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

### Компания PCB SOFT ОБЪЯВИЛА О РЕЛИЗЕ ПРОГРАММЫ CAM350 ВЕРСИИ 14.5

Известный программный продукт для редактирования, анализа и производственной подготовки Gerber-файлов печатных плат, пакет CAM350 от компании Downstream, получил мощное развитие в только что выпущенной версии 14.5. Базовые функции и новые возможности, которые получают пользователи CAM350, включают в себя:

- импорт, просмотр и редактирование производственных файлов в форматах Gerber, ODB++, IPC-2581, DXF и др.;

- анализ проекта печатных плат на технологичность, DFM-проверки, как вручную, так и автоматически, как всего проекта в целом, так и в выделенных областях, в соответствии с назначенным набором правил DRC/DFM;
- сравнение «своего» проекта с «адаптированным» проектом, полученным с фабрики по производству печатных плат;
- панелизация, мультиплицирование, добавление полей, реперных точек, перемычек и пр.;
- (new!) поддержка гибко-жестких плат и встроенных компонентов;
- (new!) поддержка редактирования структуры слоёв, в том числе для гибко-жестких плат;



- просмотр в 3D для гибко-жестких проектов, вырезов и слотов, встроенных компонентов;
- продвинутый DFM-анализ, например, «отверстия в площадках» и др.

Для ознакомления с программой доступна демонстрационная версия.

Официальный дистрибьютор  
 Downstream Technologies  
[www.pcbsoft.ru](http://www.pcbsoft.ru)

## ИНСТРУМЕНТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

### Комплексы ЭТТ производятся в Курске

Электротермотренировка (ЭТТ) – метод отбраковочных испытаний радиоэлектронных изделий, в процессе которого изделия под воздействием искусственно повышенной температуры окружающей среды в сочетании с электрической нагрузкой за короткий промежуток времени проходят свой «период приработки». Таким образом, все потенциально ненадежные элементы, выявить которые обычными методами контроля не удаётся, отбраковываются на этапе ЭТТ. Метод проведения ЭТТ по отношению к ИМС определен отраслевым стандартом ОСТ 11 073.013-2008

Комплекс ЭТТ производства ООО «Совтест АТЕ» позволяет выполнять одновременное



испытание более двадцати номенклатур изделий в различных режимах работы, обеспечивает полный цикл подготовки, проведения испытаний, анализ и протоколы результатов в требуемых форматах.

Комплексы ЭТТ имеют следующие возможности для проведения испытаний:

- задание тепловых режимов испытаний в требуемом диапазоне;
- задание электрических режимов и контроль выходных параметров изделия;
- цифровой тест на частотах до 20 МГц;
- функциональное и параметрическое тестирование ЭКБ;
- сигнализация о превышении допустимых параметров тестирования;
- гибкость и универсальность за счёт модульности;
- реализация нестандартных решений;
- выполнение требований метрологического законодательства РФ и нормативной документации в области испытаний.

[www.sovtest-ate.com](http://www.sovtest-ate.com)  
 +7 4712 54-54-17

## ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

## Компания Keysight Technologies представляет новый усовершенствованный осциллограф Infiniium серии EXR

Этот мощный, удобный и простой в использовании осциллограф позволяет упростить испытательные стенды и рабочий процесс в целом.



В ноябре компания Keysight Technologies объявила о начале продаж новейшего 8-канального осциллографа Infiniium серии EXR. Осциллографы Infiniium из новой серии EXR – мощные, удобные и простые в использовании, – представляют собой ограниченную (упрощённую) версию осциллографов Keysight Infiniium серии MXR. Осциллографы Infiniium серии MXR и EXR сочетают в себе функциональность нескольких приборов, объединённых на одной платформе. Это обеспечивает повышение производительности инженерного труда и максимальное удобство применения осциллографа. На обеих платформах установлены передовые программные решения и функции, которые позволяют упростить процесс настройки, поддерживают задачи измерений, а также предоставляют возможность ведения совместной дистанционной работы.

Сложность реализуемых проектов повышается, и требования, предъявляемые к профессиональной стендовой настройке и испытаниям возрастают. Новый осциллограф смешанных сигналов Infiniium серии EXR (серия EXR) – это идеальный инженерный инструмент для проведения общей настройки устройств. Осциллографы Infiniium серии EXR и MXR оснащены новейшими специализированными ИС, которые обеспечивают работу 7 интегрированных программных решений, в том числе осциллографа, цифрового вольтметра (ЦВМ), генератора сигналов специальной формы, построителя кривых Боде, счётчиков, анализатора протоколов и логического анали-

затора. Устройства серии EXR поддерживают одновременную работу до 8 аналоговых каналов на частоте 2,5 ГГц и 16 независимых цифровых каналов.

### Устройства серии EXR

**Мощные:** инженерам необходимы инструменты, которые соответствуют сложности их проектов. Пользователи устройств Infiniium EXR и MXR получают доступ к усовершенствованным программным решениям и встроенным функциям при помощи 15,6-дюймового сенсорного экрана высокой чёткости. Программные решения Infiniium автоматизируют такие сложные задачи, как определение и измерение характеристик источников питания, охватывающие основные измерения, расширенные измерения и анализ коммутационных потерь, сопротивления канала «сток-исток», отклика контура управления, КПД, переходного отклика, пускового тока, гармоник тока и потерь на силовых транзисторах в рамках одного цикла.

**Эстетичные:** устройства серии EXR оснащены 15,6-дюймовым сенсорным дисплеем высокой чёткости с возможностью дублирования или вывода данных осциллографа на другой монитор для повышения общей производительности. Встроенная функция определения неисправностей автоматически анализирует сигнал в течение 30 секунд и запускает расширенные триггеры для поиска редких или случайных ошибок сигнала. Устройства серии EXR позволяют повысить эффективность работы стенда, ускорить проектирование и устранить неполадки, поскольку запуск устройства для поиска аномалий сигнала на физическом уровне производится автоматически, с помощью одной кнопки. Самое современное автономное программное обеспечение Infiniium даёт возможность пользователям проводить анализ данных в любом месте.

**Автоматизированные:** функция поиска неисправностей (Fault Hunter), эксклюзивная разработка для устройств Infiniium EXR и MXR, автоматизирует обнаружение редких или случайных ошибок в сигнале. Одним нажатием кнопки осциллограф автоматически анализирует форму сигнала и запускает расширенные триггеры для поиска редких или случайных ошибок. Функция поиска неисправностей обнаруживает аномальные сигналы на физическом уровне, позволяя сократить время проектирования и устранения неполадок.

**Надёжные:** в стоимость устройства Infiniium серии EXR включена гарантия на 3 года и встроенная техническая поддерж-

ка KeysightCare. Владельцы осциллографов серии EXR обладают всей необходимой информацией, поскольку вместе с устройством они получают доступ к обширной базе знаний Keysight и команде экспертной поддержки.

Основные характеристики устройств Infiniium серии EXR:

- увеличение полосы пропускания позволяет разработчикам работать с большим количеством аналоговых и цифровых каналов одновременно;
- возможность модификации количества каналов от 4 до 8, диапазон от 500 МГц до 2,5 ГГц и функциональность 7 полноценных устройств в одном лёгком настольном исполнении;
- сокращение временных затрат на устранение случайных ошибок и значительная оптимизация рабочего процесса тестирования, функция дистанционной совместной работы инженеров для быстрого перехода от поиска первопричин к решению проблемы позволяют снизить трудозатраты и время проектирования до выпуска продукции на рынок;
- одновременное использование 8 аналоговых и 16 цифровых каналов позволяет пользователям проводить качественный мониторинг и анализ сложных взаимодействий сигналов, получая максимальное количество информации о своих проектах;
- программное обеспечение для совместной дистанционной работы PathWave Infiniium Offline Analysis предназначено для использования группами проектировщиков. Он позволяет проводить расширенный анализ и обработку данных, полученных в результате измерений на стенде, повышая эффективность его использования.

Более подробно о новейшем осциллографе Keysight серии Infiniium EXR вы можете узнать на сайте, перейдя по ссылке с QR-кода.



# НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ



- + Выходные мощности:  
1 / 1,5 / 1,7 / 2,7 / 3,4 и 5 кВт
- + Выходное напряжение от 10 до 600 В
- + Выходной ток от 2,6 до 500 А
- + КПД до 92% на полной нагрузке
- + Управление: LAN, USB, RS-232/485
- + Вес менее 7,5 кг, высота модуля 1U для 19" стойки  
(модель на 1,5 кВт имеет размер 1/2 19" стойки)
- + GSP 10 кВт, GSP 15 кВт – готовые модули с завода-изготовителя, состоящие из ведущего модуля и одного или двух ведомых
- + Полный заводской контроль качества и тестирование
- + Привлекательная цена
- + Управление: LAN, USB, RS-232/485, Modbus-TCP



# Контрафактные компоненты в аппаратуре специального назначения

Виктор Жданкин (Москва)

**Контрафактные электронные компоненты представляют серьёзную угрозу при комплектации промышленной и военной техники. Важно знать, как отличить такие изделия и каким образом обезопасить себя от их приобретения. Статья является авторским переводом статьи [1] и актуализирована с учётом текущих реалий.**

## Введение

По некоторым оценкам из-за сбываемых на рынке подделок добросовестные производители электроники ежегодно теряют около \$100 млрд. И это лишь потери прибыли от непроданного легального товара. К общим потерям следует отнести также дополнительные расходы на ремонт неисправного оборудования, в составе которого выходят из строя контрафактные компоненты, а также расходы на выявление и обнаружение таких компонентов. Любые электронные компоненты, пользующиеся большим рыночным спросом, могут стать мишенью для недобросовестных махинаций.

Проблема контрафактных компонентов, проникающих в цепочки поставок для комплектации изделий военной и специальной техники, тоже никуда не исчезла.

Недавнее исследование компании INH, специализирующейся на сборе, обработке и анализе данных, установило, что более 12 млн контрафактных компонентов выявлено в цепочках поставок только за последние несколько лет. В 2019 году в обороте находилось контрафактного электронного оборудования более чем на \$169 млрд. Многие из этих компонентов проникают в критически важные отрасли промышленности, такие как оборонная и авиационно-космическая, где неправильно функционирующая контрафактная или некондиционная деталь имеет архиважную значимость. Несмотря на то что правительственные и торговые объединения сделали некоторые шаги вперёд в отношении упорядочения цепочек поставок для гарантирования того, что компоненты приобретались исключительно у производителей или авторизованных дистрибьюторов, проблема осталась.

Специфические жизненные циклы военных поставок и потребностей очень уязвимы для проникновения контрафактных электронных компонентов.

Детали часто имеют явные признаки фальсификации, которые специалист может определить при осмотре компонента, но большую часть контрафактных деталей непросто отличить от оригинальных компонентов. Установление и преследование в судебном порядке сомнительных источников снабжения, а также приобретение оригинальных деталей от прямых дистрибьюторов производителя являются наилучшим способом ограничения потока контрафактных компонентов в военном секторе промышленности.

## Методы фальсификации

Существует несколько способов фальсификации компонентов военного назначения (интегральных схем, транзисторов, соединителей, устройств управления энергопотреблением и др.), но некоторые методы приобрели печальную известность как наиболее часто используемые.

Эти методы в значительной степени варьируются в зависимости от места производства, сложности установления подлинности и рабочих характеристик изделия для военных применений, но все способы фальсификации представляют опасность для критически важной военной и оборонной продукции.

### Корпуса без кристаллов

Это интегральные микросхемы, которые имеют идентичные оригинальным деталям внешний форм-фактор (типоразмер) и маркировочные знаки на корпусе, но при этом пустые внутри. Такой вариант фальсификации наиболее просто выявляется. Пустые корпуса не могут считаться опасностью

для военных применений, в отличие от более сложных методов фальсификации. В случае, когда такие детали попадают в производственный процесс, при условии, что было проведено их тестирование, результат, несмотря на дороговизну и затратность по времени, не приводит к катастрофическим отказам изделий. По этой причине фальсификаторы в большей мере обращаются к более сложно выявляемым методам.

### Повторно используемые детали

Демонтированные детали могут оказаться оригинальными компонентами, которые перерабатываются и переупаковываются как новые. Оригинальные детали при этом часто повреждаются в процессе демонтажа.

Списанное электронное оборудование, например персональные компьютеры, собирается и отправляется в занимающиеся контрафакцией центры, часто расположенные в странах третьего мира, где трудовой процесс не регламентирован и труд является недорогим.

Там оборудование разбирается. Печатные платы нагреваются и из них извлекаются интегральные микросхемы. Серийные номера микросхем изменяются для того, чтобы сделать невозможной идентификацию.

По некоторым оценкам, такого рода демонтированные и «обновлённые» детали составляют до 80% контрафакта. Существует много примеров «придорожных» предприятий, на которых компоненты выплавляются в неконтролируемых рабочих условиях, затем переупаковываются и продаются под видом подлинных с военной категорией качества.

Процессы нагрева и обработки часто повреждают компонент. В том случае, если такую подделку не обнаружить, она может стать причиной огромных проблем при использовании в продукции военного назначения.

### Поддельная маркировка

Закраска – это процесс, в котором тонкое эпоксидное покрытие чёрного цвета наносится на поверхность предварительно отшлифованного для уда-



Рис. 1. Контрафактный гибридно-плёночный модуль



Рис. 2. Оригинальный модуль категории качества Military

ления следов оригинальной маркировки компонента. Это делается для того, чтобы можно было напечатать новые шифры компонента и дату производства. Это обычно делается на компонентах невоенной категории качества с целью их переаттестации в компоненты военного назначения.

Так как деталь с нанесённым покрытием имеет такие же размеры, как оригинальный компонент, с которого производится копирование, она, как правило, проходит визуальный контроль. Так как подделка не является компонентом военной категории качества и не рассчитана на то, чтобы выдерживать предельные температуры, давление и другие внешние воздействующие факторы, возникающие при военном применении, контрафактная деталь часто отказывает. Иногда закраска может быть выявлена рентгеновским радиографическим контролем, но он непомерно трудоёмок и дорого стоит, так каждую деталь не проверишь, поэтому некоторые подобные подделки проникают в продукцию [2].

Контрафактные детали могут быть также выявлены путём исследования выемок — полостей, которые намеренно созданы во время процесса формовки. Изначально ровно заострённые кромки выемок трудно защитить от повреждения во время процесса фальсификации: они часто становятся неровными или шероховатыми. Выемки также повреждаются пескоструйной обработкой при удалении оригинальной маркировки и эпоксидным покрытием, которое заполняет неглубокие полости. Однако фальсификаторы становятся всё более осведомлёнными о необходимости сохранять выемки, и некоторые осуществляют их восстановление, чтобы обеспечить прохождение визуального контроля.

### И ещё один опасный способ фальсификации продукции

Сложные гибридно-плёночные преобразователи напряжения, изготовленные на расположенных в Китае производственных линиях, маркируют, как продукцию известной компании с мировым брендом. Такую продукцию удаётся распознать только в кооперации с производителем этой продукции: лишь он способен обнаружить несоответствие модели с датой выпуска и серийным номером. Иногда фальсификаторы допускают грубые ошибки в маркировке изделия. Для примера на рисунке 1 показан модуль гибридно-плёночного преобразователя напряжения категории качества Military MTR28515TF/883, промаркированный брендом одной известной американской компании. Этот и другие модули из этой поставки категорически отказались работать в оборудовании заказчика. При внимательном изучении маркировки обнаружилась грамматическая ошибка в названии города, в котором располагались производственные линии компании, — Рэдмонд (штат Вашингтон). Выяснилось также, что модули такой категории качества не могли быть произведены в указанное время на этой линии, так как производятся совершенно в другом месте. Для сравнения на рисунке 2 показан модуль оригинального происхождения такого же уровня качества. Необходимо заметить, что подобным образом фальсифицируются и модули категории качества Space! В комплект поставки таких модулей также включается грубо состряпанная сопроводительная документация.

### Компоненты без выходного контроля

Это легальные компоненты, не контрафактные, но объективно опасные для продукции военного назначения.

Такие компоненты производятся на той же сборочной линии, что и оригинальные детали. Однако в этом случае сотрудники, работающие на корпусировочном оборудовании, запускают сборочный конвейер после окончания рабочего дня, выпуская детали, выпадающие за пределы официальной цепочки поставок. Затем сотрудники фабрики продают изделия непосредственно для своей выгоды. Так как эти изготовленные компоненты являются деталями, не прошедшими впоследствии производственный контроль и процедуру испытаний, процент брака увеличивается.

Эти некондиционные детали почти невозможно отличить от оригинальных деталей, так как производство и маркировка являются одинаковыми. Такие детали представляют значительную опасность для военной продукции. Фальсифицированные компоненты можно выявить в процессе электротермотренировки, который является важным этапом отбраковки поддельных изделий на этапе входного контроля [3].

### Неликвиды и отходы производства

Это тоже оригинальные компоненты, которые были забракованы, так как не прошли отбраковочные испытания, по сути излишние резервы («неликвиды»). Копатели в мусоре делают бизнес, извлекая эти компоненты и перепродавая их. Эти компоненты также сложно выявить.

В упомянутых примерах, когда контрафактный или некондиционный компонент не был обнаружен и всё-таки проник в цепочку поставок, результаты могут отличаться. Некоторые изделия не будут работать при всех первоначальных испытаниях вовсе, в то время как рабочие параметры других

могут ухудшаться со временем. Самым худшим результатом является внезапный катастрофический отказ контрафактного или некондиционного изделия, установленного в оборудовании. В ответственном применении, подобном системе наведения или плате управления несущим винтом вертолёта, результаты будут ужасными.

Ранее в России среди оптовых фирм была распространена продажа на рынке по низкой цене неликвидов из партий продукции, выпущенных много лет назад. Продукция бралась со складов полуживых предприятий, где условия хранения (температура и влажность) были такими же, как на улице. Никакой периодической перепроверки и выборочных испытаний не проводилось. Старые микросхемы перемаркировались на более поздние даты выпуска, подделывалась и сопроводительная документация. Подобная деятельность негативно влияет на престиж предприятия, так как потребитель не всегда может разобраться, что за изделие у него оказалось и, будучи введённым в заблуждение, использует эти компоненты в ответственной продукции.

### Как обезопасить производство

Так как методы выявления небезопасны, к тому времени, когда компонент попадёт к пользователю, зачастую бывает слишком поздно для распознавания контрафакта. И даже если контрафакт выявлен, это спасает не всегда, так как точка «входа на производство» для контрафактной детали может находиться в стороне от цепочки поставок. Одно время компоненты военной категории качества специально производились непосредственно для вооружённых сил. Вследствие ценового давления и последующего привлечения соисполнителей производства электронных компонентов в других странах, многие стандарты были смягчены. Несмотря на некоторые усилия по саморегулированию, объём контрафактных деталей возрос, и американские законодатели обратили внимание на эту проблему.

### Законодательные инициативы

В ноябре 2011 года на слушаниях в комитете Сената США по делам вооружённых сил и «серого» рынка деталей (которые распространяются через неавторизованные каналы) для американских систем вооружения было заявлено, что «китайское правитель-

ство может остановить производство и продажу контрафакта». Слушания обрисовали в общих чертах специфическую технологию проникновения подделок в цепочки снабжения военного назначения, которая приводит к дополнительным расходам и угрожает безопасности.

Например, вертолёт SH-60B ВМС США, который обеспечивает наведение и поддержку наведения на цель, был оборудован контрафактными деталями, полученными из корпорации Raytheon через субподрядчика производителя оборудования в Техасе. Детали, проследовавшие через дополнительные четыре штата и три страны, были изготовлены компанией из Шэньчжэня (Китай).

Министерство юстиции (США) также расширило свои требования о соблюдении сертификации и соответствии установленным требованиям к импорту/экспорту.

Примером может служить случай с Vision Tech Components (Флорида, США), дистрибьютором компонентов военного назначения, обвинённым в 2011 году в осуществлении контрафактной сделки на \$16 млн. Предположительно, компоненты военной категории качества оказались контрафактными и были произведены в Гонконге. Это один из первых случаев, когда участники контрафактной сделки были арестованы и приговорены к длительному сроку тюремного заключения. Он демонстрирует растущую угрозу от брокеров, обосновавшихся в США и незаконно импортирующих контрафактные детали, что делает выявление обмана ещё более сложным [4].

В мае 2012 года в отчёте Сената по исследованию контрафактных электронных компонентов в канале поставок Министерства обороны США утверждалось, что 80% дистрибьюторов контрафактных компонентов были расположены в США или имели бизнес в США. Двадцать процентов брокеров не имели прямой связи с США и базировались в Канаде или Британии. Эти поставщики редко вызывали подозрения во многом благодаря статусу этих стран – военных союзников США. Следователи обнаружили, что едва ли не во всех этих случаях США оказывались перевалочным пунктом для продукции из контрафактных центров. Свыше 70% всего контрафакта производится в Китае. Наряду с Китаем известными центрами распространения контрафак-

та являются Индия, Сингапур и Мексика. В отчёте также делается вывод, что устранить приток контрафактных компонентов из этих стран крайне затруднительно.

Для предотвращения проникновения контрафактной продукции в электронные системы космической и военной техники, а также в современные электронные системы жизнеобеспечения в декабре 2012 года Конгресс США принял Закон о национальной обороне NDAA 2012 (National Defense Authorization Act). В разделе 818 этого документа изложены новые требования к Министерству США по обнаружению контрафактных компонентов, а также по реализации методов оценки рисков, призванных свести к минимуму возможность использования поддельной продукции [5].

### Отслеживание производителя напрямую

Дальнейшая законодательная деятельность будет лучше санкционировать принятие жёстких мер в отношении наиболее достойных порицания стран, но обращение к уполномоченным дистрибьюторам является наилучшим способом гарантирования подлинности сертифицированных электронных компонентов для таких критически важных отраслей промышленности, как оборонная и авиационно-космическая. Эти дистрибьюторы работают в соответствии с общепринятыми процессами управления и соответствуют стандартам ISO 9001:2015, ISO 14001 (Environmental Management System) и ANSI/ESD 20.20 (Quality Management Standard for Electrostatic Discharge), сертифицированными складскими и транспортными процедурами.

В наши дни такие авторизованные глобальные дистрибуторы, как Avnet, Arrow, Digi-Key, Mouser Electronics, Future Electronics и др, обладают сертифицированной, основанной на стандартах инфраструктурой и квалификацией, гарантирующих соответствие уникальным потребностям критически важных отраслей промышленности. Наилучшей защитой от приобретения контрафактных деталей является на 100% прозрачная цепочка поставок от первичных производителей, исключая сопутствующие качеству продукции риски надёжности и ответственности. Прозрачность поставок – возможность однозначно установить,

проследить процесс закупки и поставки любого изделия в обратном направлении:

- принадлежность изделия к конкретному номеру партии;
- номер партии поставщика и дату изготовления;
- состав исполнителей и условия проведения работ.

В российском законодательстве отражена необходимость испытаний электронных компонентов для ответственных применений даже ценой существенного увеличения стоимости изделий. Аттестованные центральным органом системы «Электронсерв» дистрибьюторы имеют лаборатории для обеспечения качества поставляемых компонентов. Лаборатории проводят многочисленные виды испытаний:

- входной контроль, включающий проверку внешнего вида, качества маркировки, соответствия заявленным размерам;
- механические испытания на виброустойчивость и вибропрочность, устойчивость и прочность при многократных ударах, испытания на герметичность;
- климатические испытания при повышенной и пониженной температурах, а также при требуемой скорости её изменения;
- параметрический контроль и испытания на надёжность.

Тестирование обеспечивает выявление поддельной продукции и предотвращает поставки фальшивых электронных устройств.

Рекомендации по противодействию проникновения контрафактных электронных компонентов в космическое производство, применение отбраковки и проведение специальных серти-

фикационных испытаний приведены в работе [6].

В каждой статье, посвящённой проблеме контрафактных электронных компонентов, настоятельно рекомендуется приобретать компоненты у надёжного поставщика – основного изготовителя, представитель которого присутствует на российском рынке, или официального дистрибьютора. По данным Министерства торговли США, на неавторизованных дистрибьюторов приходится 94% поставок контрафактных компонентов, при этом их доля в общем объёме поставок компонентов составляет не более 5%. Таким образом, при работе с неавторизованными дистрибьюторами риск поставки контрафакта возрастает более чем на два порядка.

Дистрибьюторская система поставок электронных компонентов, как импортных, так и отечественных, – необходимое и безальтернативное условие эффективной работы промышленности. Но такая система должна опираться на продуманную нормативно-законодательную базу [7].

На семинаре «Снабжение производства электроники. Управление рисками в каналах поставок» «Центра Современной Электроники» (29 октября 2020 года) были отмечены текущие тенденции рынка электронных компонентов, которые приводят к тому, что уровень рисков в закупках постоянно повышается:

- ужесточаются санкционные и экспортные ограничения;
- возрастают проблемы дефицита, недоступность компонентов, что приводит к росту поставок контрафакта;
- регулирование российского рынка создаёт дополнительные барьеры для поставок;

- крупнейшие зарубежные производители компонентов меняют политику дистрибуции, что приводит к перестройке каналов поставок.

Было отмечено, что снижение закупочных цен на комплектующие далеко не всегда приводит к снижению общей стоимости изделия. Повышение надёжности снабжения через снижение различных рисков скорее приведёт к экономии, чем выбор самого дешёвого предложения на тендере. Потери из-за отказа конечной аппаратуры могут многократно превысить экономию на закупке сомнительных контрафактных изделий.

## Литература

1. *Martin S.* Counterfeit Chips Cause Problems in Military Supply Chain. COTS Journal. 2013.
2. Выявление контрафактных электронных компонентов. GLENBROOK TECHNOLOGIES. Производство электроники. 2014. № 3.
3. *Гребенщиков П.* Выявление контрафактной продукции в области микроэлектроники. Электроника: НТБ. 2019. № 6.
4. *Кондратьев В.* Функциональные испытания для выявления контрафактных и нестандартных компонентов. Электронные компоненты. 2013. № 7.
5. *Белоус А.И., Солодуха В.А., Шведов С.В.* Космическая электроника. Книга 1. Москва. Техносфера. 2015. С. 696.
6. *Урличич Ю., Данилин Н.* Противодействие проникновению контрафактных электронных компонентов на опыте создания системы ГЛОНАСС. Электронные компоненты. 2007. № 3.
7. *Шарпунский О.* Мировой опыт госзакупок и роль дистрибьюторов при обеспечении качества поставок. Часть 1. Электроника: НТБ. 2009. № 4.



## НОВОСТИ МИРА

### Тонкая подложка позволяет использовать самый маленький в мире модуль Bluetooth

Австрийская компания AT&S создала тонкую подложку для печатной платы. Технология позволила использовать самый маленький в мире модуль Bluetooth для приложений связи и Интернета вещей. Интеграция уже проведена компанией LG Innotek (Южная Корея).

В основе модуля – разработанная AT&S подложка печатной платы толщиной 250 мкм. Применяя сложную технологию Anylayer с

многослойными микропереходами, можно выполнить требования LG в отношении плотности корпуса для этого модуля Bluetooth.

– Основная задача проекта – работа со сверхтонкими и маленькими подложками в течение всего производственного процесса, – объясняет Вольфганг Брандл, директор по продажам AT&S. – Чтобы реализовать главную цель, требуется самое современное оборудование для производства печатных плат. Такое как раз установлено на нашем новом заводе в китайском Чунцине. Кроме того, такие модули требуют разработки новых материалов со сверхнизким коэффициентом

теплового расширения (как у кремния), чтобы обеспечить лучшую в своём классе надёжность и технологичность модуля. Всё это свидетельствует о серьёзном технологическом развитии AT&S в плане миниатюризации и модульности.

Модуль включает в себя более 20 отдельных компонентов: резисторов, катушек индуктивности и микросхем связи. Модуль пригоден, например для беспроводных наушников, интеллектуальных осветительных решений, слуховых аппаратов или непрерывного мониторинга уровня глюкозы в крови.

[www.ats.net](http://www.ats.net)

# Срез рынка России по производителям соединителей и разъёмов

Илья Лебедев (ilja78@commarketru.com)

В статье достаточно много цифр и данных. Указаны более 110 брендов, и многие из них являются составными частями других брендов.

Автор вполне допускает наличие неточностей или ошибок.

Кроме того, производители могут иметь бесконечные вариации написания собственного бренда. В статье приведено сравнение только по точному совпадению названия бренда.

Без сомнения, анализ или сравнение разъёмов лучше всего делать по списку брендов. Тех, кого вы считаете конкурентами или у которых хотите отвоевать долю рынка. Так вы получите более точные данные по техническому заданию. В данной статье нет чёткого ТЗ, поэтому описание будет общим. В статье также нет никакого вывода по предоставленным цифрам. Так как каждый дополнительный таможенный код – это реальные временные и материальные затраты, то автор выбрал только самые распространённые коды. Данные в таблице 3 (см. стр. 16-17) отражают только часть рынка от общего рыночного объёма соединителей и разъёмов, который представлен из части таможенных кодов, указанных в таблице 1. Всего по этим кодам импортировали в Россию на \$632 млн. Данный срез представляет собой чистые данные по разъёмам. Например, автор не удалял поставки на производство Samsung Electronics, хотя эти поставки скорее корейские, чем российские. В некоторых брендах подобные поставки занимают почти 100% доли, объём большой, но клиент один, и то не российский.

Остались прямые автомобильные поставки TE Connectivity. Сохранились поставки на электротехнический рынок.

## Российский рынок разъёмов в разрезе мирового рынка

В начале II квартала один читатель прислал автору статьи данные о мировых продажах разъёмов за 2018 год, что подогрело желание написать текст о разъёмах. Пришлось потрудиться, чтобы добавить в таблицу 3 российский импорт.

Всего в мире существует более 800 производителей разъёмов. И каждый год появляются новые, особенно в Китае. Часть из них вскоре будет поглощена лидерами рынка. За последние 20 лет список топ-100 мировых лидеров по производству соединителей обновился на 40%. Топ-100 мировых производителей коннекторов поставили в 2018 году продукции на сумму \$61 млрд, что составило 92% всего мирового рынка разъёмов. Если разделить эти миллиарды по месту нахождения штаб-квартир, то получится, что на компании, зарегистрированные в Северной Америке, приходится 51% рынка соединителей, на Европу – 12%, Японию –

18,5%, Азию – 9,9%, а на мировую фабрику Китая приходится скромные 4,1%.

## Как распределяются соединители по конечному применению

В таблице 2 показаны отгрузки соединителей от 10 ведущих производителей для каждого из вариантов конечного использования за 2018 год. Если учитывать, что 90% потребления разъёмов в автомобильной промышленности России приходится на прямые поставки от производителей, а компьютеров в сравнении с глобальным рынком на территории РФ создаётся ничтожное количество, то примерно треть российского рынка по конечному использованию находится вне мирового рынка.

Автор всегда отмечал в статьях, что мировые данные по продажам устройств в общих случаях бесполезны, но есть одно исключение: когда нужно выбрать бренд, дистрибьютором которого вы хотите стать. Например, вы хотите развивать направление Telecom/Datacom и Industrial, тогда вам, возможно, стоит обратить внимание на бренд N, в линейке которого Telecom/Datacom занимает 20% и Industrial – 28%. Под такую задачу есть более сбалансированные бренды, чем, скажем, LEMO S.A., в линейке которого Telecom/Datacom занимает 5%,

Таблица 2. Топ-10 по сектору конечного оборудования

Секторы конечного потребления оборудования	2018 год, \$ млн	Доля рынка, %
Компьютеры и периферия	5 731	63,4
Офисное оборудование	412	52,0
Приборостроение	709	37,1
Медицинское оборудование	772	37,7
Промышленный сектор	3 237	39,5
Автомобильная промышленность	12 865	81,8
Транспорт (неавтомобильный)	2 556	54,7
Военное дело и аэрокосмическая промышленность	1 566	40,7
Telecom/Datacom	9 068	61,8
Потребительский	2 064	63,4
Другое	924	36,3
<b>Итого</b>	<b>39 908</b>	<b>59,8</b>

Таблица 1. Импорт по таможенным кодам за 2019 год

Код ТН ВЭД	Итого, \$	Примечание
8536901000	178 510 000	Соединители и контактные элементы для проводов и кабелей
8547200009	22 230 000	Арматура изолирующая из пластмасс прочая
8536699008	179 150 000	Прочие штепсели и розетки на напряжение не более 1000 В
8538909909	116 490 000	Прочие части, предназначенные исключительно или в основном для аппаратуры товарных позиций 8535, 8536 или 8537
8536693000	38 870 000	Прочие штепсели и розетки для печатных схем на напряжение не более 1000 В
8536900100	58 240 000	Предварительно собранные элементы для электрических цепей на напряжение не более 1000 В
8536908500	39 300 000	Прочая аппаратура электрическая для коммутации или защиты электрических цепей или подсоединений к электрическим цепям или в электрических цепях не более 1000 В
8536700004	194 000	Соединители для волокон оптических, волоконно-оптических жгутов или кабелей из меди
<b>Общий итог</b>	<b>632 984 000</b>	

**Таблица 4. Товарные знаки по объёму импорта в 2019 году**

Товарный знак	Итого, \$ млн
IEK GROUP	19
TDM ELECTRIC	8,4
DKC	6,2
KBT	5,8
EKF	5,6

Industrial – 10%, а Medical Equipment – 25%.

Простой выбор производителя по месту в рейтинге может привести к ошибке. Например, есть бренды, входящие в топ-10 импорта в Россию, 90% которых приходится либо на прямые продажи клиентам, либо на импорт самих представительств, т.е. прямые поставки производителям. Подробнее об этом рассказано в одной из прошлых статей автора [1]. Оценивать необходимо не места, а совокупность факторов, включая цели. Например, в разёмах автор бы оценивал следующие факторы: места продаж в Европе и Китае, структуру продаж по применениям и классификатору, процент прямых отгрузок клиентам, обязательное проведение анализа импорта в Россию. И только после того, как всё это удалось проанализировать, встречаться и обсуждать цены, продукцию, наличие.

Итак, список топ-100 мировых производителей и их объёмы импорта представлены в таблице 3. Места в таблице присвоены, только если данный производитель представлен в мировом рейтинге. Сама таблица отсортирована по объёму продаж в России. Почему в таблицу попали бренды без места, можно узнать далее по тексту. Последняя колонка таблицы 3: какой процент российского импорта по кодам таблицы 1 приходится на мировые продажи производителя. В таблице 3 представлен не весь импорт разёмов в Россию, а только по кодам из таблицы 1. Тридцать семь производителей из топ-100 не продают свою продукцию в России или их импорт составляет меньше \$10 тыс. Можно с уверенностью сказать, что только генеральные директора WAGO, Phoenix electronics и Weidmuller видят показатели российского рынка в своих ежемесячных отчётах и готовы подстраивать бизнес-модель компании под нужды локальных потребителей. Без сомнения, в этот список не попали многие известные бренды. Например, на одном из сайтов автор прочитал следующее: «Наибольшую

**Таблица 5. Топ брендов, поставляемых дистрибьюторами и брокерами**

Бренд	Итого, \$	Место в таблице 3 по миру
TE Connectivity	10 063 397	1
MOLEX	5 197 768	3
Ningbo Degson Electrical Co., Ltd.	2 734 491	нет
Amphenol	1 776 098	2
AMP NETCONNECT	1 449 331	1
WAGO	1 264 988	39
Connfly Electronic Co., Ltd.	1 071 303	нет
Wieland Electric GmbH	1 015 540	64
Glenair	957 157	32
Fischer Elektronik GmbH & Co. KG.	940 458	72
ODU Steckverbindingssysteme	778 122	42
Hsuan Mao Technology Co., Ltd.	770 822	нет
Samtec	618 067	15
Hirose Electric Co., Ltd.	593 344	11
JST	568 735	9
KLS ELECTRONIC	560 771	нет
Würth electronics	447 654	нет
Nicomatic	433 952	90
CommScope	412 540	21
AirBorn Inc.	394 270	58

долю рынка промышленных силовых разёмов в России в указанный период занимала продукция IEK – 25,6%». Цифра 25,6%, как доля по всей России, автору кажется всё же завышенной, если рассматривать весь импорт. Признаться, отчёт на сайте IEK автор не нашёл и, соответственно, не читал. Проверить цифру не удалось, но, скорее всего, там взята за основу часть рынка. Как автор уже писал ранее в своих статьях, почти все завышают свою реальную долю. Тем не менее IEK – это хороший, качественный бренд, при этом в таблице 3 он изначально не попал. Почему? Российский бренд IEK занимается размещением заказов у производителей, он сам как производитель в импорте не участвует, но как товарный знак занимает весьма солидную долю в импорте (3%) по кодам таблицы 1. Это очень достойный результат, в разы выше, чем у лидера компонентного рынка – компании «Компэл». Да, продукция там разная, но, как автор отмечал ранее, пока рассматриваются чистые данные по кодам без удалений и корректировок. Это вопрос тонких материй. Если бегло просмотреть бренды, аналогичные IEK, то быстро по памяти можно составить таблицу 4. Это именно товарный знак, так как производители в импорте будут указаны другие. В сумме товарный знак имеет одну цифру, а по производителям – другую, причём часть производителей, которые выпускают продукцию под товарным знаком из таблицы 4, входят в таблицу 3. Поэтому, добавляя эти товарные знаки в общую таблицу 3, автор не стал присваивать им конкретное место. В таблице 4 представлены бренды элек-

**Таблица 6. Полный импорт брендов, помеченных в таблице 5 словом «нет»**

Бренд	Итого, \$
Ningbo Degson Electrical Co., Ltd.	3 606 592
KLS ELECTRONIC	1 920 029
Connfly Electronic Co., Ltd.	1 536 683
Hsuan Mao Technology Co., Ltd.	924 357
Würth electronics	985 776

**Таблица 7. Бренды, поставляемые дистрибьюторами и брокерами**

Бренд	Итого, \$
Pulse Electronics	439 687
Keystone Electronics Corp.	307 899
Vicor Corporation	58 222

тротехнического рынка. Если взять 22 дистрибьютора-брокера по импорту, то первые 20 брендов, которые они поставляют, будут представлены в таблице 5. Это суммирующий импорт по кодам таблицы 1, по этим брендам. Именно эти бренды берут выбранные 22 брокера и дистрибьютора. Только пять брендов, на которых приходится основной импорт разёмов и соединителей, продаваемых через российские компании-брокеры, не представлены в таблице 3. Они обозначены словом «нет».

В таблице 6 автор приводит полный список с информацией об импорте брендов по кодам из таблицы 1, также данные объёмы приведены в таблице 3 без указания места. Для таблицы 5 автор взял только первые 20 брендов. Если брать от 21-го места и ниже, то, конечно, там было бы гораздо больше неучтённых брендов, присутствующих на компонент-

Таблица 3. Топ-100 мировых производителей и объёмы импорта

Место в мире в 2018 году	Производитель	Итого в 2018 году, \$ млн	Принадлежность	Ранжирование по регионам		Итого в 2019 году, Россия, \$ млн	Место в России	Доля мировых продаж, %
				Европа	Китай			
	АО «Завод Электон»		Россия			82		
1	TE Connectivity	10 304	Северная Америка	1	4	39,8	1	0,39
39	WAGO	277	Европа	11	44	29,03	2	10,48
	АО «Карачевский завод «Электродеталь»		Россия			27,7		
17	Phoenix electronics	645	Европа	8	21	25,28	3	3,92
	IEK GROUP		Россия			19,00		
	АО «Завод Копир»		Россия			13,00		
	ОАО «СК «Исеть»		Россия			11,30		
	АО «Завод Атлант»		Россия			11,10		
14	HARTING Technology Group	899	Европа	5	19	10,40	4	1,16
	АО «Электросоединитель»		Россия			9,70		
	TDM ELECTRIC		Россия			8,40		
3	Molex	5 557	Северная Америка	4	5	8,98	5	0,16
	АО «Соединитель»		Россия			7,40		
	ДКС		Россия			6,20		
	Электротехнический завод «КВТ»		Россия			5,80		
	EKF		Россия			5,60		
38	Weidmüller Interface GmbH & Co. KG	281	Европа	10	48	5,50	6	1,96
4	Aptiv (FKA Delphi Connection)	3 239	Северная Америка	3	7	5,17	7	0,16
2	Amphenol	7 567	Северная Америка	2	2	4,78	8	0,06
21	CommScope	456	Северная Америка	39	29	3,66	9	0,80
	Degson Electronics Co., Ltd.		Китай			3,60		
	АО «Завод «Снежень»		Россия			3,20		
7	Yazaki	2 692	Япония	7	11	3,21	10	0,12
15	Samtec	822	Северная Америка	9	16	2,48	11	0,30
	KLS ELECTRONIC		Китай			1,90		
33	Souriau S. A.	343	Европа	17	72	1,83	12	0,53
47	Lear Corporation	222	Северная Америка	28	53	1,81	13	0,81
	CONNFLY		Китай			1,53		
32	Glenair Electric	343	Северная Америка	26	95	1,52	14	0,44
	ООО «Каскад»		Россия			1,30		
60	Neutrik AG	124	Европа	44	58	1,32	15	1,07
64	Wieland Electric GmbH	113	Европа	42	71	1,27	16	1,12
42	ODU GmbH & Co. KG	238	Европа	18	67	1,16	17	0,49
11	Hirose Electric Co., Ltd.	1 132	Япония	38	10	1,15	18	0,10
	WURTH ELECTRONICS		Европа			0,98		
	HSUAN MAO		Китай (Тайвань)			0,92		
	НПП «Волна»		Россия			0,83		
9	JST	1 475	Япония	36	8	0,76	19	0,05
90	Nicomatic	58	Европа	51	91	0,73	20	1,25
77	Eaton	82	Северная Америка	63	68	0,60	21	0,73
37	3M Electronic Solutions Division	302	Северная Америка	53	34	0,54	22	0,18
76	Omron	83	Япония	71	81	0,45	23	0,55
12	Sumitomo Group	1 064	Япония	41	12	0,44	24	0,04
	Pulse Electronics		Северная Америка			0,44		
58	AirBorn Inc.	128	Северная Америка	68	90	0,42	25	0,33
77	Positronic	82	Северная Америка	65	87	0,31	26	0,38
	Keystone Electronics Corp.		Северная Америка			0,30		
55	Franz Binder GmbH & Co	137	Европа	33	62	0,30	27	0,22
35	LEMO Connectors	335	Европа	16	59	0,29	28	0,09
44	ERNI Electronics GmbH	234	Европа	12	65	0,27	29	0,12
72	Fischer Connectors	93	Европа	49	92	0,27	30	0,29
63	Hu Lane Associates Inc	121	Азиатско-Тихоокеанский регион	92	33	0,25	31	0,21
65	Leoco Corporation	108	Китай	64	39	0,24	32	0,22
81	Preci-Dip	74	Европа	47	89	0,22	33	0,29
19	Korea Electric Terminal	492	Азиатско-Тихоокеанский регион	90	18	0,22	34	0,04
25	Lotes Co., Ltd.	410	Азиатско-Тихоокеанский регион	78	15	0,22	35	0,05
24	Radiall	421	Европа	15	40	0,21	36	0,05
5	Foxconn (FIT)	3 195	Азиатско-Тихоокеанский регион	20	3	0,19	37	0,01
49	Lumberg Connect GmbH	171	Европа	19	69	0,17	38	0,10
36	Kostal Kontakt Systeme GmbH	332	Европа	13	38	0,17	39	0,05
29	Bel Power Solutions (Cinch Connectivity)	371	Северная Америка	32	63	0,13	39a	0,03
20	AVX Corporation	483	Япония	25	26	0,13	40	0,03
85	ALLTOP Technology	64	Азиатско-Тихоокеанский регион	95	54	0,13	41	0,20
73	Erich Jaeger	88	Европа	46	73	0,12	42	0,13
66	enplas corporation	107	Япония	69	56	0,11	43	0,11
59	UDE Corp.	126	Азиатско-Тихоокеанский регион	88	32	0,11	44	0,09
26	Belden CDT Inc.	404	Северная Америка	22	30	0,09	45	0,02
84	Sensata Technologies	66	Европа	60	88	0,08	46	0,12
8	JAE Japan Aviation Electronics Industry, Ltd.	1 947	Япония	36	8	0,07	47	0,00

10	Rosenberger Group	1 214	Европа	27	14	0,07	48	0,01
78	CviLux Connector	81	Азиатско-Тихоокеанский регион	93	50	0,06	49	0,07
46	Smiths Interconnect	224	Европа	34	80	0,06	50	0,03
	Vicor Corporation		Северная Америка			0,06		
52	Ace Electronic Co., Ltd	161	Азиатско-Тихоокеанский регион	81	24	0,05	51	0,03
83	Hummel International	66	Европа	52	78	0,05	52	0,08
50	ept GmbH & Co.	169	Европа	24	60	0,05	53	0,03
13	JONHON	910	Китай	66	6	0,05	54	0,01
69	Conesys	96	Северная Америка	59	97	0,04	55	0,05
23	Bizlink Group	433	Азиатско-Тихоокеанский регион	29	22	0,04	56	0,01
89	Conec	58	Европа	55	84	0,03	57	0,06
43	Yamaichi Securities	238	Япония	35	57	0,03	58	0,01
86	Omnetics Connector Corporation	63	Северная Америка	61	96	0,03	59	0,05
51	AMETEK, Inc.	168	Северная Америка	45	100	0,03	60	0,02
34	ITT Interconnect Solutions	341	Северная Америка	30	66	0,03	61	0,01
62	Teledyne Technologies International Corp.	123	Северная Америка	58	94	0,02	62	0,02
22	Carlisle Interconnect Technologies	451	Северная Америка	21	75	0,01	63	0,00
6	Luxshare Precision	2716	Китай	62	1	нет	нет	нет
16	Shenzhen Deren Electronic Co., Ltd.	728	Китай	89	9	нет	нет	нет
18	Fujikura/DDK Ltd.	553	Япония	40	13	нет	нет	нет
27	IRISO Electronics Co., Ltd.	388	Япония	37	28	нет	нет	нет
28	HUBER+SUHNER	380	Европа	14	42	нет	нет	нет
30	Corning Inc.	367	Северная Америка	43	23	нет	нет	нет
31	Hosiden	362	Япония	72	17	нет	нет	нет
40	I-PEX Co., Ltd.	264	Япония	84	35	нет	нет	нет
41	Winchester Electronics	245	Северная Америка	70	64	нет	нет	нет
45	Foxlink Group	232	Азиатско-Тихоокеанский регион	91	20	нет	нет	нет
48	SMK	196	Япония	73	36	нет	нет	нет
53	Stäubli Electrical Connectors AG	144	Европа	31	79	нет	нет	нет
54	Yokowo Co., Ltd.	144	Япония	54	70	нет	нет	нет
56	Telegärtner	131	Европа	23	99	нет	нет	нет
57	Shenzhen Everwin Precision Technology Co., Ltd.	131	Китай	85	27	нет	нет	нет
61	Honda	124	Япония	79	43	нет	нет	нет
67	Speed Tech Corp.	102	Азиатско-Тихоокеанский регион	80	31	нет	нет	нет
68	Uju Electronics Co., Ltd.	99	Азиатско-Тихоокеанский регион	86	37	нет	нет	нет
70	Singatron Enterprise Co., Ltd.	95	Азиатско-Тихоокеанский регион	87	41	нет	нет	нет
71	Autosplice	94	Северная Америка	57	77	нет	нет	нет
74	Jess-link Products Co., Ltd.	83	Азиатско-Тихоокеанский регион	67	46	нет	нет	нет
79	KEL Corporation	79	Япония	74	85	нет	нет	нет
80	ACON, Advanced-Connectek Inc.	78	Азиатско-Тихоокеанский регион	94	45	нет	нет	нет
82	Mill-Max Mfg. Corp.	68	Северная Америка	77	76	нет	нет	нет
87	RIA Connect	61	Европа	48	86	нет	нет	нет
88	Zhejiang Yonggui Electric Equipment Co., Ltd.	59	Китай	83	47	нет	нет	нет
91	Concraft Holding Co., Ltd.	57	Азиатско-Тихоокеанский регион	82	49	нет	нет	нет
92	Genesis Technology USA, Inc.	57	Северная Америка	96	55	нет	нет	нет
93	Wieson Technologies	56	Азиатско-Тихоокеанский регион	97	74	нет	нет	нет
94	P-Two Industries inc.	54	Азиатско-Тихоокеанский регион	98	51	нет	нет	нет
95	IMS	52	Европа	50	82	нет	нет	нет
96	Chant Sincere Co., Ltd.	50	Азиатско-Тихоокеанский регион	76	61	нет	нет	нет
97	CCP Contact Probes Co., Ltd.	47	Азиатско-Тихоокеанский регион	99	52	нет	нет	нет
98	Fujitsu Components	42	Япония	75	93	нет	нет	нет
99	Plastron Precision Co., Ltd.	35	Азиатско-Тихоокеанский регион	100	83	нет	нет	нет
100	TT Electronics	27	Европа	56	98	нет	нет	нет

Таблица 8. Топ-5 получателей

Изготовитель	Тип получателя	Итого, \$
Ningbo Degson Electrical Co., Ltd.	Брокер	1 744 485
	Производитель	521 147
	Брокер	361 817
	Брокер	293 002
KLS ELECTRONIC	Брокер	394 630
	Производитель	225 240
	Производитель	220 755
	Брокер	123 753
	Производитель	118 975
Amphenol	Брокер	915 491
	Производитель	516 633
	Производитель	295 778
	Брокер	283 894
	Производитель и поставщик жгутов	173 496

ном рынке России, не попавших в глобальный список топ-100 и таблицу 3. Часть таких брендов указана в таблице 7. Автор выбрал эти бренды по принципу «не работал, но слышал». В таблице 7 указан весь объём импорта означенных брендов по таможенным кодам из таблицы 1. Эти три бренда также добавлены в таблицу 3. Что можно сказать в итоге. Ваши поставщики – это рынок компонентов. Хотите иметь минимальные проблемы с поставками в Россию, выбирайте разъёмы брендов в таблице 5. Конечно, если вы такие производители, как НВП «Болид» или «Энергомера», можете возить и планировать самостоятельно, но если вы мелкий или средний производитель, то наличие вашей продукции на складах в России для вас важно. Если суммировать все цифры в таблице 3 и вычесть из неё результаты таблицы 4 (товарные знаки), то получится, что \$175 млн точно приходятся по кодам в таблице 1 на разъёмы и соединители. К этой сумме можно прибавить не более \$15 млн от брендов, которые не указаны в таблице 3. В разъёмах показатель поставок через дистрибьюторов ниже по сравнению с микросхемами. Если суммировать импорт расшифрованных автором импортёров-брокеров, то в 2019 году на них приходилось только \$48 млн импорта из \$175 млн. В реальности показатель немного ниже, так как процент прямых поставок и поставок через дистрибьюторов даже при наличии нескольких официальных дистрибьюторов может сильно отличаться. В качестве примера приводится топ-5 получателей по ряду брендов (см. таблицу 8).

На рынке разъёмов очень много игроков, поэтому таких игроков, как

Degson Electronics Co., которые большую часть поставок делают через дистрибьюторов, весьма немного. Это жемчужины дистрибьюторского бизнеса. Все «крупняки» рано или поздно уходят на прямые поставки от производителя. Например, TE Connectivity является мировым лидером в области автомобильных разъёмов, и почти все поставки в России в этой области идут напрямую производителям. Поэтому дистрибьюторам разъёмов очень важно сразу оговаривать с производителями правила игры: когда и при каких обстоятельствах возможны прямые поставки, компенсации. Прямая поставка по крупному проекту – это лишь вопрос времени, слишком большая конкуренция. Среди российских производителей соединителей конкуренция минимальна. Многие из них выпускают строго определённые модели под определённых потребителей.

### Производство разъёмов в России

В 2019 году почти у всех игроков снизились объёмы производства разъёмов. Все российские предприятия без исключения отгружают почти всю свою продукцию в регулируемую государством часть рынка. Подходит к завершению государственная программа вооружения 2011–2020 годов, уменьшаются государственные оборонные заказы, автомобильный рынок тоже не растёт. Сокращается спрос со стороны гражданских, государственных и частных покупателей. Всё это сильно влияет на размеры рынка. И хотя почти все российские предприятия пытаются работать над импортозамещением, реальных подвижек на граж-

Таблица 9. Рынок российских производителей соединителей и разъёмов

Компания	2017 год, млн руб.	2018 год, млн руб.	2019 год, млн руб.	2019, \$ млн	Доля рынка, %
АО «Завод Элекон»	4 811	5 407	5 312	82	48,7
АО «Завод Колир»	687	783	840	13	7,7
АО «Карачевский завод «Электродеталь»	1 600	2 160	1 665	27,7	15,3
АО «Электросоединитель»	669	555	626	9,7	5,7
АО «Завод Атлант»	617	717	718	11,1	6,6
ООО «Каскад»	92	88	84	1,3	0,8
ОАО «СК «Исеть»	830	800	730	11,3	6,7
АО «Завод «Снежень»	292	209	209	3,2	1,9
АО «Соединитель»	411	589	477	7,4	4,4
НПП «Волна»	42	38	54	0,83	0,5
Другие	200	200	200	3,1	1,8
<b>Итого, млн руб.</b>	<b>10 251</b>	<b>11 546</b>	<b>10 915</b>		<b>100</b>
<b>Итого, \$ млн</b>	<b>175</b>	<b>183,5</b>	<b>168,9</b>		

данском рынке в этом вопросе нет. На всех просмотренных автором сайтах производителей есть длинные списки импортозамещения. Автор, признаться, и не ожидал, что так много аналогов разработано и выпускается. Это не сарказм. Однако складывается впечатление, что в России уже выпускается всё то же, что производится как минимум в Китае. Но если брать динамику выручки, чётко видно, что все эти аналоги на гражданский рынок не поступают, сокращения касаются не только объёмов выручки, но и количества выпускаемых штук. В список крупнейших российских компаний, производящих разъёмы, входят:

1. **АО «Завод Элекон»** – головное предприятие России по разработке и производству цилиндрических соединителей для всех отраслей оборонной и гражданской промышленности, а также специальных электроразрывных соединителей для авиационной, ракетно-космической и военно-морской техники. По результатам проведённого анализа рынка российских производителей соединителей в 2019 году, доля общества составляет 71% среди конкурентных типов соединителей. Под конкурентными подразумеваются аналогичные российские производители, так как на сайте или в Интернете автор не смог ознакомиться с данным отчётом.

Из зарубежных производителей, как считает сам завод, наиболее активны: TE Connectivity, Glenair Electric, Amphenol, Rosenberger, MOLEX, Huber+Suhner, Souriau, LEMO, Fischer, ODU, Harting, ITT Cannon, а также ряд китайских компаний и тайваньских предприятий, осуществляющих производство электрических соединителей. Предприятия выпустили специаль-

ные электрические изделия на сумму 5 312 млн руб. (90,2% к уровню 2018 года). Динамика выпуска соединителей по годам: 2015 год – 6,2 млн шт., 2016 год – 5,7 млн шт., 2017 год – 4,8 млн шт., 2018 год – 5 млн шт., 2019 год – 4,5 млн шт. Читать годовой отчёт «Элекона», спасибо им, весьма приятно, в отличие от отчёта завода «Исеть», который с тем же успехом мог бы его и не публиковать.

2. **«Электродеталь»** – ведущий производитель прямоугольных разъёмов. «Электродеталь» не публикует отчёты, или автор их не нашёл.

3. **Завод «Копир»**. Единственное предприятие, где большая доля выпускаемых заводом разъёмов – гражданская продукция, поступающая на автомобильный рынок. Остальная часть производства отведена под изготовление военной продукции для госбронзаказа. Единственное предприятие, демонстрирующее рост выручки 3 года подряд, скорее всего за счёт увеличения доли на автомобильном рынке. Все три предприятия входят в одну группу, как минимум два принадлежат одним владельцам. «Копир» сейчас – крупнейший в России производственный холдинг, по разъёмам занимающий 71,6% рынка среди российских производителей разъёмов и соединителей всех классов.

4. **ОАО «Уральский завод электрических соединителей "Исеть"»** – специализированное российское предприятие по разработке и производству электрических соединителей для авиационной и космической техники.

5. В настоящее время доля **ПАО «Завод Атлант»** на внутреннем рынке производства электрических соединителей, по данным самого завода, составляет 9,7%, радиочастотных соединителей – 6,7%, автомобильной продукции – 5,5%. Это данные самого завода. Объём выручки 1 316 млн руб., из них 56,4% пришлось на электрические соединители.

6. Производство **АО «Электросоединитель»** ориентировано на выпуск для нужд авиации, космоса и Министерства обороны высокогерметичных электрических соединителей на основе спая стекла с металлом. Предприятие входит в лидирующую группу производителей герметичных электрических соединителей.

7. **«Каскад»** – производитель прямоугольных разъёмов для промышленных приложений и телекоммуникаций.

8. **«Снежить»** – на сегодня это завод полного производственного цикла. Выпускает электрические соединители, которые включены в перечень ЭКБ и успешно используются в электронной и военной промышленности. В настоящее время является независимым производителем прямоугольных разъёмов.

9. **«Соединитель»** – единственная компания, основанная в постсоветский период (1993 год). Занимается разработкой и изготовлением электрических, оптических и оптико-электрических соединителей специального назначения, а также герметичных соединителей.

10. **АО «НПО Завод "Волна"»** производит электрические низкочастотные соединители для вычислительной техники, оборонной и автомобильной промышленности, но, судя по информации на сайте, большая часть продукции поставляется на автомобильный рынок.

В России достаточно и других производителей:

1. **Производственное объединение «Октябрь»** – единственное в России предприятие с крупносерийным производством радиочастотных соединителей. «Октябрь» выпускает широкую номенклатуру изделий с волновым сопротивлением 50 Ом. К сожалению, запрос автора о предоставлении информации об объёме выпуска изделий остался без ответа. Автор оценивает объём предприятия примерно в 500–600 млн руб. «Октябрь» не включён в таблицы.

2. **Иркутский релейный завод** – современное промышленное предприятие, которое специализируется на разработке и производстве изделий коммутационной техники. В основном выпускает реле, но в линейке есть и соединители.

3. Компания **«Амитрон»** рекламирует широкую номенклатуру радиочастотных соединителей. Судя по предоставляемым компанией данным, объём выпуска очень небольшой. Автор оценивает объём производства всех небольших компаний, подобных приведённым ранее, в 200 млн рублей в 2019 году. Рынок соединителей и разъёмов, производимых в России, представлен в таблице 9.

К сожалению, производитель «Снежить» не ответил на запрос автора, поэтому были взяты их продажи за 2019 год аналогично 2018 году. У части заводов, например «Элеконда» и «Атланта», в отчётах отражён реаль-



## Компактные высоковольтные преобразователи напряжения



### ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЕ И СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ МОДЕЛИ

#### Технические параметры

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

#### Применение

- Медицинская диагностика
- Научное оборудование
- Авиационно-космическая техника

**PROSOFT®**



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636 • INFO@PROSOFT.RU • WWW.PROSOFT.RU

Таблица 10. Российские разъемы, аналоги и сравнение цен

Российский разъем	Наименование аналога	Руб. за шт.	Аналог в Москве, руб. за шт.
СНП351-110РПр31-0-А	17211102101	2000	1061
СНП346-10ВП21-2-в	PLD-10	483	От 1,44 до 18
СНП346-80ВП21-2-в	PLD-80	2929	От 7 до 70
СНП346-4ВП21-1-в	PLS-4	268	От 0,5 до 5

Таблица 11. Завершённая спецификация одного российского производителя

№	Товар	Кол-во, шт.	Цена, руб.	Сумма без НДС, руб.
1	Вилка СНП346-10ВП21-2-В (70)	146	402,76	58 802,96
2	Вилка СНП346-80ВП21-2-В (70)	142	2 444,07	347 057,94
3	Вилка СНП346-4ВП21-1-В (70)	72	223,88	16 119,36
4	Вилка СНП346-3ВП21-1-В (70)	72	194,21	13 983,12
5	Вилка СНП351-110ВПр21-0-А (70)	20	1 365,21	27 304,2
6	Розетка СНП351-110РПр31-0-А (70)	20	1 674,02	33 480,4

ный процент выручки, приходящийся на разъемы и соединители. У остальных автор находил информацию разными путями или оценивал самостоятельно. Объем выручки, которую можно увидеть в таблице 9, приходится только на соединители и разъемы. Оценка в долларах взята по среднему курсу на текущий год.

Если проанализировать итоговые продажи за последние 3 года, можно увидеть, что суммируемые продажи в рублях у российских предприятий не изменились. Регулируемый рынок соединителей, конденсаторов, реле, кварцев остался без изменений. В целом на гражданском рынке всё

то же самое, однако стоит учитывать, что на гражданском рынке действуют десятки тысяч клиентов, рождение и умирание брендов там – естественный процесс. По регулируемому рынку всё сложнее, так как запас прочности основан не на естественных рыночных процессах. И снова автор хочет оговорить небольшой нюанс. Когда вам говорят, что закрытый регулируемый рынок составляет 40% от общего рынка, это честная цифра, если её воспринимать буквально. В реальности мысль о том, что доля импортозамещения равняется 40%, скорее вредит, чем приносит пользы, так как скрывает реальное состояние дел. Если исходить из этой цифры, складывается впечатление, что мы уже умеем делать всё. На одном предприятий, входящих в таблицу 9 автор увидел список импортозамещения, которое делает предприятие по PLS, PLD, PBS, PBD, BLS, BLD, PLH, PLHD, DIN41612, D-SUB, PWL, PHU, PWL-R, IDC, HU, WF и т.д. Получается, мы делаем всё, и это «всё» составляет 40% от рынка. Автор нашёл тендер одного АО за 2019 год, предприятие изготавливает



## ДИСПЛЕИ ДЛЯ

### от -50°C



Реклама

**PROSOFT®**

WWW.PROSOFT.RU

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

лазерные дальномеры для армии, т.е. производит оно много чего по лазерной теме, но непосредственно тендер реализуется по военной продукции. Это АО купили соединители российского производства. Их аналоги прописаны на сайте производителя в разделе «Импортозамещение». Информацию автор обобщил в таблице 10 и таблице 11.

Цена на 17211102101 дана от цен Digi-Key за 25 шт. от 11.10.2020 и текущего курса по формуле  $8,44 \times 1,2$  (НДС)  $\times 1,05$  (доставка)  $\times 1,3$  (прибыль брокера)  $\times 76,77 = 1061$ .

Остальные цены от производителей Hsuan mao, Connfly, KLS electronic автор смотрел на efind.ru и умножал на 10, чтобы получить примерный уровень цен таких производителей, как TE Connectivity. Первая цифра – это китайские производители, после знака « » идёт цена европейских производителей. Автор сильно сомневается, что разъем PLS-4 как аналог сделан в металло-керамическом корпусе или для работы в условиях ядерного реактора. Поэтому разница в цене очевидна: 40% – в деньгах, в штуках – не более 10%, а в реаль-

ности – в разы меньше. В этом и кроется главная опасность цифры 40%: она даёт ложное представление об огромной доле рынка, которое реально не подкреплено тысячами клиентов, изделиями, разработками и главное – объёмами производства в штуках. Именно поэтому автор делает вывод, что этот объём производится для армии, в противном случае АО сэкономило бы не менее 70% от суммы счёта. По сути, это просто производство аналогов по программе нацбезопасности, назвать это импортозамещением сложно. Предприятию явно не хватает элементарного производства в штуках, чтобы выйти на уровень цены в десятки раз ниже нынешних. Возможно, предприятию это вовсе и не нужно. На эту тему есть другой пример. Недавно автор прочитал статью, в которой рассказывалось о том, что один завод, работающий в области компонентов радиоэлектронных устройств, «во исполнение послания президента об увеличении доли рынка гражданской продукции» решил делать электросчётчики. Причём, не имея никакого опыта разработки и сбыта, сразу купил производственную линию. Автор полагает, что президент

всё же имел в виду развитие продаж текущей продукции на гражданском рынке, увеличение общей доли рынка. Но новый производитель счётчиков прямо пишет, что счётчики он собирается производить на импортной базе за исключением пары компонентов. Получается профанация: процент гражданской продукции они увеличивают, но не за счёт электронных компонентов. Если так поступят все, что у нас изменится? Не думаю, что президент хотел именно этого. Теперь в слове «профанация» автор не уверен, лучше пусть такая профанация, чем PLS-4 за 268 руб. По крайней мере, у счётчиков есть шанс, у PLS-4 – нет. Однажды автора спросили, верит ли он, что российские производители могут продавать свою продукцию в Европу. Автор ответил: нет, невозможно завоевать Европу, потеснив, к примеру, MOLEX, если на родном рынке доля равна 0. Это фантастика. Завоевание Европы начинается с родного рынка.

## Литература

1. Лебедев И. Сравняем цифры по бренду. 2019. URL: <https://commarketru.com/sravnivaem-czifry-po-brendu>.

## ЖЁСТКИХ УСЛОВИЙ

до +85°C



### Основные свойства электролюминесцентных дисплеев

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

### Области применения

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

**LUMINEO**  
POWERED BY **BEPEQ**

МОСКВА  
(495) 234-0636  
info@prosoft.ru

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

ЕКАТЕРИНБУРГ  
(343) 356-5111 (912) 620-8050  
info@prosoftsystems.ru ekaterinburg@regionprof.ru



Реклама

# Индустрия 4.0 и надёжность сетевых коммуникаций

## Компания HARTING

В статье описываются функции соединителя HARTING ix Industrial®, который заменяет собой соединитель RJ-45 для компьютерных плат. Также рассказано об инновационных решениях для транспортировки и возможностях интеллектуальных соединителей Ethernet.

Сочетание системы Beckhoff XTS (см. рис. 1.) и соединителя HARTING ix Industrial® (см. рис. 2.) – синтез двух поистине инновационных решений. Интеллектуальная транспортная система XTS применяется в компании Beckhoff для адаптивной и непрерывной транспортировки продуктов. Система характеризуется продуманным набором преимуществ линейного и вращающегося привода. С помощью XTS можно расширить возможности реализации концепции адаптивного оборудования. Практически не требующая технического обслуживания система имеет модульную структуру и готова к применению с минимальным набором параметров.

Компонент последнего поколения HARTING ix Industrial® заменяет собой соединитель RJ-45 для компьютерных плат. Интеллектуальное и компактное исполнение этого инновационного соединителя предусматривает 24 порта вместо 12. При этом размер соединителя остаётся неизменным. Система eXtended Transport System (XTS) разработана немецкой компанией Beckhoff, которая специализируется на реше-

ниях для автоматизации. Разработка Beckhoff сочетает в себе преимущества линейных и вращающихся приводов в одном компактном решении для реализации концепции адаптивного оборудования. Ключевым аспектом данного инновационного решения является взаимозаменяемость стандартных компонентов привода. Если в большинстве линейных приводов устройства для перемещения с электрическими соединениями, как правило, движутся по статическим магнитным рельсам, то в системе XTS применяется совершенно иной принцип.

Система содержит три основных компонента: статический линейный двигатель, параллельный ему направляющий рельс и пассивное устройство перемещения. Данная концепция позволяет считать систему XTS первым линейным приводом, который может использоваться для перемещения по окружности. Устройства перемещения являются автономными пассивными несущими компонентами и не требуют передачи данных или электропитания по кабельным цепям и токоёмникам. Устройства перемещения

могут двигаться как по прямой, так и по изогнутой траектории, что позволяет создавать намного более эффективные закрытые контуры.

По сравнению с линейными системами, которые обычно выполняют поступательное и обратное перемещение, новые устройства сокращают количество неэффективных перемещений в контуре, значительно повышая производительность системы.

### Три основных компонента системы XTS

Двигатель XTS сочетает в себе встроенные мощные электронные устройства и соединения с контролируемой активацией электромагнитных катушек для управления устройством перемещения с применением двойного воздушного зазора. Двигатель обеспечивает ускорение устройств перемещения и помогает достигать скорости до 4 м/с с точным позиционированием. Такая точность гарантирована вне зависимости от траектории движения: прямой или изогнутой.

Для правильного управления перемещением модули двигателя непрерывно синхронизируются с соответствующими направляющими рельсами. В зависимости от цели применения доступно перемещение несущих компонентов по наружному или внутреннему радиусу.

Третий компонент системы – устройство перемещения, которое содержит

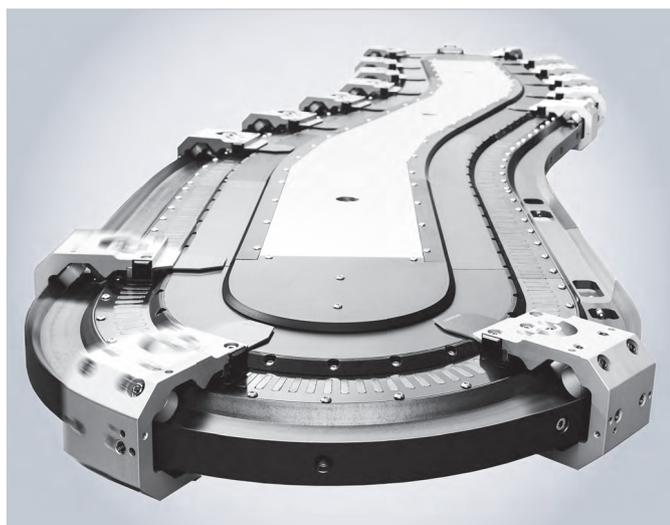


Рис. 1. Система eXtended Transport System (XTS) от компании Beckhoff

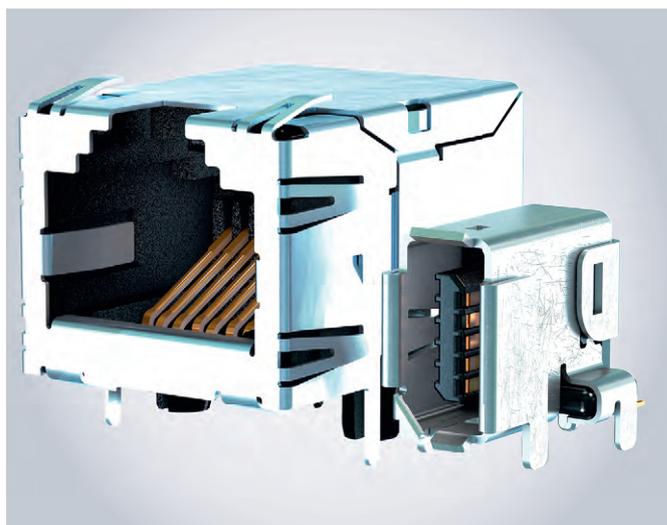


Рис. 2. Соединители HARTING ix Industrial®

магнитные элементы для формирования движущей силы в сочетании с модулем двигателя. Специально подобранная геометрия и задающие контуры для противоположного магнитного поля предотвращают воздействие любых движущих усилий на подшипник даже в самом тяжёлом режиме эксплуатации. Это позволяет не только продлить срок службы подшипника, но и обеспечивает экономию рабочей мощности для выполнения предусмотренных функций.

Система XTS подходит для решения практически неограниченного числа задач. Устройства перемещения могут самостоятельно выполнять операции ускорения, торможения, позиционирования и синхронизации; могут учитывать абсолютное и относительное положение других устройств; поддерживают функции группировки и последовательности; могут формировать зажимное усилие в процессе перемещения; перемещаться по изогнутой траектории так же быстро, как по прямой; восстанавливать энергию благодаря рекуперативному тормозу и одинаково эффективно использовать прямое

и обратное перемещения для транспортировки. Эти операции гарантируют точное позиционирование без вибрации, застревания, усталости материала фактически при полном отсутствии износа и без дорогостоящего технического обслуживания.

В то время как в традиционных системах транспортировки применяется множество подшипников, цепных приводов, ленточных транспортеров, передвижных кабелей или токоёмников, требующих регулярного технического обслуживания, система XTS содержит минимальное количество подвижных механических компонентов.

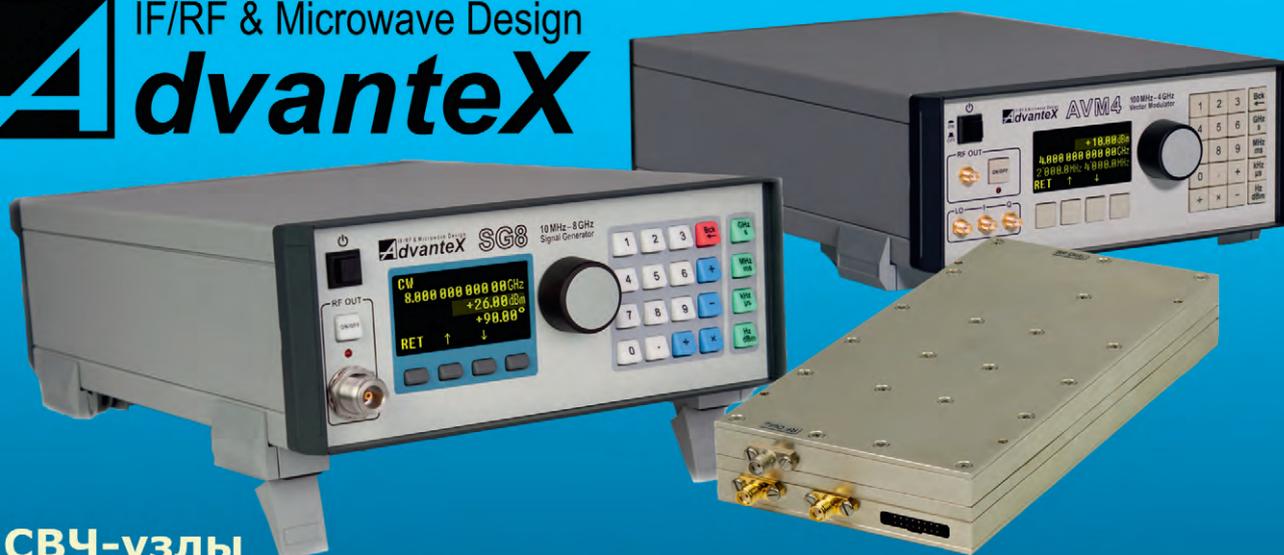
У системы хорошая адаптивность, имеется возможность регулировки режима работы, что особенно удобно, например, при перестройке на другие продукты. А для создания новых маршрутов транспортировки потребуется только изменение конфигурации готового двигателя и компонентов рельсов. Когда маршрут транспортировки остаётся неизменным, а изменяются лишь параметры продуктов, достаточно простой регулировки параметров в программном обеспечении.

Важной характеристикой системы является безопасность. Традиционные системы транспортировки содержат ленты транспортеров, цепи и другие сложные компоненты. Работа с такими системами обычно сопровождается продолжительными простоями оборудования для транспортировки с механическими соединениями. Привод должен обеспечивать общее усилие, необходимое для всех устройств транспортировки, т.е. усилие, равное сумме всех усилий, необходимых компонентам. В случае нарушения работы, столкновений или иного непредусмотренного сбоя общее усилие всей системы будет приложено к одной точке. Такое усилие может быстро приводить к серьёзным повреждениям. В системе XTS предусмотрено единственное усилие – намного меньшее усилие, приложенное к устройству перемещения. Данная особенность позволяет существенно повысить безопасность в процессе эксплуатации.

Принцип действия линейного двигателя открывает совершенно новые возможности для технологии приводов:

- линейные двигатели могут применяться в закрытом контуре;

## IF/RF & Microwave Design **Advantex**



### СВЧ-узлы

Синтезаторы частот до 21 ГГц, -140 дБн/Гц @ 1 ГГц, при отстройке 10 кГц, умножители частоты  
Аттенюаторы, управляемые напряжением, до 26 ГГц  
Усилители до 20 ГГц, 0.5 Вт  
I/Q модуляторы / демодуляторы, смесители, фильтры

### Приборы

Генераторы сигналов, электронные аттенюаторы, I/Q-модуляторы

[www.advantex.ru](http://www.advantex.ru)

- на одной траектории может устанавливаться несколько устройств перемещения;
- модульная конструкция может быть легко адаптирована для решения конкретных задач;
- компактность и низкое энергопотребление;
- простое решение сложных логистических задач;
- низкая трудоёмкость при разработке и реализации проектов.

### Инновационное решение HARTING ix Industrial® увеличивает количество портов в 2 раза

В процессе перемещения устройств и выполнения заданных функций программы, т.е. отключения блокировки, зажима, отпускания, торможения и т.д., компьютер должен непрерывно проводить расчёт параметров для переключения и активации соответствующих модулей двигателя. Для этого в системе XTS предусмотрена интеграция трёх компьютерных плат, которые содержат четыре гнезда RJ-45, до недавнего времени выполненных в виде портов. Каждый порт, как правило, служит для управления модулем двигателя на расстоянии 1,5 м. Но даже несмотря на постоянное изменение требований пользователей с учётом размеров и сложности для конкретных операций транспортировки необходимо обеспечить компактность отдельных компонентов. Для этого компания HARTING, специализирующаяся на технологиях

для соединений, разработала подходящее решение – Ethernet-соединитель ix Industrial®.

Размер соединителя в устройстве фактически на 50% компактнее по сравнению с соединителями RJ-45. При этом соединитель характеризуется намного большей прочностью и имеет надёжное устройство для крепления. Новый соединитель рассчитан на 5000 циклов подключения. Возможно, это не является важным требованием для рассматриваемого в данной статье проекта Beckhoff, но указанное преимущество ещё раз подтверждает прочность и надёжность этого компонента. Предусмотрена безопасная передача электропитания PoE/PoE+, а также надёжное соединение с печатной платой с помощью нескольких экранированных контактов THR. Соединитель ix в соответствии со стандартом IEC 61076-3-124 представляет собой унифицированное и универсальное решение, а не специальный компонент для конкретного прикладного сценария. Применение стандартизированного решения являлось обязательным требованием для системы XTS.

Помимо значительной экономии пространства установки портов и повышенной прочности, в системе XTS также было необходимо обеспечить надёжное экранирование и очень высокую скорость передачи данных.

С учётом очень близко расположенных контактов в компактных компонентах, обеспечение скорости передачи по Ethernet 1/10 Гбит/с всегда

представляется сложной задачей и зависит от эффективности снижения перекрёстных помех в отдельных парах линий передачи данных. Эта задача решается благодаря экранированию, компактно установленному между двумя группами контактов. Таким образом гарантировано эффективное подавление перекрёстных помех.

Соединитель HARTING ix Industrial® содержит 10 контактов, 8 из которых предназначены для передачи данных, а 2 контакта заземления на печатной плате также выполняют функцию экранирования. Экранирующая пластина и контакты заземления обеспечивают компоновку контактов для передачи сигналов аналогично компоновке в круглых соединителях M12 с X-кодированием. Каждая пара проводов располагается в собственном кабеле или в четверти для соединителей с полным экранированием относительно других пар проводов. Данная компоновка обеспечивает эффективную защиту от перекрёстных помех и высокую производительность при передаче данных.

Такое оптимизированное экранирование применялось и в системе XTS, где каждый соединитель HARTING ix Industrial® обеспечивал два соединения EtherCAT 100 Мбит.

Серьёзным преимуществом данного решения является применение 8 портов вместо 4 портов на одной печатной плате и использование каждого порта для двух каналов EtherCAT вместо одного. В системе три печатные платы, поэтому всего используется 24 порта для обеспечения 48 линий EtherCAT вместо применявшихся ранее 12 портов.

Теперь доступное расстояние перемещения составляет до 100 м. Эта особенность открывает удивительные возможности компактных и высокопроизводительных Ethernet-компонентов для реализации проектов Промышленного Интернета вещей и «Индустрии 4.0». Данное решение соответствует тренду, который диктует уменьшение размера компонентов для автоматизации при повышении эффективности и мощности. С целью решения всех поставленных Beckhoff задач компания HARTING предоставила свои соединители ix Industrial® для реализации инновационной системы транспортировки, открывающей кардинально новые возможности линейных систем.

**Хорошие новости**  
 специалисты отрасли рассказывают  
 о насущных проблемах,  
 глобальных и локальных тенденциях рынка,  
 делятся полезным опытом

СМОТРИТЕ НА КАНАЛЕ «СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ»

# Микросхемы SRAM-памяти NBT и SyncBurst от GSI Technology

Евгений Павлюкович (y.pauliukovich@semicom.by)

В статье приведён краткий обзор семейств SRAM памяти No Bus Turnaround (NBT) и SyncBurst. На примере продуктовой линейки GSI Technology рассмотрены отличия режимов работы микросхем, функциональные возможности и основные параметры.

## Введение

До 2000 года основными потребителями микросхем статической памяти (SRAM) являлись производители компьютеров. Однако с появлением современных процессоров с достаточным объёмом внутренней памяти потребность во внешней высокопроизводительной памяти отпала. Дальнейшее развитие SRAM связано с телекоммуникационным и сетевым оборудованием. Для удовлетворения запросов рынка производители SRAM продолжили расширять линейку синхронной SRAM с пакетной передачей данных (BurstSRAM, см. рис. 1). Однако новые семейства берут своё начало от NBT. Микросхемы NBT обладают очень большой скоростью переключения между операциями чтения и записи.



Рис. 1. Микросхема SyncBurst SRAM



Рис. 2. Микросхема NBT SRAM

## Описание NBT

Рост спроса на телекоммуникационное оборудование способствовал появлению новых стандартов микросхем памяти. С этой целью производители SRAM разработали принципиально новое семейство NBT (см. рис. 2), которое также широко применяется в радиолокационных вычислительных модулях, интерфейсных платах, радиосвязи и БПЛА.

Разные производители называют это семейство по-разному, например:

- GSI Technology – No Bus Turnaround (NBT);

- IDT (приобретена Renesas в 2019 году) – Zero Bus Turnaround (ZBT);

- Cypress (приобретена Infineon в 2020 году) – No Bus Latency (NoBL).

Все эти микросхемы являются полными физическими и функциональными аналогами. Отличия могут состоять только в присутствии дополнительных опций. Однако все эти компании разрабатывают, производят и продают свои микросхемы независимо друг от друга.

## Режимы работы NBT

Отличием SRAM NBT от SyncBurst является возможность переключаться между операциями чтения и записи на каждом такте. Семейству SyncBurst для этого необходим один промежуточный такт. Оба семейства являются SDR микросхемами и могут работать в двух режимах: Pipeline или Flow-Through. Pipeline режим выгоден для задач, в

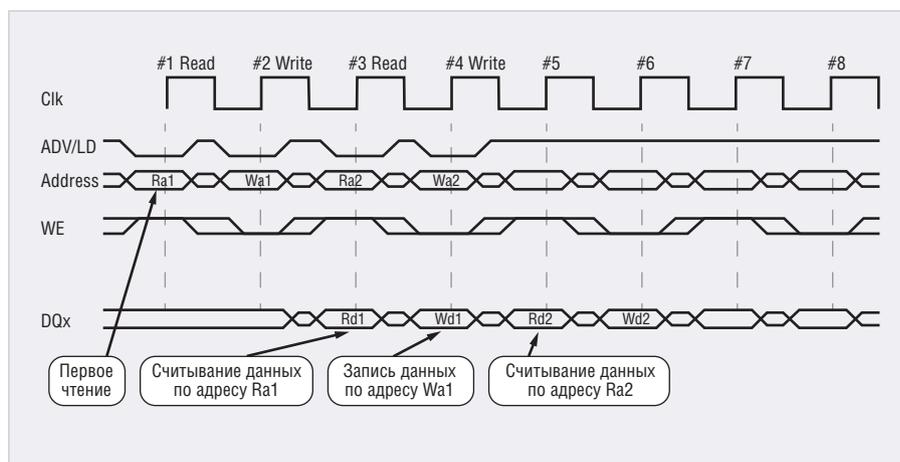


Рис. 3. Временная диаграмма операций чтения и записи для NBT Pipeline

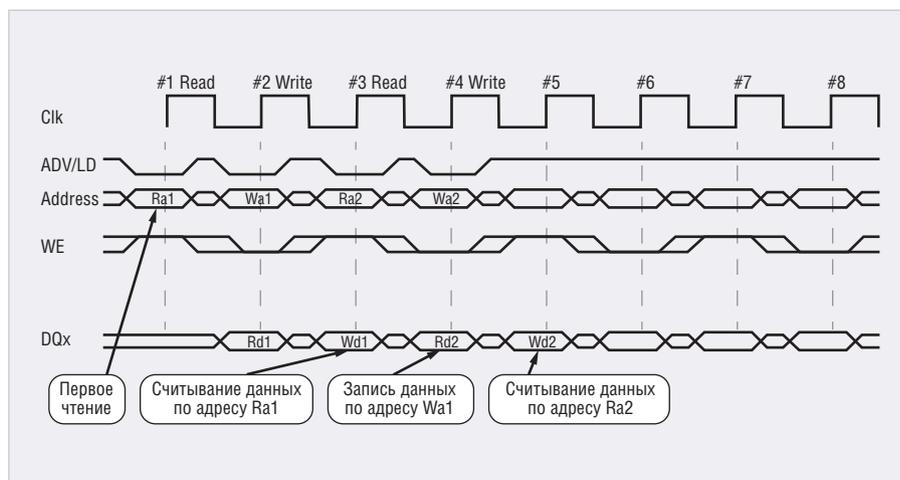
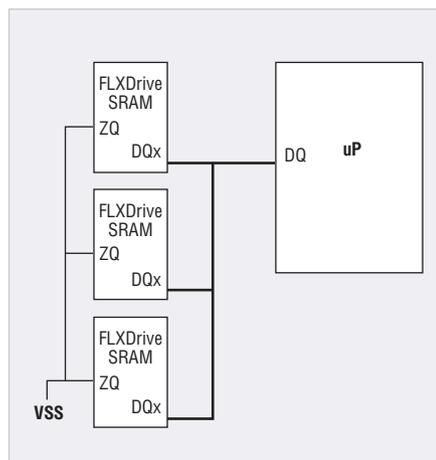


Рис. 4. Временная диаграмма операций чтения и записи для NBT Flow-Through



**Рис. 5. Подключение нескольких SRAM NBT к одной шине данных**

которых важна рабочая частота. Данные доступны для чтения через два такта после того, как произошёл захват адреса. Flow-Through применяется для достижения наименьшего уровня задержки. Данные доступны для чтения через один такт.

### Режим Pipeline

Временная диаграмма SRAM NBT в режиме Pipeline изображена на рисунке 3. На первом такте захватывается адрес чтения, однако из-за наличия в схеме Pipeline внутреннего регистра данные будут доступны только на третьем такте. Уже на втором такте можно выставить адрес для записи, но данные будут записаны только на четвертом. Таким образом, доступ к памяти выполняется без потери такта на переключение между операциями чтения и записи.

### Режим Flow-Through

Временная диаграмма SRAM NBT в режиме Flow-Through изображена на рисунке 4. Адрес для чтения выставляется на первом такте, а данные считываются на втором. Адрес для записи выставляется на втором такте, при этом данные могут быть записаны уже на третьем. Как и в случае с режимом Pipeline, операции чтения и записи занимают одинаковое количество тактов (два такта – для чтения и два – для записи).

Каждый разработчик сталкивается с выбором между режимами Pipeline или Flow-Through. Наличие у него двух отдельных микросхем приводит к расширению номенклатуры. Компания GSI Technology предлагает следующий выход из этого положения. У микросхем GSI имеется дополнительный управляющий вывод FT. Его

расположение в корпусе предусмотрено стандартом JEDEC и не влияет на взаимозаменяемость с микросхемами других производителей. У них этот вывод не задействован. Для активации Pipeline необходимо подтянуть вывод FT к напряжению питания микросхемы или оставить неподключённым, так как на линии есть внутренний подтягивающий резистор; для активации Flow-Through необходимо вывод FT подтянуть к «земле».

Наличие такой функции позволяет использовать одну микросхему в нескольких изделиях, что позволяет получить скидку от производителя на больший объём закупки.

### Несколько SRAM на одной шине

Опция FLXDrive™ GSI Technology позволяет программно задавать значение импеданса на шине данных. Эта функция будет полезна в схемах, когда на одной шине размещены несколько SRAM (см. рис. 5).

Для управления опцией FLXDrive™ используется только один вывод ZQ: когда ZQ=0, сопротивление линий на стороне SRAM равно 25 Ом, а когда ZQ=1, сопротивление меняется на 50 Ом. Уменьшение сопротивления на общей шине может показаться контрпродуктивным, но на самом деле это не так. При уменьшении сопротивления одной линии снижается общее сопротивление шины, следовательно, уменьшается уровень «звона» и задержка.

### Продуктовая линейка

GSI Technology выпускает самую широкую линейку SRAM среди всех производителей. Семейство NBT развивается параллельно с семейством SyncBurst. Если в проекте преобладают операции W-R-W-R-W-R-W-R-W-R-W, тогда лучше использовать NBT, а если WWW-RRRRR-WWWW, то предпочтительны микросхемы SyncBurst (здесь W – операция записи, R – операция чтения). В таблице 1 представлен каталог памяти NBT и SyncBurst производства GSI Technology.

Максимальный объём микросхем NBT и SyncBurst составляет 288 Мбит, а частота тактирования достигает 400 МГц (на сегодняшний день это рекордные показатели среди всех производителей). Если разработчику потребуется более высокая производительность, тогда необходимо переходить на устройства семейства SigmaQuad-II+ и SigmaDDR-II+. GSI Technology также является единственным производителем SRAM с напряжением питания и уровнем напряжения интерфейса 1,8 В. Современный 40 нм технологический процесс производства позволяет разместить 144 и 288 Мбит в самый компактный корпус для этого семейства – 15x13 мм 165-BGA. В несколько большем корпусе (165-BGA размером 17x15 мм) из-за изготовления по технологии 65 нм размещаются микросхемы 72 Мбит и меньшего объёма. Также только эти семейства поставляются в корпусе TQFP. Более современ-

**Таблица 1. Продуктовая линейка NBT**

Модель	Объём	Архитектура	Макс. частота	Напряжение питания	Корпус	Дополнительные опции
GS8256xZxx	288 Мбит	x18 x36	400 МГц	1,8 В 2,5 В 3,3 В	119-BGA 165-BGA	JTAG FLXDrive
GS8128xZxx	144 Мбит	x18 x36	400 МГц	1,8 В 2,5 В 3,3 В	100-TQFP 119-BGA 165-BGA Ceramic QFP	JTAG FLXDrive FT Rad-Hard
GS864xZxx	72 Мбит	x18 x36 x72	333 МГц	1,8 В 2,5 В 3,3 В	100-TQFP 119-BGA 165-BGA 209-BGA Ceramic QFP	JTAG FLXDrive FT Rad-Hard
GS832xZxx	36 Мбит	x18 x32 x36 x72	400 МГц	1,8 В 2,5 В 3,3 В	100-TQFP 119-BGA 165-BGA 209-BGA Ceramic QFP	JTAG FLXDrive FT Rad-Hard
GS816xZxx	18 Мбит	x18 x32 x36 x72	400 МГц	1,8 В 2,5 В 3,3 В	100-TQFP 119-BGA 165-BGA 209-BGA	JTAG FLXDrive FT
GS88xZxx	9 Мбит	x18 x32 x36	333 МГц	1,8 В 2,5 В 3,3 В	100-TQFP 119-BGA 165-BGA	JTAG FLXDrive
GS84xZxx	4 Мбит	x18 x36	250 МГц	3,3 В	100-TQFP 119-BGA	JTAG FLXDrive

Примечание: Z – семейство NBT; без Z – семейство SyncBurst

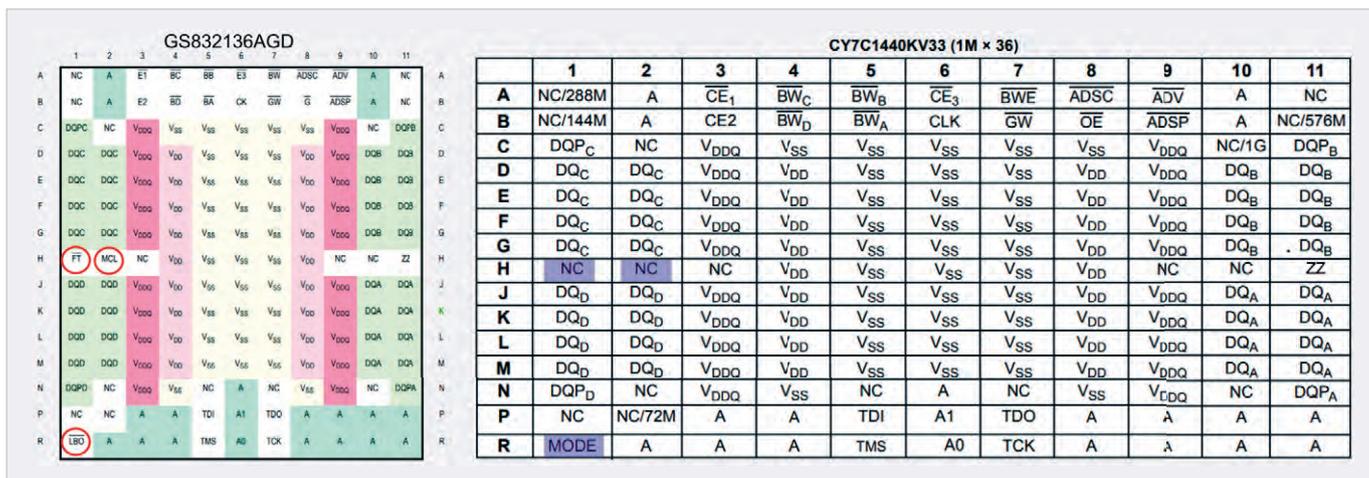


Рис. 6. Сравнение расположения выводов микросхем GSI Technology и Cypress

менные семейства производятся только в BGA корпусах. GSI Technology является единственным производителем, который поставляет SRAM в BGA корпусах, шарики которых содержат свинец. В настоящее время GSI Technology производит коммерческие, индустри-

альные, военные (-55...+125 °C) и радиационно-стойкие микросхемы NBT и SyncBurst.

Обеим областям применения (вычислительным модулям и сетевому оборудованию) требуется внешняя память с архитектурой от x18 до x72. Совокупность особенностей архитектуры и высокой тактовой частоты придаёт микросхемам GSI Technology превосходную производительность (см. табл. 2).

Таблица 2. Зависимость производительности от частоты и шины данных

Частота тактирования, МГц	Шина данных	Полоса пропускания, Гбит/с
200	x18	3,6
	x36	7,2
	x72	14,4
250	x18	4,5
	x36	9,0
	x72	18,0
300	x18	5,4
	x36	10,8
	x72	21,6
375	x18	6,8
	x36	13,5
	x72	27,0
400	x18	7,2
	x36	14,4
	x72	28,8

Таблица 3. Состояния функциональных выводов

Режим	Вывод		Состояние		Функция
	GSI	Cypress/Renesas/IDT	GSI	Cypress/Renesas/IDT	
Burst Order Control	LBO	MODE	L	L	Linear Burst
			H	H	Interleaved Burst
Output Register Control	FT	Не подключён	L	L	Flow-Through
			H или NC	H или NC	Pipeline
Must Connect Low	MCL	Не подключён	L	L	SyncBurst
Must Connect High	MCH		H	H	NBT
FLXDrive Output Impedance Control	ZQ	Не подключён H или NC	L	L	High Drive (Low Impedance)
			H или NC	H или NC	Low Drive (High Impedance)

зи с этим GSI Technology разработала универсальный IP-контроллер на двух языках программирования: Verilog или VHDL, который находится в свободном доступе на веб-странице каждой микросхемы. Вместе с IP-контроллером на странице размещены ссылки на модели BSDL и IBIS. По запросу компания также предоставляет информацию о надёжности микросхем – FIT и MTTF.

### Отличия и аналоги

При подборе аналогов от других производителей необходимо обращать внимание на пять выводов (см. табл. 3). Пример топологии микросхем в BGA-корпусе приведён на рисунке 6.

### IP-контроллер

В отличие от SRAM асинхронного типа микросхемы NBT и BurstSRAM являются представителями SRAM синхронного типа и нуждаются в IP-контроллере для подключения к ПЛИС. Однако IP-контроллер является очень простым и легко адаптируется под любую микросхему для любой схемы подключения. В свя-

### Заключение

В высокопроизводительных вычислительных платах оперативная память является критическим элементом, от которого зависит производительность всей системы. Дальнейшее увеличение скорости доступа и пропускной способности не представляется возможным на базе архитектуры NBT и SyncBurst. Поэтому последующее развитие микросхем SRAM памяти связано с появлением нового подхода к захвату данных и повышением частоты тактирования, о котором речь пойдёт в следующих статьях.

### Литература

1. Павлюкович Е. Микросхемы сверхоперативной ОЗУ памяти от GSI Technology. Элементы и компоненты. 2020. № 5.
2. Application note AN1002. Combatting Signal Integrity Issues with FLXDrive™ SRAMs. GSI Technology. 1998.
3. Application note AN1003. Designing with GSI's Flow-Through Mode Control Pin. GSI Technology. 2000.
4. Application note AN1009. GSI's Synchronous Burst/NBT SRAMs Bridge the Gap Between Computer. GSI Technology. 2002.
5. Application note AN1090. NoBL™: The Fast SRAM Architecture. Cypress Semiconductor. 2016.



# Потенциальные направления в промышленности и перспективные решения от компании HARTING

Ольга Романовская (romanovskaya@prochip.ru)

Глобализация, демографические изменения и проблемы климата – эти тенденции оказывают серьёзное влияние на развитие промышленности. Производство будущего должно быть в большей степени ориентировано на энергоэффективность и устойчивость к различным внешним факторам. Компания HARTING предлагает решения для подобных задач. В области автоматизации три направления будут способствовать развитию в сложившейся ситуации: создание цифровых двойников продуктов и процессов, модульность систем, а также новые технологии подключения устройств.

Цифровой двойник (англ. Digital Twin) – цифровая копия физического объекта или процесса, помогающая оптимизировать эффективность бизнеса. Концепция цифрового двойника появилась в рамках четвертой промышленной революции или «Industry 4.0» и призвана помочь предприятиям быстрее обнаруживать физические проблемы, точнее предсказывать их результаты и производить более качественные продукты. Специалисты компании HARTING считают, что в будущем все компании будут работать в этом направлении и запрашивать у производителей компонентов и систем, помимо цен и технических данных, различные модели для загрузки в САПР для построения цифрового двойника. Уже сейчас в конфигураторе на web-странице HARTING доступны 3D-модели различных форматов как для компонентов, так и для готовых решений.

Модульность в промышленности предоставляет множество преимуществ не

только для производителей, но и для пользователей. Заказчики получают выгоду, приобретая оптимизированный по стоимости продукт, полностью удовлетворяющий задекларированным требованиям, в то же время – с открытым дизайном, который можно доработать в дальнейшем. В рамках этой концепции HARTING предлагает серию разъемов-конструкторов Nan-Modular®, подходящую для всех интерфейсов, необходимых в современных технологиях управления, приводах, ЧМИ и коммуникациях для производственных систем. Разъемы этой серии позволяют передавать питание, данные и сигналы. Благодаря таким решениям, модульность конструкции может быть расширена без функциональных ограничений, а существующие системы можно легко модернизировать.

Модуль Nan® 300 A (см. рис. 1) – это одна из новинок линейки Nan-Modular®,

которую компания HARTING представила в этом году на онлайн-выставках Electronica и SPS. Этот модуль обратно совместим с существующим и проверенным временем модулем на 200 А и, следовательно, также может быть подключён к нему (при этом будет реализована только более низкая номинальная мощность). В результате существующие системы можно легко модернизировать. Новый модуль спроектирован таким образом, что возможны как прямые подключения к силовой шине, так и установка в выдвижных системах. Также соблюдается требование того, чтобы модуль был защищён от прикосновения как со стороны гнезда, так и со стороны контактов.

Потребность в более высоких скоростях передачи данных обуславливает постоянное развитие интерфейсов передачи данных. Это относится не только к офисным помещениям, но и к промышленной среде, где преимущества модульных интерфейсов особенно актуальны. Все распространённые шинные системы могут быть легко адаптированы в модульные разъемы HARTING, включая Profibus, Profinet, CAN, Ethernet категорий 5, 6 А и 7 А.

Благодаря новому модулю M12 (см. рис. 1) появилась дополнительная возможность интеграции Ethernet 10 Гбит/с в модульные разъемы. Модуль позволяет значительно сэкономить место: два разъёма M12 с D- или X-кодировкой помещаются в один модуль. По сравнению с обычны-



Рис. 1. Модули Nan-Modular® 300 A, Nan® M12 и Nan® Shielded



Рис. 2. Разъемы Nan® S для систем накопления электроэнергии

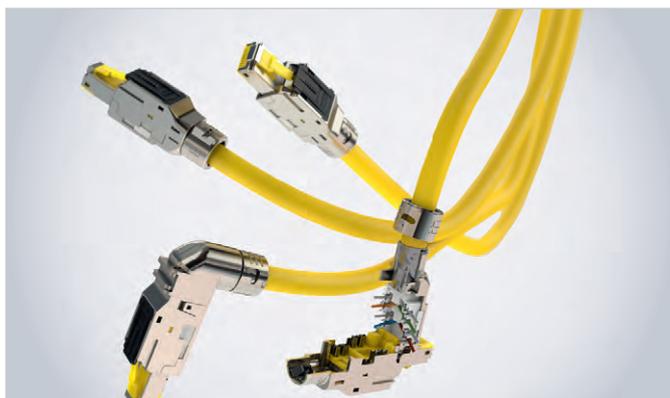


Рис. 3. Разъём RJ Industrial® Multifeature 10 Gbit

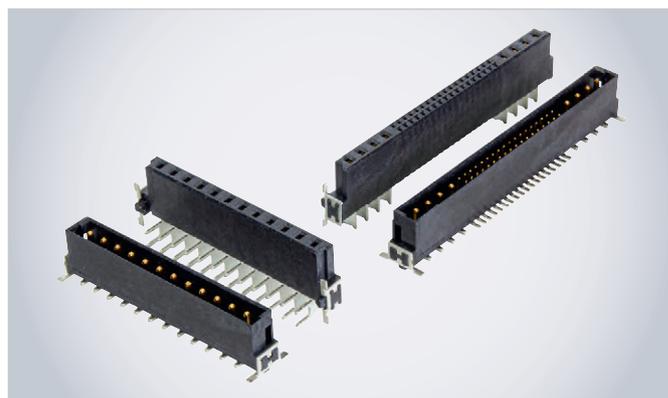


Рис. 4. Гибридные разъёмы серии har-flex® для подключения питания и сигналов

ми решениями с разъёмом RJ-45, система с разъёмами M12 обеспечивает ещё большую надёжность в эксплуатации.

Новый экранированный силовой модуль Nan® предлагает три силовых контакта и один контакт защитного заземления для подключения типичных трёхфазных нагрузок потребителей питания. Кроме того, имеются два сигнальных контакта для контроля температуры, тормозов или аналогичных элементов, а также задействована увеличенная площадь экранированной поверхности, которая позволяет подключать экран кабеля непосредственно к модулю с соблюдением требований ЭМС. Такое решение является альтернативой фиксированной разводке экранированных силовых кабелей и в то же время позволяет реализовывать такие соединения в общем корпусе вместе с другими модулями серии Nan-Modular®.

Компания HARTING провела ЭМС-испытания модуля в лаборатории. ЭМС-характеристики экранирующего перехода в экранированном силовом модуле Nan® оказались полностью достаточными для типичных силовых применений, таких как трёхфазные двигатели с частотным регулированием или другие нагрузки. Использование нового силового модуля обеспечивает съёмную конструкцию экранированных силовых кабелей, простоту в обращении и прямое подключение экрана к модулю. Это приводит к сокращению времени установки машин и систем на заводе или у конечного потребителя.

Более того, серия Nan-Modular® дополнена модулем с защитой от электромагнитных помех для передачи сигналов Nan® Shielded Modul Basic (см. рис. 1). Благодаря увеличенной площади экранированной поверхности и дополнительной экранирующей пластине, этот модуль обеспечивает не только хорошее экранирование, но и впечатляющие возможности передачи

сигналов в компактном пространстве (можно подключить до 27 экранированных контактов D-Sub до 4 А, 32 В).

Помимо новых решений для машиностроения, на выставке SPS 2020 компания HARTING также представила продукты для рынка энергетики — интуитивно понятные и простые в использовании разъёмы серии Nan S (см. рис. 2) для систем накопления электроэнергии. Новая серия разъёмов обеспечивает оптимальный уровень безопасности, так как их конструкция соответствует всем техническим требованиям стандарта UL 4128 для стационарных систем хранения энергии. Однополюсные соединители могут передавать номинальные токи до 200 А при напряжении 1500 В. Nan S® обеспечивает безопасную установку благодаря защищённым от прикосновения контактам с различными типами подключения (винт M8 или шина). Статус блокировки всегда виден и легко проверяется. Кроме того, продукт HARTING устойчив к вибрации и доступен в двух цветовых исполнениях: красном (+) и чёрном (–). Кодирование является механическим, что исключает возможность неправильного подключения соединителей.

Компания HARTING также добилась успеха, предложив рынку автоматизации более компактную, прочную и универсальную альтернативу обычным разъёмам – соединитель ix Industrial®. Линейка ix Industrial® будет последовательно расширяться всеми необходимыми версиями. Сюда входят прямые и угловые версии разъёмов, различные системы запираения и классы защиты IP. Специалисты компании HARTING уверяют: ix Industrial® – интерфейс будущего.

Ну а для тех, кто по-прежнему продолжает использовать классический разъём RJ-45, тоже есть обновления. Сокращение времени сборки – один из самых важных принципов экономии при строительстве установок автома-

тизации. Компания HARTING придумала, как сократить сборку и выпустила RJ Industrial® Multifeature 10 Gbit – промышленный разъём RJ-45 со встроенным резаком для проводов (см. рис. 3). Решение обеспечивает на 25% более быструю сборку благодаря встроенным миниатюрным ножам. Они автоматически укорачивают и обрезают отдельные провода во время сборки и таким образом обеспечивают очень простой и безошибочный монтаж на месте. Разъём имеет категорию 6А для всех классов PoE и регулируемый кабельный вывод.

Линейка разъёмов har-flex® с шагом 1,27 мм расширена новыми гибридными решениями (см. рис. 4). Контакты для передачи питания и сигналов теперь сочетаются в одном миниатюрном разъёме для установки на печатную плату. Эта комбинация позволяет исключить использование отдельного подключения питания и управляющих сигналов. Кроме удобства такое решение приносит и другие преимущества, например, экономит пространство, так как раньше пользователи были вынуждены передавать питание через несколько сигнальных контактов, соединённых параллельно. Это приводило к увеличению числа контактов и размера посадочного места. С использованием разъёма har-flex® Power теперь подключение питания можно обеспечить, задействовав лишь половину требуемого ранее пространства.

Гибридные соединители har-flex® доступны в прямой и угловой версиях и могут использоваться в параллельных (мезонинных) платах, платах расширения и конфигурациях «дочерняя плата с материнской платой».

## Литература

1. Пресс-релиз HARTING: Future-proof power, data and signal transmission. URL: [www.harting.com/RU](http://www.harting.com/RU).



# Управление моторизованными позиционерами Standa с помощью контроллеров шаговых двигателей «Онитекс»

Сергей Шишкин (schischkin.sergej2014@yandex.ru)

В статье представлены аппаратные решения по управлению моторизованными позиционерами (линейными трансляторами, приводами) компании Standa посредством контроллеров шаговых двигателей «Онитекс». Приведена схема пульта для управления контроллерами серии OSM в режиме драйвера.

Литовская компания Standa представляет на российском рынке оптические столы и монтажные опоры, оптомеханику, держатели, оптику, лазеры, аксессуары, а также поворотные, линейные и моторизованные позиционеры, в том числе линейные трансляторы, моторизованные держатели зеркал, приводы и прочее [1]. Все перечисленные элементы позволяют построить оптический тракт сложной оптической или лазерной системы. В линейных трансляторах, моторизованных держателях зеркал и приводах присутствуют управляемые шаговые двигатели. В общем случае задача по управлению шаговым электродвигателем сводится к задаче коммутации обмоток для вращения вала в нужном направлении и с нужной частотой (скоростью). Это невозможно сделать без блока управления или контроллера шагового двигателя (КШД). Производители шаговых двигателей и устройств, в которых такие двигатели присутствуют, как правило, предлагают блоки управления с законченными сетевыми интерфейсами управления: RS-485, CAN, USB, PROFIBUS, Ethernet

и другими. Компания Standa предлагает свои контроллеры для управления позиционерами с интерфейсами Ethernet и USB.

Какие же факторы и критерии являются определяющими при выборе контроллера шагового двигателя для аппаратно-программного комплекса оптического тракта сложной оптической системы? Кроме тех, которые определяются работой шагового двигателя в оптическом тракте, можно выделить следующие:

- удобная конструкция для размещения в шкафу управления;
- сетевой интерфейс управления, коммуникационный протокол обмена;
- соотношение цена/качество;
- наличие ручного режима работы для быстрой проверки привода при проведении пусконаладочных работ. В некоторых КШД этот режим называется автоматическим, суть в следующем: после подачи питания сразу начинает вращаться вал шагового двигателя, частота вращения вала двигателя изменяется вращением движка переменного резистора в КШД.

Одним из возможных решений является применение КШД серии OSM компании «Онитекс» (Санкт-Петербург) с управлением через интерфейсы RS-485 или RS-232 [2]. Для управления шаговыми двигателями в моторизованных позиционерах Standa можно задействовать КШД OSM-17RA/OSM-42RA.

OSM является современным, многофункциональным и надёжным устройством, предназначенным для управления шаговыми двигателями небольшой и средней мощности. Он работает с 4-, 6-, 8-выводными шаговыми двигателями с током обмоток до 1,7 А для версии 17RA и 4,2 А – для версии 42RA. Контроллер реализует несколько режимов работы. Это позволяет использовать его для различных целей, начиная от применения в координатных станках с ЧПУ и заканчивая автономной работой в составе технологических линий или исполнительных устройств оптических трактов. Контроллер может управляться стандартными логическими сигналами «Шаг», «Направление» и «Разрешение», работать в автоматическом режиме, вращая двигатель со скоростью, заданной потенциометром, а также управляться в реальном времени по последовательному порту. В режиме контроллера возможно управление по одному из двух типов интерфейса: RS-485 или RS-232. Устройства «Онитекс» поддерживают протокол Modbus RTU. На рисунке 1 показан

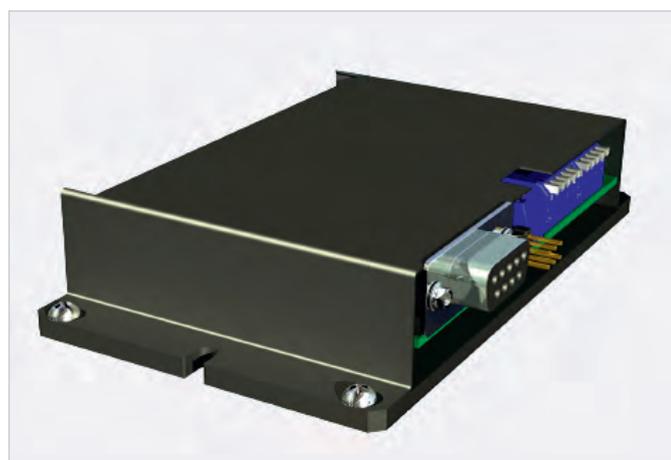


Рис. 1. Внешний вид контроллера шагового двигателя OSM-17RA

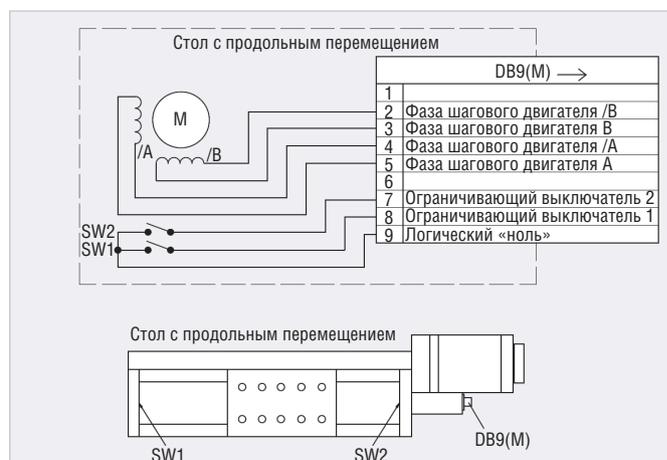


Рис. 2. Принципиальная схема и внешний вид транслятора типа 8MT175-XX

внешний вид контроллера шагового двигателя OSM-17RA.

На рисунке 2 приведена принципиальная схема и внешний вид моторизованного линейного транслятора типа 8MT175-XX (далее – транслятор) Standa. Транслятор работает следующим образом: концевые переключатели SW1, SW2 (типа «сухой контакт») определяют положение платформы транслятора в крайних состояниях. Перемещаемая платформа находится в среднем положении. Концевые выключатели SW1 и SW2 разомкнуты. Меняя направление вращения вала шагового электродвигателя M1, можно перемещать платформу в крайние левое или правое положения. При этом, соответственно, замыкаются выключатели SW1 или SW2.

На рисунке 3 приведена принципиальная схема КИЩ OSM-17RA (далее – контроллер) для управления транслятором типа 8MT175-XX. Контроллер A1 подключается к транслятору через соединитель X1. Контроллер A1 может находиться либо в режиме контроллера, либо в программном режиме. Концевые переключатели SW1, SW2 транслятора подключаются ко входам D. in1 и D. in2. В режиме контроллера OSM-17RA можно управлять через интерфейс RS-485 по протоколу Modbus RTU. В листинге приведён программный блок инициализации КИЩ для транслятора типа 8MT175-XX.

На рисунке 4 приведены принципиальная схема и внешний вид моторизованного привода типа 8CMA28-10, а на рисунке 5 – принципиальная схема контроллера шагового двигателя OSM-17RA для управления моторизованным приводом типа 8CMA28-10.

В блоке инициализации КИЩ для привода 8CMA28-10 изменяется только задание тока для шагового двигателя:

```
dat.pQuery[15] = GET_HIGH_BYTE(500)
dat.pQuery[16] = GET_LOW_BYTE(500).
```

В режиме драйвера контроллеры OSM могут управляться и внешними импульсными сигналами уровня ТТЛ.

В сложных изделиях приводы шаговых двигателей, как правило, применяются в составе законченных функциональных узлов, которые управляются распределённой системой сбора данных и управления всего изделия по сетевым интерфейсам или автоматизированной системой управления. Зачастую бывает так, что составная часть изделия изготовлена раньше, чем АСУ. И на этапе предварительных испытаний при проверке и настройке функци-

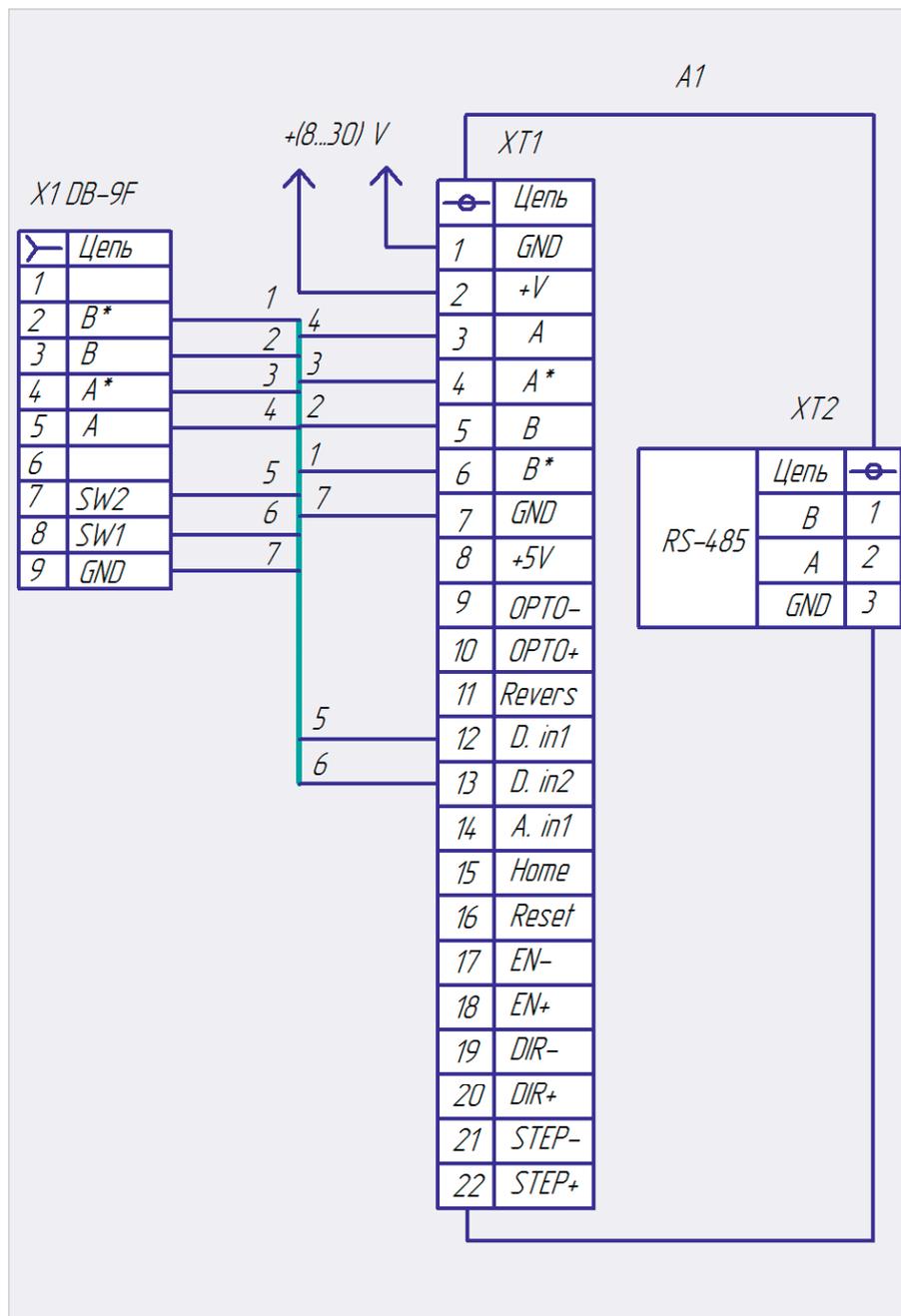


Рис. 3. Принципиальная схема контроллера шагового двигателя OSM-17RA для управления транслятором типа 8MT175-XX

#### Листинг

```
/dat.pQuery[0] = 0x01; // adr
dat.pQuery[1] = 0x10; // 16 func
dat.pQuery[2] = GET_HIGH_BYTE(0x4001); // startAddrHI
dat.pQuery[3] = GET_LOW_BYTE(0x4001); // startAddrLO
dat.pQuery[4] = 0x00; // кол-во регистров HI
dat.pQuery[5] = 0x05; // кол-во регистров LO
dat.pQuery[6] = 0x0A; // кол-во байт данных
// RotorSpeed
dat.pQuery[7] = GET_HIGH_BYTE(5000);
dat.pQuery[8] = GET_LOW_BYTE(5000);
// StartSpeed
dat.pQuery[9] = GET_HIGH_BYTE(100);
dat.pQuery[10] = GET_LOW_BYTE(100);
// Accel
dat.pQuery[11] = GET_HIGH_BYTE(500);
dat.pQuery[12] = GET_LOW_BYTE(500);
// EndSpeed
dat.pQuery[13] = GET_HIGH_BYTE(100);
dat.pQuery[14] = GET_LOW_BYTE(100)
// Current
dat.pQuery[15] = GET_HIGH_BYTE(700);
dat.pQuery[16] = GET_LOW_BYTE(700);
```

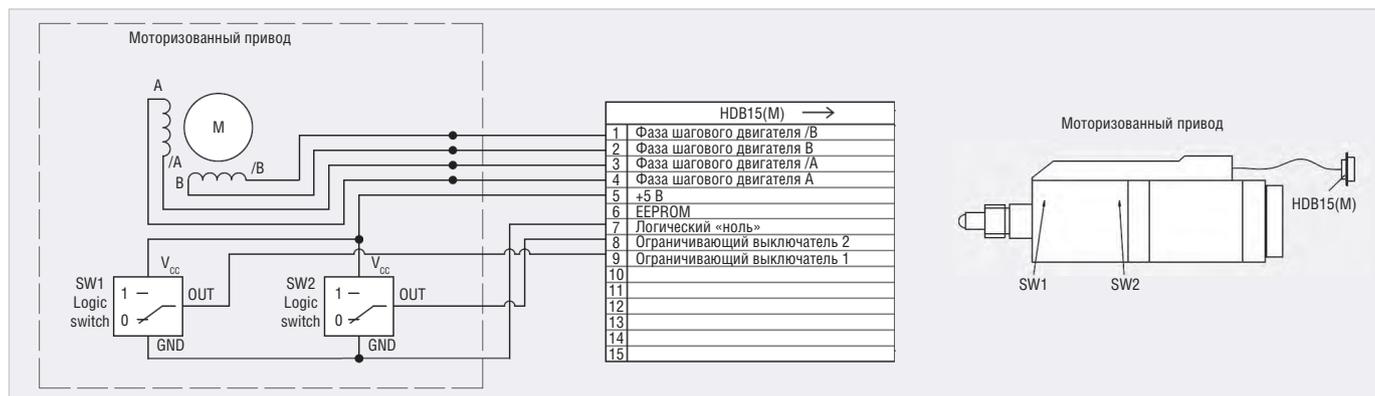


Рис. 4. Принципиальная схема и внешний вид моторизованного привода типа 8СМА28-10

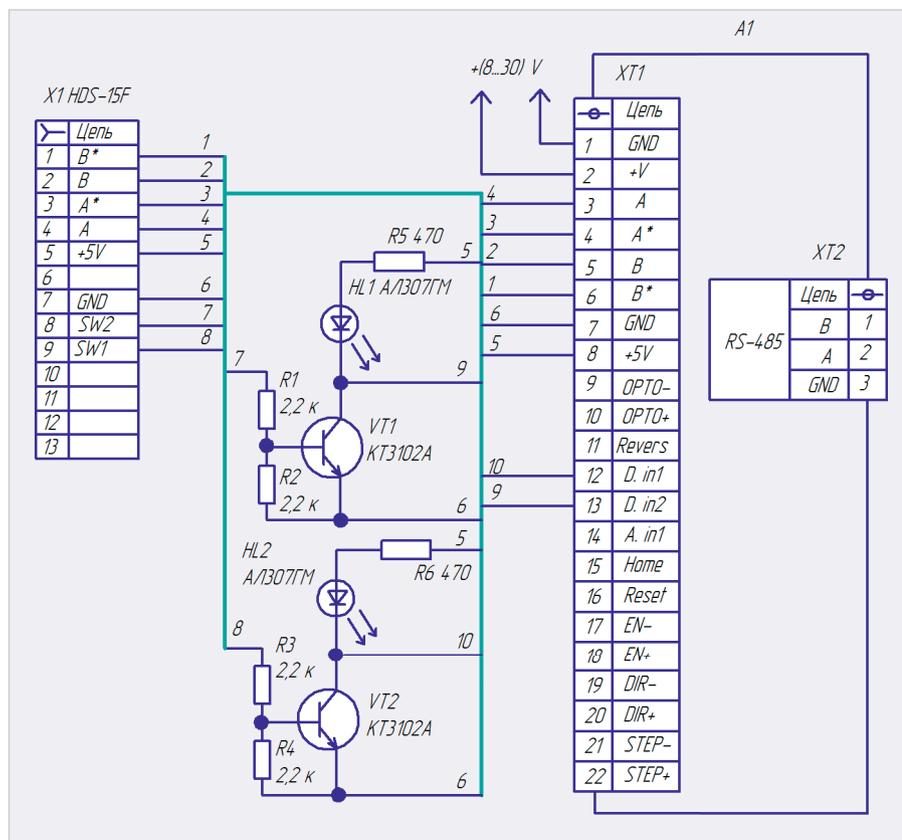


Рис. 5. Принципиальная схема контроллера шагового двигателя OSM-17RA для управления моторизованным приводом типа 8СМА28-10

онального узла, содержащего шаговые двигатели, целесообразно применить местный пульт управления, который позволяет задавать направление и скорость вращения вала ШД. Представленный пульт будет полезен на этапе макетирования изделия. Принципиальная схема пульта приведена на рисунке 6.

К соединителям X1, X2 и X3 пульта через ответные части подключаются соответствующие сигналы КШД OSM-17RA: № 1, № 2 и № 3 соответственно. К каждому соединителю подключён шаговый двигатель типа 28S Standa. Функциональный узел КШД с двигателем далее будет назван «приводом».

В устройстве, где был применён данный пульт управления, минимальная частота вращения ротора шаговых двигателей 28S составляет 35 об/мин, максимальная – 375 об/мин. Можно задавать следующие значения частот вращения ротора шаговых двигателей: 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 48, 50, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 65, 68, 71, 75, 78, 83, 88, 93, 100, 107, 115, 125, 136, 150, 166, 187, 214, 250, 300, 375 об/мин. В контроллере установлен режим дробления шага 1/16.

В интерфейс пульта входит клавиатура (кнопки S1...S8), индикаторы HL1...HL6 и блок индикации (дисплей) из четырёх цифровых семисегментных

индикаторов HG1...HG4. Кнопки клавиатуры имеют следующее назначение:

- S1 (Δ) – увеличение частоты вращения ротора выбранного шагового двигателя и удержание кнопки в нажатом состоянии более 3 с приведут к непрерывному увеличению значения выбранного привода через каждые 0,5 с;
- S2 (∇) – уменьшение частоты вращения ротора выбранного шагового двигателя и удержание кнопки в нажатом состоянии более 3 с приведут к непрерывному уменьшению значения выбранного привода через каждые 0,5 с;
- S3 (H) – направление вращения вала выбранного шагового двигателя: вперёд (по часовой стрелке), назад (против часовой стрелки); при выбранном направлении вращения двигателей включаются индикаторы HL1, HL2, HL3 (вперёд для приводов № 1–3) или HL4, HL5, HL6 (назад для приводов № 1–3);
- S4 (B) – выбор привода в цикле «привод 1», «привод 2», «привод 3», «привод 1» и т.д.;
- S5 (C1) – кнопка «старт/стоп» для привода № 1;
- S6 (C2) – кнопка «старт/стоп» для привода № 2;
- S7 (C3) – кнопка «старт/стоп» для привода № 3;
- S8 (C) – общий «стоп» для всех приводов независимо от того, какой привод был выбран (или функционировал) в текущий момент.

Разряды индикации интерфейса имеют следующее назначение (слева направо):

- 1-й разряд (индикатор HG1 отображает «1» в режиме «привод 1», «2» – в режиме «привод 2», «3» – в режиме «привод 3»;
- 2-й разряд (индикатор HG2) отображает разряд «сотни» значения частоты вращения ротора двигателя в об/мин;

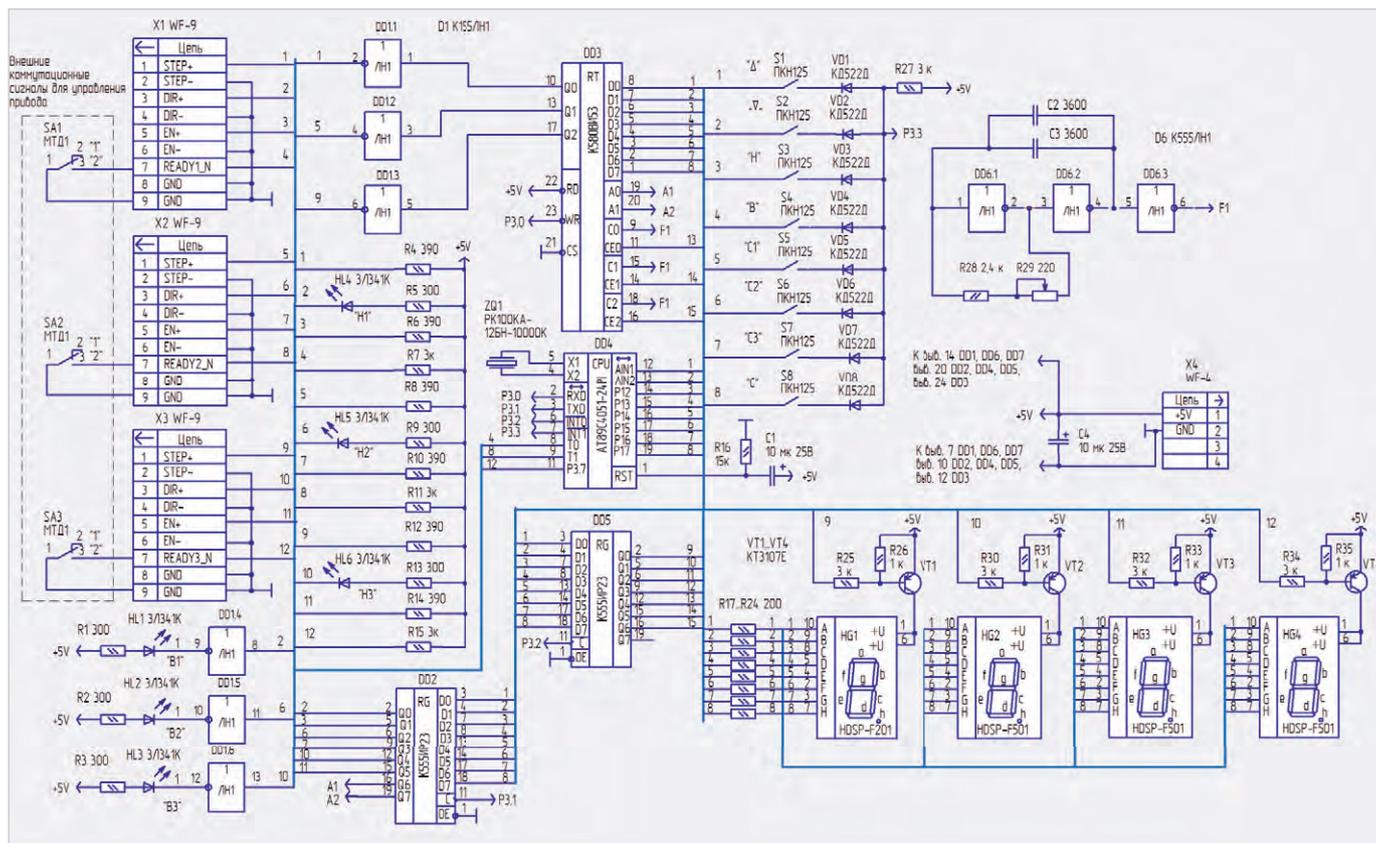


Рис. 6. Принципиальная схема пульта управления

- 3-й разряд (индикатор HG3) отображает разряд «десятки» значения частоты вращения ротора двигателя в об/мин;
- 4-й разряд (индикатор HG4) отображает разряд «единицы» значения частоты вращения ротора двигателя в об/мин.

Сразу после подачи питания устройство переходит в режим работы «привод 1». На дисплее индицируется значение 35 об/мин (минимальное значение), ротор шагового двигателя не вращается. Для запуска двигателя необходимо нажать на кнопку S5. Кнопками S1 ( $\Delta$ ), S2 ( $\nabla$ ) устанавливается необходимое значение частоты вращения ротора шагового двигателя, кнопкой S3 – направление его вращения, при этом включаются, соответственно, индикаторы HL1 (вперёд) или HL4 (назад). Все заданные параметры для этого привода сохраняются при переходе на другой режим работы блока («привод 2» или «привод 3»).

Рассмотрим основные функциональные узлы принципиальной схемы пульта. Основой устройства служит микроконтроллер DD4, его рабочая частота задаётся резонатором ZQ1 на 10 МГц. Клавиатура собрана на кнопках S1...S8. Для функционирования клавиатуры задействован вывод 7 микроконтроллера DD4. Резисторы R1...R3,

R5, R9, R13 токоограничительные, для индикаторов HL1...HL3, HL4, HL5, HL6. Динамическая индикация собрана на регистре DD5, транзисторах VT1...VT4, цифровых семисегментных индикаторах HG1...HG4.

KP580BI53 – трёхканальный программируемый таймер, предназначенный для организации работы микропроцессорных систем в режиме реального времени. Подробная информация о работе данного таймера приведена в [3]. В алгоритме работы пульта задействованы все три канала данного таймера. Канал 0 таймера формирует последовательность тактовых импульсов для привода № 1, канал 1 – для привода № 2 и канал 2 – для привода № 3. Все три канала таймера работают в режиме 3 (режим генератора меандра). Коэффициент деления задаётся однобайтовым числом. Тактовая частота на входы каналов таймера (выводы 9, 15, 18 DD3) поступает от генератора, собранного на микросхеме DD6. Задаваемая генератором частота – 6,25 кГц. Резистором R29 осуществляется регулировка частоты.

В режиме 3 каждый канал таймера работает как делитель входных сигналов на N (N – коэффициент деления, который может принимать значения от 0 до 255). Длительность положитель-

ного и отрицательного полупериодов выходного сигнала для чётных N равна  $T_c N/2$ , где  $T_c$  – период сигнала тактовой частоты. Для нечётных N положительный полупериод равен  $T_c(N+1)/2$ , а отрицательный –  $T_c(N-1)/2$ . В режиме 3 каналы не выполняют своих функций при записи в счётчики числа  $N=3$ . Поэтому программно реализовано условие  $N \geq 4$ . Перезагрузка счётчика во время счёта не влияет на текущий период, однако последующий будет соответствовать уже новому значению счёта. Минимальная частота каждого канала определяется минимальной частотой вращения ротора шагового двигателя и для нашего случая равна (для 35 об/мин) примерно 595 Гц, максимальная (для 375 об/мин) – 6,25 кГц. Чтобы получить частоты вращения ротора шагового двигателя в оборотах в минуту, в программе используется формула  $F=1500/N$ , где N – ранее указанный коэффициент деления в канале таймера DD3 ( $4 \leq N \leq 42$ ). Исходными данными для получения формулы являются частота генератора 6,25 кГц и количество шагов на один оборот шагового двигателя – 1000. Десятые доли, полученные при делении двухбайтового двоичного числа 1500 на однобайтовое двоичное N, в программе отбрасываются.

Сигналы управления на приводы через соединители X1...X3 поступают с регистра DD2 и инверторов DD1.1...DD1.3. На входы данных инверторов поступает тактовая частота с программируемого таймера DD3.

Работа обратной связи привода с пультом будет рассмотрена на примере привода № 1. Когда тумблер SA1 находится в положении «1», устанавливается запрет работы пульта по каналу 1. Тумблер SA1 в положении «2» разрешает работы пульта по каналу 1. С контакта 7 соединителя X1 сигнал READY1 поступает на вход 8 микроконтроллера DD4. Микроконтроллер DD4 анализирует уровень сигнала, поступающего на вход 8. При уровне лог. 0 на входе 11 таймера DD3 (вход разрешения счёта канала 0) присутствует лог. 1. При этом счёт канала 0 разрешён. Аналогично работают приводы № 2 и № 3.

Пульт выполнен в виде функционально законченного модуля. Программное обеспечение микроконтроллера осуществляет реализацию алгоритма работы динамической индикации блока и функционирование трёх контроллеров OSM. Функционально законченный модуль состоит из трёх основных частей: процедуры инициализации, основной программы, работающей в замкнутом цикле, и подпрограммы обработки прерывания от таймера TF0. В основной программе происходит вычисление частоты вращения роторов шаговых двигателей по формуле  $F=1500/N$ , преобразование получившегося двухбайтового двоичного числа в десятичное двоично-кодированное (BCD) число для отображения информации на индикаторе устройства. В подпрограмме обработки прерывания от таймера TF0 в каждом цикле происходит опрос клавиатуры, перекодировка двоично-десятичного числа в код для семисегментного индикатора и запись информации из порта P1 микроконтроллера DD4 в регистры DD2, DD5. Запись в регистры происходит по фронту импульсов, подаваемых, соответственно, с выводов 3 и 6 микроконтроллера DD4.

Таймер TF0 микроконтроллера DD4 формирует запрос на прерывание через каждые 3400 мкс. Данный таймер играет роль счётчика времени, который формирует временные интервалы, необходимые для отображения разрядов в динамической индикации блока.

Питающее напряжение поступает на плату с соединителя X4. Конденсатор

C4 фильтрует пульсации в цепи питания +5 В. Сразу после подачи питания на выводе 1 микроконтроллера DD4 через RC-цепь R16C1 формируется сигнал системного аппаратного сброса микроконтроллера DD4.

Затем происходит инициализация программы, в которой задаются параметры работы динамической индикации, приводов, а также программируемого таймера DD3. Далее запускается таймер TF0 и разрешается работа устройства по приведённому ранее алгоритму. В ОЗУ микроконтроллера DD4 организован буфер отображения.

Каждый байт из функциональной группы буфера отображения в подпрограмме обработки прерывания таймера TF0 выводится в порт P1 микроконтроллера DD4. Номер группы или режим работы записан в регистре R2. В регистре R1 записан текущий номер отображаемого разряда динамической индикации. Адрес ячейки памяти, где хранится значение самого разряда, записан в регистре R0. В процессе работы подпрограммы обработки прерывания происходит опрос клавиатуры.

Байт, выводимый при этом в порт P1 микроконтроллера, представляет собой код «бегущий ноль». После записи данного байта в порт P1 микроконтроллер DD4 анализирует сигнал на входе 7 (P3.3). В рамках указанной подпрограммы при любой нажатой кнопке на входе 7 микроконтроллера присутствует лог. 0. Таким образом, каждая кнопка клавиатуры привязана к своему разряду байта. Нажатием кнопки S4 инкрементируется регистр R2, и тем самым задаётся один из трёх режимов работы блока управления.

В памяти данных микроконтроллера в адресах с 30Н по 3ВН организован буфер отображения для динамической индикации. По своему функциональному назначению адресное пространство данного буфера можно условно разбить на три функциональных группы. Каждая группа занимает четыре ячейки памяти (так как у нас имеется четыре разряда или знакоместа):

- 30Н...33Н – адреса, где хранится текущее значение (об/мин) для привода № 1. Эти адреса выводятся на индикацию в режиме «привод 1». По адресу 30Н хранится число 1.
- 34Н...37Н – адреса, где хранится текущее значение (об/мин) для привода № 2. Эти адреса выводятся на индикацию в режиме «привод 2». По адресу 34Н хранится число 2.

- 38Н...3ВН – адреса, где хранится текущее значение (об/мин) для привода № 3. Эти адреса выводятся на индикацию в режиме «привод 3». По адресу 38Н хранится число 3.

Данные адреса загружаются в регистр R0 микроконтроллера. Каждый байт из функциональной группы в цикле в подпрограмме обработки прерывания таймера TF0 (метка OT) после перекодировки выводится в порт P1 микроконтроллера. Для включения индикаторов HG1...HG4 необходимо установить лог. 0 на выводах 2, 5, 6, 9 регистра DD5 соответственно. Так, например, для того чтобы в режиме «привод 1» на индикаторе HG1 индцировалась единица, необходимо двоично-десятичное число, расположенное по адресу 30Н, перекодировать, вывести в порт P1 микроконтроллера и записать лог. 0 в первый разряд регистра DD5 (вывод 2). Путём записи поочередно после перекодировки в цикле в порт P1 микроконтроллера байты из функциональной группы буфера отображения и лог. 0 на соответствующий вывод регистра DD5 будет реализован режим динамической индикации. Понятно, что каждый разряд индикатора устройства привязан к своему определённому адресу в функциональной группе. На регистре R1 реализован счётчик разрядов.

В регистр R0 записываются адреса функциональных групп (метки ТЕМО0, ТЕМО1, ТЕМО2). При каждом обращении к подпрограмме обработки прерывания регистры R0 и R1 инкрементируются. При инициализации в R0 загружается адрес 30Н (режим «привод 1»), а в R1 – число 1. В памяти данных в ячейке с адресом 20Н находится байт, который управляет разрядами динамической индикации и входами разрешения счёта каналов 0, 1, 2 таймера DD3. Данный байт записывается в регистр DD5 сразу после опроса клавиатуры. Младшая тетрада в данном байте представляет собой код «бегущий ноль» для включения знакомест (разрядов) динамической индикации. Длительность цикла динамической индикации, как уже отмечалось ранее, составляет 3,4 мс.

По адресу 21Н в памяти данных находится байт, который управляет сигналами импульсных интерфейсов приводов (сигналы DIR и EN) и задаёт адреса каналов в таймере DD3. Данный байт выводится в цикле подпрограммы обработки прерывания в регистр DD2.

Разработанная программа на ассемблере занимает порядка 1 Кбайт в памяти программ и доступна в дополнительных материалах к статье. Фотография макета пульта представлена на рисунке 7.

В пульте использованы резисторы C2-33H-0.125 с погрешностью 5%: резистор R29 типа СП5-16ВВ и конденсаторы C1, C4 – К50...35, C2, C3 – К10...17а. У всех микросхем между цепью +5 В и общим проводником полезно установить блокировочные конденсаторы К10-17-Н90-0,1 мкФ. Микроконтроллер DD4 – типа АТ89С4051-24Р1.

В дисплее пульта выделен разряд, индицирующий текущий режим работы устройства (индикатор НГ1) на фоне остальных разрядов интерфейса. Поэтому для данного разряда выбран семи-сегментный индикатор красного цвета HDSP-F001 (подойдёт и HDSP-F151), индикаторы НГ2...НГ4 – HDSP-F501 зелёного цвета. Индикаторы НЛ1...НЛ6 можно подобрать абсолютно любые с  $I_{пр} = 10$  мА.

Потребление тока по каналу напряжения +5 В не более 100 мА. В устройстве нет никаких настроек и регулировок (кроме регулировки частоты генератора в микросхеме DD6). Если монтаж выполнен правильно, то микросхема начинает работать сразу после подачи напряжения питания. Сначала целесообразно проверить работоспособность пульта, не подклю-

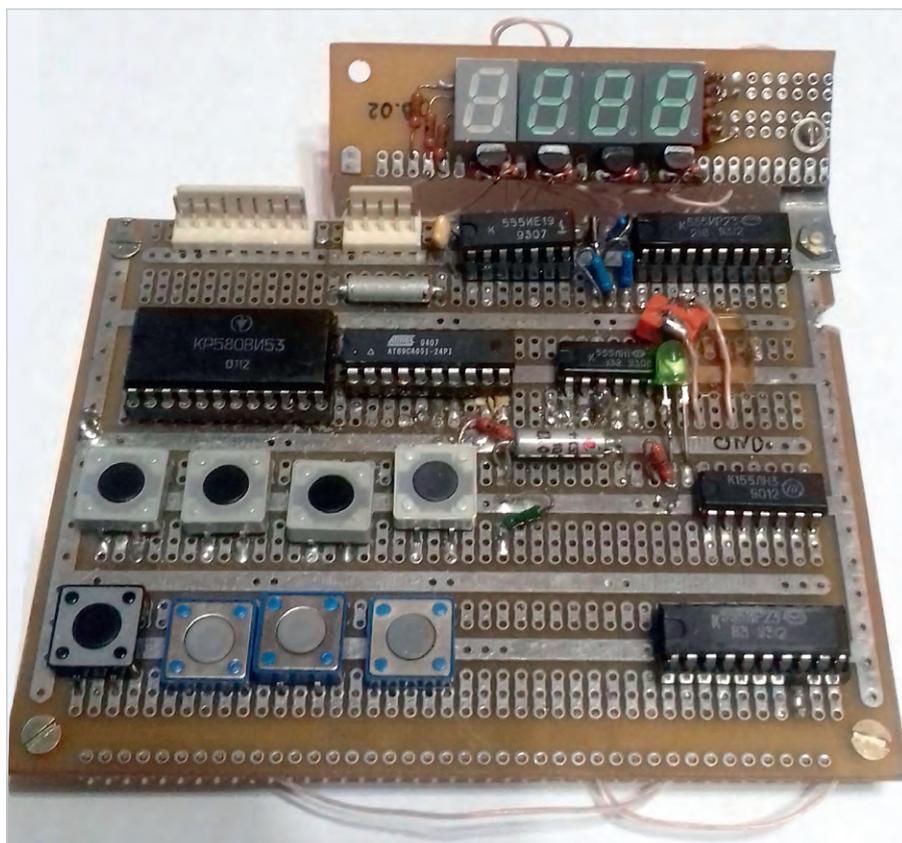


Рис. 7. Внешний вид макета пульта

чая к нему приводы. Затем, подключив приводы, проверить работоспособность, начиная с первого. Подключать приводы к пульту и шаговые двигатели к приводу можно только при выключенном питании.

## Литература

1. URL: [www.standa.lt](http://www.standa.lt).
2. URL: [www.onitex.ru](http://www.onitex.ru).
3. Микропроцессоры и микропроцессорные комплекты интегральных схем. Под ред. В. А. Шахнова. Радио и связь. М. 1988. ©

## НОВОСТИ МИРА

### Позолоченный графен открывает новые возможности для 6-терагерцевого радио

Нелинейная оптика становится всё более важной областью научно-технического применения в силу своей актуальности и потенциала для оптических и оптоэлектронных технологий. В настоящее время ведётся активный поиск подходящих нелинейных материальных систем с эффективным преобразованием и небольшим материальным следом. В идеале система материалов должна обеспечивать интеграцию микросхем и работу при комнатной температуре. Двумерные материалы очень интересны в этом отношении. Особенно перспективным является графен, который продемонстрировал исключительно большую нелинейность в терагерцевом режиме.

Немецко-испанская исследовательская группа использовала покрытый золотом графен для более эффективной генерации терагерцевых импульсов. Это ключевой шаг

для радиосистем следующего поколения 6G, поскольку технология потенциально может быть интегрирована в процесс КМОП-чипа.

Исследователи, работающие на ускорителе Гельмгольц-центра Дрезден-Россендорф (HZDR), обнаружили, что графен можно использовать в качестве умножителя частоты. Когда двумерный углеродный графен облучается световыми импульсами в диапазоне низких терагерцевых частот, они преобразуются в более высокие частоты. До сих пор проблема заключалась в том, что для эффективной генерации таких терагерцевых импульсов требовались чрезвычайно сильные входные сигналы, которые, в свою очередь, могли быть получены только полномасштабным ускорителем частиц. Золото покрывает графен крошечными пластинками или чешуйками, действующими как антенны, которые значительно усиливают входящее терагерцевое излучение в графене. Чтобы проверить эту идею, члены команды ICN2 в Барселоне изготовили образцы. Сна-

чала они нанесли один слой графена на стеклянный носитель. Сверху они нанесли ультратонкий изолирующий слой оксида алюминия, за которым последовала решётка из золотых полос. Образцы были доставлены в комплекс ТЕЛЬБЕ в Дрездене-Россендорфе, где их испытали воздействием световыми импульсами в низком терагерцевом диапазоне (0,3...0,7 ТГц). Во время этого процесса команда использовала специальные детекторы, чтобы проанализировать, насколько эффективно покрытый золотыми пластинками графен может умножать частоту падающего излучения. Оказалось, что покрытый золотом графен для умножения частоты требует всего 10% первоначальной напряжённости поля. Чем шире отдельные пластинки и чем меньше участки графена, остающиеся открытыми, тем более выражен эффект. Первоначально команда смогла утроить входящие частоты. Позже они добились девятикратного увеличения входной частоты.

[pubs.acs.org](http://pubs.acs.org)

# Цифровой вольтметр с высоким разрешением

## Часть 3. Разводка, изготовление плат и сборка устройства

Алексей Кузьминов (compmicrosys@mail.ru)

Статья посвящена цифровому вольтметру с разрешением шесть десятичных разрядов на базе микроконтроллера EFM8LB12, оснащённому 14-разрядным SAR АЦП. Высокое разрешение прибора получено в результате использования известного метода передискретизации и осреднения. В предыдущих номерах были представлены принципиальные схемы устройств и программные средства. В данной части рассказывается о разводке и изготовлении печатных плат.

Разводка всех плат выполнена в программе SprintLayout 6.0. Платы и фотошаблоны для них изготовлены по технологии, подробно описанной в [1–3]. На рисунках 17...20 приведены разводка и фотографии плат.

На фотографии конструкции вольтметра, выполненного по схеме на рисунке 1, в открытом корпусе (см. рис. 21) можно увидеть, что маленькие батареи (BAT1 и BAT3, см. рис. 2д) прижаты к нижней части корпуса скобами для закрепления проводов большого сечения, а сами скобы крепятся впотай к нижней части корпуса винтами M2 и стойками с резьбой M2. Такая конструкция позволяет легко заменять батарейки. Основная батарея (BAT2, см. рис. 2д) приклеена двусторонней липкой лентой к стенке верхней части корпуса и обрат-

ной стороне ЖКИ. На нижней части корпуса укреплена полоска поролонa, дополнительно удерживающая батарею при закрытии корпуса.

Плата с ЖКИ с одной стороны закреплена винтами M2 к стойкам с внутренней резьбой M2, которые прикручены винтами M2 впотай к верхней части корпуса. Эти винты расположены под пластиной с окном для ЖКИ, которая установлена на лицевой поверхности корпуса. ЖКИ дополнительно прижат к корпусу металлическими пружинными скобами, прикрученными к корпусу винтами M2 впотай с гайками. Головки винтов также расположены под пластиной, которая их закрывает.

Плата вольтметра прикручена двумя винтами M2 к стойкам с внутренней резьбой M2, которые крепятся винтами M2 впотай к нижней части корпуса. Клеммы для

измерения напряжения и переключатели закреплены на верхней части корпуса. Клеммы и ручки переключателей выведены на лицевую поверхность корпуса. Корпус закрывается четырьмя саморезами. На днище корпуса установлены четыре резиновые ножки.

На фотографии конструкции вольтметра, выполненного по схеме на рисунке 4, в открытом корпусе (см. рис. 22) можно увидеть две батарейки, которые также закреплены на нижней части корпуса скобами для проводов большого сечения, а скобы, в свою очередь, прикручены винтами M3 впотай и гайками к нижней части корпуса. Плата вольтметра крепится двумя винтами к стойкам с резьбой M2, которые прикручены винтами M2 впотай к нижней части корпуса.

Плата ЖКИ с одной стороны закреплена винтами M2 к стойкам с внутренней резьбой M2, а сами стойки приклеены к внутренней поверхности верхней части корпуса. Дополнительно ЖКИ прижат двумя металлическими пружинными скобами к внутренней поверхности верхней части корпуса. Эти скобы прикручены к стойкам, имеющимся на внутренней поверхности верхней части корпуса, двумя саморезами.

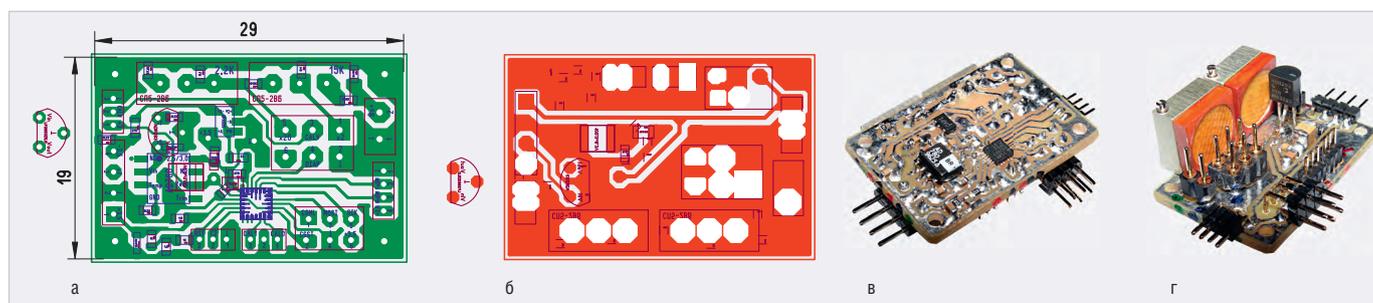


Рис. 17. Разводка и фотографии платы вольтметра по схеме рис. 1 со стороны дорожек (а, в) и со стороны навесного монтажа (б, г)

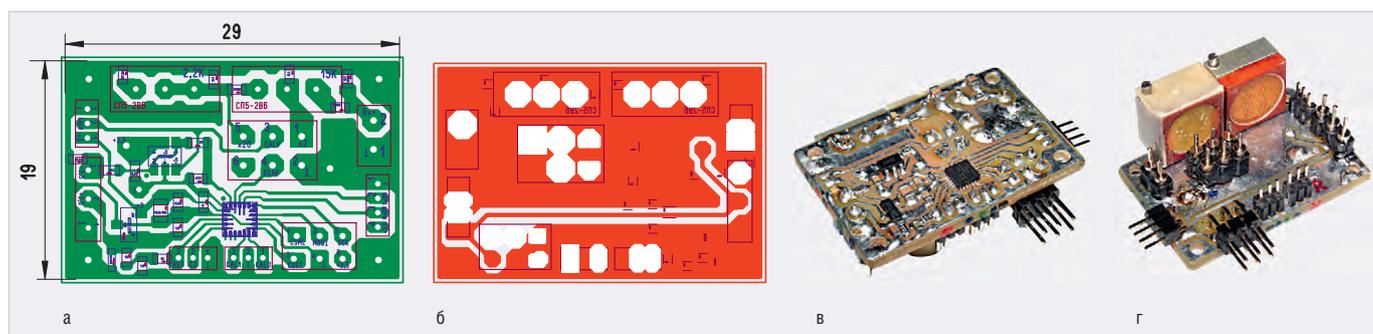


Рис. 18. Разводка и фотографии платы вольтметра по схеме рис. 4 со стороны дорожек (а, в) и со стороны навесного монтажа (б, г)

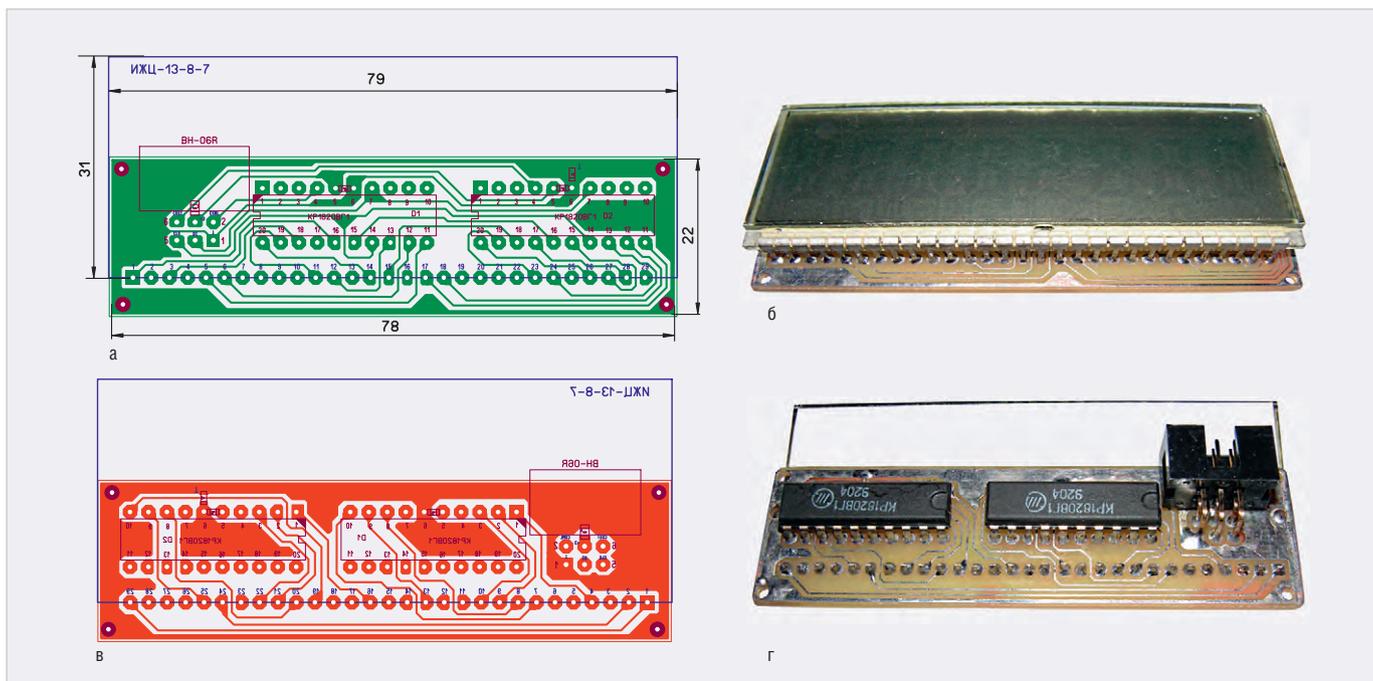


Рис. 19. Разводка и фотографии платы ЖКИ для схемы рис. 1 с лицевой (а, б) и обратной (в, г) стороны

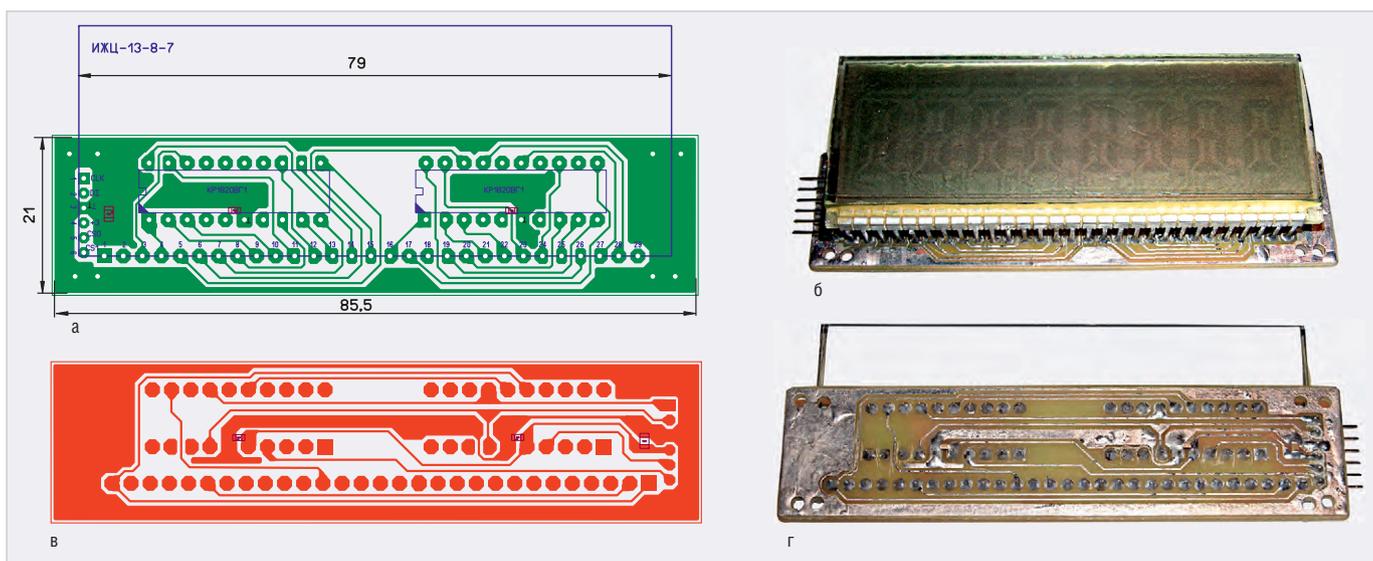


Рис. 20. Разводка и фотографии платы ЖКИ для схемы рис. 4 с лицевой (а, б) и обратной (в, г) стороны

Клеммы для измерения напряжений и галетный переключатель расположены в верхней части корпуса. Клеммы выведены на лицевую поверхность корпуса. На галетном переключателе закреплена ручка. Сам корпус защёлкивается двумя боковыми пластинами. На днище корпуса установлены 4 резиновые ножки.

В заключительной части статьи будет описан процесс настройки цифрового вольтметра.

## Литература

1. Кузьминов А. Изготовление устройств на печатных платах с высоким разрешением в домашних условиях. Технологии в электронной промышленности. 2010. № 8–10, 2011. № 1, 2.
2. Кузьминов А. Как использовать фольгу обратной стороны печатной платы в качестве общего провода. Радио. 2019. № 2.
3. Кузьминов А. Технология изготовления печатных плат с высоким разрешением в любительских условиях. Радио. 2017. № 10.

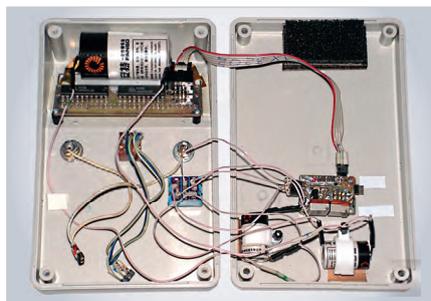


Рис. 21. Общий вид конструкции вольтметра по схеме рис. 1 в открытом корпусе

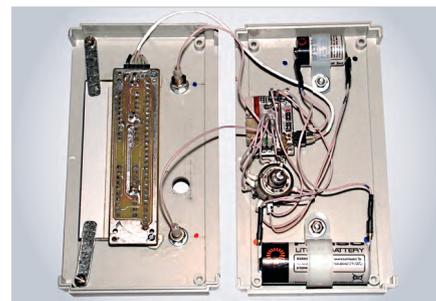


Рис. 22. Общий вид конструкции вольтметра по схеме рис. 4 в открытом корпусе

# Электронный редуктор. Как кардинально увеличить крутящий момент коллекторного двигателя переменного тока на низких оборотах

## Часть 1

Алексей Кузьминов (compmicrosys@mail.ru)

В статье приведены принципиальные схемы, разводка плат и фотографии устройств регуляторов-стабилизаторов скорости вращения мини-дрелей на базе микросхем U2010В/U2008В. Стабилизация скорости вращения коллекторных двигателей переменного тока, применённых в этих дрелях, дала возможность в разы увеличить крутящий момент, что позволило существенно расширить сферу применения подобных дрелей и использовать их в таких режимах работы, которые ранее были недоступны (сверление отверстий, распиловка, заточка). В статье показаны примеры применения сконструированных устройств совместно с мини-дрелями.

### Введение

Коллекторные двигатели постоянного и переменного тока, как известно, обладают общим свойством: при увеличении напряжения, подаваемого на такие двигатели, увеличиваются скорость и крутящий момент. Причём на холостом ходу (без нагрузки на вал) или, другими словами, при нулевом тормозном моменте скорость вращения таких двигателей (особенно двигателей переменного тока) может достигать до десятков тысяч оборотов в минуту.

В то же время при сверлении отверстий, например электродрелью, от двигателя требуется повышенный крутящий момент, который тем больше, чем толще сверло. При этом для более точного позиционирования сверла и особенно для приемлемого режима сверления скорость вращения должна быть достаточно низкой (несколько сотен оборотов в минуту). В связи с этим в электродрели устанавливают механический редуктор, снижающий скорость вращения вала и одновременно увеличивающий его крутящий момент в десятки и даже сотни раз (особенно в дрелях-шуруповёртах).

Если же двигатель используется в инструментах для заточки (например, свёрл) или разрезки каких-либо материалов (например, в циркулярной пиле), то на его валу установлен абразивный точильный или отрезной круг. Сверхвысокая скорость вращения двигателя на холостых оборотах (например, 30 000 об/мин) может привести к

разрушению таких кругов: они могут просто разлететься на куски, что травмоопасно. Поэтому во время эксплуатации подобных кругов указывается максимальная скорость вращения. Однако если снизить скорость вращения двигателя до приемлемого уровня путём подачи на двигатель пониженного напряжения, то одновременно снизится и крутящий момент. А поскольку тормозной момент круга часто на порядок больше аналогичного момента сверла, т.к. их диаметры могут отличаться на порядок, то при низкой скорости вращения и, соответственно, малом крутящем моменте при достаточном тормозном моменте такой круг может просто остановиться. В подобных устройствах, так же как и в электродрелях, может понадобиться установка механического редуктора.

Механический редуктор, устанавливаемый в электродрель, как известно, представляет собой устройство, состоящее из нескольких стальных шестерён, укрепленных на осях с подшипниками. Поскольку редуктор имеет определённые габариты и вес, естественно, габариты и вес дрелей несколько увеличены (до 2 кг и более), но при ручном сверлении отверстий это не представляет особой проблемы. Однако если для более прецизионных свёрловочных работ используется стойка для дрели, то установка подобной дрели с редуктором в такую стойку уже представляет некоторую проблему. В основном это связано с относительно большими габари-

тами и весом подобных дрелей, кроме того, их рукоятки существенно мешают работе.

Здесь вне конкуренции более лёгкая (не более 1 кг) и компактная так называемая мини-дрель (её ещё называют прямой шлифовальной машиной, гравером и т.п.). Такое устройство представляет собой просто коллекторный электродвигатель постоянного или переменного тока без редуктора и рукоятки, на валу которого укреплен патрон для зажатия свёрл (или иных насадок, например, отрезных или точильных абразивных дисков). В стойке для дрели подобное устройство закрепляется специальным зажимом (хомутом).

В то же время сверхвысокие скорости вращения электродвигателей подобных устройств на холостом ходу и низкий крутящий момент на малых и средних скоростях при сверлении отверстий, разрезке (циркулярная пила) или заточке (точило) не позволяют их использовать в таких режимах работы. Однако эту проблему можно решить более простым и эффективным электронным способом.

Этот способ заключается в стабилизации скорости вращения вала электродвигателя вне зависимости от тормозного момента, или, иначе говоря, при увеличении тормозного момента на двигатель подаётся большая мощность, отчего увеличивается крутящий момент, а установленная скорость вращения вала остаётся прежней (или, по крайней мере, к ней стремится).

Электронный стабилизатор скорости вращения коллекторных электродвигателей представляет собой устройство, имеющее несложную электронную схему, основу работы которой составляют электрические эффекты, возникающие в электродвигателях при торможении вала. Что это за эффекты?

Если, например, в электродвигателе постоянного тока попытаться затормозить вал, то возникнет так называемая противо-ЭДС – дополнительное напряжение определённой формы, которое

можно использовать для увеличения мощности, подаваемой на двигатель. В работе автора [1] показано, что если питать подобный двигатель выпрямленным напряжением 12...18 В с частотой 50 Гц (т.е. пульсирующим напряжением с частотой 100 Гц) и использовать для подачи на двигатель часть этого напряжения с помощью тиристора, на управляющий электрод (УЭ) которого подавать импульсы для его открытия в определённое время, зависящее от противо-ЭДС, то таким способом можно стабилизировать скорость вращения двигателя.

В схеме [1] входное напряжение подаётся на двигатель через тиристор, а простейшая RC-цепочка подключена к аноду и катоду тиристора. Напряжение, снятое с конденсатора С, подаётся на базу n-p-n транзистора, коллектор которого подключен к аноду тиристора, а эмиттер – к УЭ тиристора. При торможении вала двигателя возникает противо-ЭДС, которая с помощью транзистора включает тиристор раньше, вследствие чего на двигатель подаётся большая площадь полусинусоиды (выпрямленного напряжения), отчего крутящий момент увеличивается и скорость вращения вала остаётся прежней, т.е. той, которая изначально была установлена.

Но коллекторный двигатель переменного тока (его ещё называют универсальным, поскольку он может работать и от напряжения постоянного тока), используемый в мини-дрелях, работающих от сетевого напряжения ~220 В, устроен иначе, чем двигатель постоянного тока.

Основное отличие коллекторных двигателей – устройство статора. Если в двигателях постоянного тока магнитное поле статора, как правило, постоянно, поскольку статор представляет собой постоянный магнит кольцевой формы, то в двигателях переменного тока статор (как и ротор) является электромагнитом. Часто в таких двигателях в качестве статора используются два электромагнита, обмотки которых подключены последовательно к обмоткам ротора с помощью щёток. Сетевое напряжение подаётся на одни концы обмоток, а вторые их концы подключены к щёткам (коллектору) ротора. Направление обмоток статора и ротора выбрано таким образом, что при любой полуволне переменного напряжения магнитное поле заставляет вращаться ротор в одну и ту же сторону. Кстати,

если поменять направление обмоток статора, то вал будет вращаться в обратную сторону. Это свойство используется в дрелях и шуруповёртах для так называемого реверса – переключения направления вращения в обратную сторону. В такой конфигурации двигателя при его торможении, к сожалению, противо-ЭДС не возникает (или возникает, но очень слабая). Поэтому все попытки автора применить к такому двигателю описанную в одной из предыдущих статей схему [1] ни к чему не привели.

Для стабилизации скорости вращения двигателей, работающих от сетевого напряжения ~220 В, немецкой компанией Telefunken (Temic Semiconductors) разработаны специализированная микросхема U2010B и её несколько упрощённый вариант U2008B. Впоследствии эти микросхемы выпускались компанией ATMEL, которая больше известна как разработчик микроконтроллеров. Микросхемы U2008B/U2010B используют эффект коллекторных двигателей переменного тока, возникающий при торможении вала. Этот эффект состоит в том, что при торможении вала ток через двигатель увеличивается. Если этот ток пропустить через токоизмерительный резистор достаточно малого номинала (десятые доли Ома), измерить напряжение на этом резисторе и в зависимости от этого напряжения открыть симистор (симметричный тиристор) раньше или позже, то таким способом можно достаточно просто стабилизировать скорость вращения двигателя. Фактически на этих микросхемах организован хорошо известный из теории автоматического управления (ТАУ) так называемый ПИД-регулятор (пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор) – устройство в цепи обратной связи, используемое в системах автоматического управления для поддержания заданного значения измеряемого параметра. Такой ПИД-регулятор обладает одним неприятным свойством (впрочем, присущим всем ПИД-регуляторам) – перерегулированием, возникающем при торможении вала двигателя. Скорость двигателя может не только оставаться прежней (в том числе и на холостом ходу), но даже увеличиваться и очень существенно. Кроме того, она может и осциллировать с небольшой частотой. Всё зависит от соответствующей настройки. Сами микросхемы U2008B/U2010B

достаточно распространены, недороги, и в Интернете можно найти массу схем стабилизаторов скорости вращения двигателей переменного тока на базе этих микросхем. Однако все подобные схемы в качестве исходных используют базовые схемы, приведённые в справочных листках на микросхемы U2008B/U2010B, и, кроме того, сконструированы (схемы) на устаревшей элементной базе. Здесь необходимо особо подчеркнуть, что сами по себе схемы хорошо известны, и главное тут заключается в номиналах и типах компонентов, а также в настройке этих компонентов.

Автором разработаны конкретные устройства на базе U2008B/U2010B, которые показали удовлетворительную работу. Описание таких устройств и их настройка с конкретными двигателями переменного тока и являются предметом настоящей статьи.

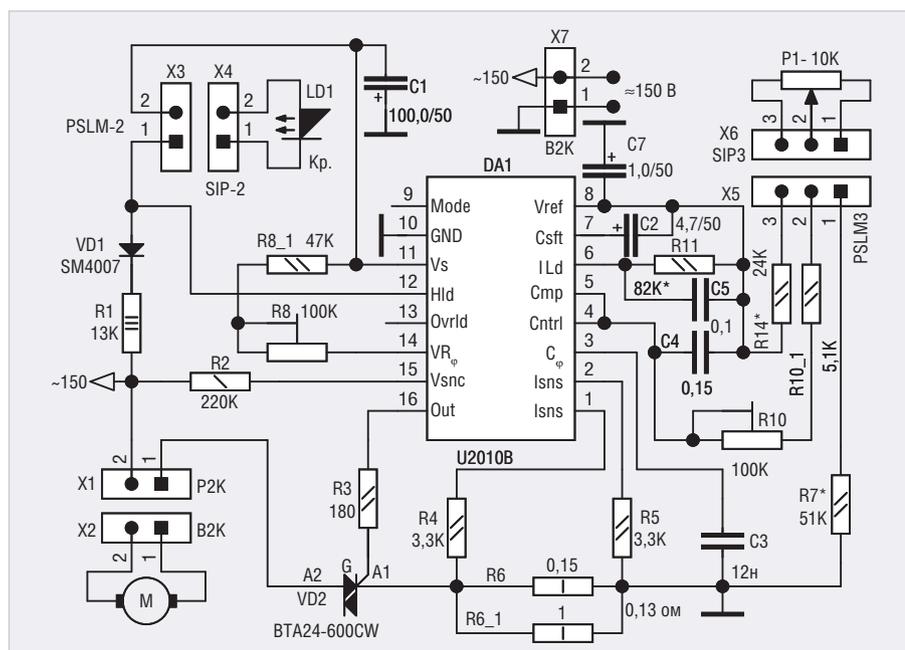
Дальнейшее изложение будет построено следующим образом. Вначале будут рассмотрены принципиальные схемы устройств – стабилизаторов скорости вращения электродвигателей на базе микросхем U2008B/U2010B, описан принцип их работы и настройка. Затем будут приведены разводка и фотографии плат, а также фотографии собранных устройств. Далее будут показаны примеры применения этих устройств с двигателем, установленным в стойку для дрели, и двигателем, на базе которого сконструированы небольшая циркулярная пила и точильный станок (последние две опции объединены в одном общем устройстве).

## Предварительные замечания о характеристиках электродвигателей

Как известно, крутящий момент двигателя, рассматриваемого в настоящей статье, нелинеен. Он имеет два максимума: один – при нулевой частоте, т.е. при полностью заторможенном двигателе, второй – при относительно высоких частотах, приближающихся к максимальным. Наиболее интересен диапазон низких частот вплоть до нулевой частоты (особенно в режимах сверления).

Кроме того, крутящий момент  $M$  пропорционален квадрату тока  $I$ , протекающего через двигатель, т.е.  $M = kI^2$ , где  $k$  – коэффициент пропорциональности.

В качестве «подопытных кроликов» для проверки работоспособности устройств на базе микросхем U2008B/



**Принципиальная схема стабилизатора скорости вращения электродвигателя 260 Вт на базе микросхемы U2010B**

U2010B были выбраны две мини-дрели: TUNGFULL 1806B и SKRAB 56000. Эти две недорогие мини-дрели не имеют редуктора и рукоятки; кроме того, они относительно лёгкие (не более 1 кг). По своим параметрам эти стабилизаторы скорости, на взгляд автора, как нельзя лучше подходят для использования в мини-дрелях.

В паспорте мини-дрели, как правило, указываются рабочее напряжение питания, мощность и скорость вращения на холостом ходу (или диапазон, если дрель оборудована электронным переключателем скорости). Например, у двигателя мини-дрели SKRAB 56000 напряжение составляет 220 В, мощность – 480 Вт, скорость – 8000–30000 об/мин (он оборудован переключателем скоростей на базе простейшей схемы на симисторе). У двигателя мини-дрели TUNGFULL 1806B при том же напряжении питания мощность составляет 260 Вт, а скорость вращения – 27 600 об/мин.

Поскольку микросхемы U2008B/U2010B в качестве одного из параметров, влияющих на регулирование скорости вращения, используют ток, протекающий через двигатель, имеет смысл более подробно рассмотреть диапазон токов указанных мини-дрелей.

Наибольший ток имеет двигатель в полностью заторможенном состоянии. Как определить этот ток и как он связан с паспортной мощностью мини-дрели? Для этого автором был проведён несложный эксперимент.

С помощью лабораторного автотрансформатора (ЛАТР) на дрель подавалось переменное напряжение, измеряемое стрелочным тестером. Одновременно измерялся и ток (также переменный, т.е. в режиме AC) с помощью цифрового тестера. Вначале напряжение устанавливалось достаточно низким (40–50 В), чтобы вал можно было легко затормозить, а затем напряжение быстро увеличивалось до 220 В. При заторможенном вале, удерживаемом не более 1–2 с, снималось показание тока.

При полностью заторможенном двигателе и напряжении 220 В ток двигателя дрели TUNGFULL 1806B составил около 3 А, а ток двигателя дрели SKRAB 56000 – около 2,8 А. Мощность  $W$  дрели TUNGFULL 1806B составила:  $W = 3 \text{ А} \times 220 \text{ В} = 660 \text{ Вт}$  (против паспортной 260 Вт), а мощность дрели SKRAB 56000:  $W = 2,8 \text{ А} \times 220 \text{ В} = 616 \text{ Вт}$  (против паспортной 480 Вт). Как видно из этого эксперимента, мощности дрелей при полностью заторможенном двигателе существенно превышают паспортные.

Автор задался вопросом: при каких напряжениях питания мощности заторможенных двигателей дрелей соответствуют паспортным? Это было выяснено путём подачи разных напряжений (ниже 220 В) и одновременного измерения тока.

У дрели TUNGFULL 1806B при напряжении питания 138 В ток составил 1,88 А, а мощность:  $138 \text{ В} \times 1,88 \text{ А} =$

$= 259,4 \text{ Вт} (\approx 260 \text{ Вт})$ . У дрели SKRAB 56000 при напряжении 190 В ток составил около 2,5 А, а мощность:  $190 \text{ В} \times 2,5 \text{ А} = 475 \text{ Вт} (\approx 480 \text{ Вт})$ . Вот эти значения токов и напряжений (1,88 А и 138 В для дрели TUNGFULL 1806B, и 2,5 А и 190 В – для дрели SKRAB 56000) были использованы в дальнейшем при расчёте номиналов токоизмерительных резисторов.

### Принципиальная схема устройства регулятора-стабилизатора скорости на базе микросхемы U2010B

Схема регулятора-стабилизатора скорости вращения двигателя для дрели TUNGFULL 1806B (см. рис.), как можно убедиться, не отличается особой сложностью. Здесь необходимо заметить, что нумерация резисторов и конденсаторов схемы на рисунке соответствует оригинальной нумерации на схеме, приведённой в справочном листке (datasheet) для U2010B.

Входное переменное напряжение выбрано на 10 В больше указанного ранее (140 В), с запасом оно составило 150 В. Это напряжение с помощью двухконтактной сетевой вилки X7 подавалось на устройство с ЛАТР. Вместо него можно использовать и обычный трансформатор со вторичной обмоткой, рассчитанной на напряжение 150 В, или работающий в режиме ЛАТР, т.е. имеющий отвод от первичной обмотки, подключённой к сетевому напряжению 220 В.

Главное требование к трансформатору или ЛАТР: максимальный ток, на который они рассчитаны при напряжении 150 В должен быть не менее 2 А. Кроме того, пожертвовав некоторой мощностью дрели (10–15%), можно использовать известное стандартное напряжение 127 В, полученное с распространённого трансформатора 220 В/127 В.

Балластный резистор номиналом 13 К (R1), диод SM4007 (VD1), работающий как однополупериодный выпрямитель, и сглаживающий конденсатор C1 служат для получения напряжения питания микросхемы U2010B (DA1). Это отрицательное напряжение питания (около –13 В) образуется на выводе 11 (Vs) благодаря внутреннему коммутатору, соединяющему вывод 12 (High load), куда подключен анод диода VD1, с выводом 11 (Vs). К выводу 11 подключен минус конденсатора C1, а его плюс подсое-

динён к «земле» (GND, 10-й вывод). Номинал резистора R1 при напряжении питания 220 В по справочному листку (datasheet) составляет 18 К. Но поскольку рабочее напряжение, подаваемое на DA1, снижено до 150 В, пропорционально снижен и номинал резистора R1 – до 13 К. Мощность резистора R1 – 3 Вт (это проволочный резистор KNP300). При мощности 2 Вт (рекомендуемой в справочном листке) он достаточно сильно нагревается (по ощущениям автора до +50°C и более), нагревая саму плату и её компоненты, а при мощности 3 Вт его температура поднимается не выше +40°C при достаточно долгой работе устройства.

Светодиод красного свечения LD1, индицирующий перегрузку, подключен к выводам 11 и 12 DA1 с помощью двух двухконтактных разъёмов X3 и X4. Разъём X3 – два цанговых штыря с расстоянием между ними 2,54 мм (PSLM2), впаянные в плату устройства и соединённые с выводами 11 и 12 DA1. К разъёму X4 – ответному X3 (два цанговых гнезда, SIP2) – припаян один конец двухжильного провода (два провода МГТФ-0,1), второй конец которого соединён со светодиодом LD1.

Если представить себе сетевое напряжение в виде синусоиды  $U(t) = U_{\max} \sin(\omega t)$ , то при  $\omega t = 0, \pi$  и  $2\pi$  эта функция пересекает 0 (строго говоря, она пересекает 0 при  $\omega t = n\pi$ , где  $n$  – целое). Угол  $\varphi$ , при котором открывается симистор VD2 (BTA24-600CW) в положительной полуволне напряжения, отсчитывается от  $\pi$  в сторону нуля, или, другими словами, это угол  $\pi - \varphi$ . Угол, при котором открывается симистор при отрицательной полуволне, равен  $2\pi - \varphi$ . Резисторы R8 и R8\_1, общий номинал которых составляет  $R_{\varphi}$ , подключены между напряжением питания Vs (11-й вывод DA1) и входом VR<sub>φ</sub> (14-й вывод DA1). Резисторы управляют напряжением (VR<sub>φ</sub>), на котором с помощью изменения  $R_{\varphi}$  можно изменять начальный угол открытия симистора  $\varphi$ . Чем больше угол  $\varphi$ , тем раньше открывается симистор и тем большую площадь соответствующей полусинусоиды он пропускает в нагрузку (в данном случае это мотор M). Другими словами, регулируя  $R_{\varphi}$ , можно задавать начальную скорость вращения мотора M. Помимо  $R_{\varphi}$  на угол  $\varphi$  влияет конденсатор C3, подключенный к выводу C<sub>φ</sub> (3-й вывод DA1). Этот конденсатор совместно с  $R_{\varphi}$  образует RC-цепочку

$R_{\varphi}C_{\varphi}$  ( $R_{\varphi} = R8 + R8\_1$ ,  $C_{\varphi} = C3$ ), постоянная времени которой и определяет угол  $\varphi$ .

Мотор M подключается к двухконтактной сетевой розетке X1 с помощью двухжильного провода, на одном конце которого установлена двухконтактная сетевая вилка X2, а второй конец соединён с мотором M. Розетка X1 одним контактом (2-й вывод X1) подключена ко входному напряжению (~150 В), а вторым (1-й вывод X1) – к выводу A2 симистора VD2. С вывода Out (16-й вывод DA1) через резистор R3 на УЭ симистора VD2 подаются короткие импульсы, открывающие его во время, соответствующее углам  $\pi - \varphi$  и  $2\pi - \varphi$ . Для синхронизации с сетевым напряжением, т.е. для определения момента перехода сетевого напряжения через 0 (от момента которого и отсчитывается угол  $\varphi$ ) используется резистор R2, подключённый между сетевым напряжением (~150 В) и входом V<sub>sync</sub> (15-й вывод DA1). Вывод симистора VD2 A1 через токоизмерительный резистор (параллельно соединённые резисторы R6 и R6\_1) подключён к «земле».

Напряжение с двух концов токоизмерительного резистора (R6||R6\_1) через резисторы R4 и R5 подаётся на два входа I<sub>sense</sub> (1-й и 2-й выводы DA1), служащих для измерения значения тока через симистор. Максимальное напряжение на входах I<sub>sense</sub> составляет 0,25 В (по справочному листку). Если учесть, что максимальный ток через симистор составляет 1,88 А, нетрудно подсчитать номинал токоизмерительного резистора:  $0,25 \text{ В} / 1,88 \text{ А} = 0,133 \text{ Ом}$ . Автор использовал два резистора – R6 = 0,15 Ом и R6\_1 = 1 Ом, соединённых параллельно. Общее сопротивление резисторов составляет 0,13 Ом.

На выводе V<sub>Ref</sub> (8-й вывод DA1) формируется опорное напряжение, которое используется тремя потребителями.

Первый потребитель – вход C<sub>soft</sub> (7-й вывод DA1), к которому подключён конденсатор C2, служащий для «мягкого старта» (soft start) двигателя после включения питания. Второй вывод конденсатора подключён к напряжению V<sub>Ref</sub>.

Второй потребитель – вход I<sub>Load</sub> (6-й вывод DA1), к которому подключены резистор R11 и параллельно ему конденсатор C5, вторые выводы которых также подключены к опорному напряжению V<sub>Ref</sub> (вывод 8 DA1). Вход I<sub>Load</sub> служит для настройки срабатывания защиты по току, т.е. при превышении тока определённого порога (напри-

мер, 1,8 А) срабатывает защита. В этом случае двигатель отключается от входного напряжения, и загорается светодиод LD1. Через некоторое время, если причина срабатывания защиты устранена, на двигатель вновь подаётся напряжение, и он продолжает работать с той же скоростью, с которой работал до срабатывания защиты. Условием срабатывания защиты является отсутствие подключения к выводу 9 DA1 (Mode – режим) какого-либо напряжения, т.е. этот вывод должен оставаться свободным (как на рисунке). Если же этот вывод подключить к V<sub>Ref</sub> (8-й вывод DA1), то защита по току отключится, т.е. двигатель после превышения тока 1,8 А продолжит работать (режим С).

Третий потребитель V<sub>Ref</sub> – вход Control (4-й вывод DA1). К этому входу одновременно подключены сразу два напряжения: первое – с вывода 5 (Comp. – Compensation output), служащего для компенсации токовой нагрузки, второе – снятое с движка потенциометра P1, которое через подстроечный резистор R10 и включённый последовательно резистор R10\_1 подключено ко входу Control (4-й вывод DA1). Один из выводов потенциометра P1 через резистор R14 подключён к V<sub>Ref</sub> (8-й вывод DA1), а второй (через резистор R7) – к «земле» (10-й вывод DA1). Сам потенциометр P1 расположен вне платы устройства и подключается с помощью впаянного в плату 3-штырькового цангового разъёма с шагом 2,54 мм (PSLM3 – X5). К этому разъёму подключается ответный разъём – трёхконтактное цанговое гнездо (SIP3 – X6), которое припаяно к одному концу трёхжильного провода, а второй его конец припаян непосредственно к P1. Ручка этого потенциометра выведена на лицевую поверхность корпуса устройства (см. далее), а сам потенциометр служит для задания необходимой скорости вращения дрели. Как видно из рисунка, на входе Control (4 вывод DA1) складываются два напряжения: одно – с вывода Comp., второе – с движка P1 (через R10 и R10\_1). Подстроечный резистор R10 служит для настройки компенсации нагрузки. О настройке компенсации нагрузки будет подробно рассказано далее. Здесь же, на взгляд автора, необходимо объяснить сам принцип компенсации нагрузки.

Выходное напряжение на выводе Comp (5-й вывод DA1) в соответствии со справочным листком прямо пропор-

ционально напряжению, снятому с двух концов токоизмерительного резистора (1-й и 2-й выводы DA1) или току, проходящему через него. Но крутящий момент, как было упомянуто ранее, прямо пропорционален квадрату тока, т.е. увеличение крутящего момента в 2 раза (например, при торможении вала) увеличивает ток через двигатель дрели в 4 раза. Квадратичная зависимость тока от тормозного момента имеет одну особенность: при малом крутящем моменте имеет место некая «слепая» зона, в которой на малых скоростях вращения, т.е. при малом крутящем моменте, при торможении вала ток возрастает незначительно. В этом можно легко убедиться, если рассмотреть две функции: линейную  $y(x) = x$  и квадратичную  $z(x) = x^2$  в интервале  $0 < x < 1$ . В этом интервале линейная функция  $y(x)$  всегда больше квадратичной  $z(x)$ . И только при  $x > 1$  функция  $z(x) > y(x)$ . Этот факт приводит к тому, что на самых малых скоростях вал двигателя легко затормозить, поскольку ощутимого увеличения тока при этом не будет, а значит не произойдёт и компенсации нагрузки – вал не будет сопротивляться торможению.

Сравним между собой два режима работы. В первом подадим на двигатель напряжение  $U_1 = 220$  В, во втором – уменьшенное до  $U_2 = 150$  В. Очевидно, что при одной и той же мощности, поданной на двигатель, или при одной и той же скорости вращения ток  $I_{150\text{В}} > I_{220\text{В}}$ . Поскольку мощность, передаваемая на двигатель, пропорциональна площади под полусинусоидой двух разных напряжений (220 и 150 В), начиная от момента открытия симистора, т.е. от угла  $\pi - \phi$  до  $\pi$  и от  $2\pi - \phi$  до  $2\pi$ , то при более низком напряжении (150 В) угол  $\phi_{150\text{В}} > \phi_{220\text{В}}$ . Другими словами, «слепая» зона при напряжении 150 В существенно меньше таковой при напряжении 220 В, поэтому с помощью напряжения 150 В можно добиться меньшей скорости вращения вне «слепой» зоны.

Как видно из схемы, на выводе Control (4-й вывод DA1) складываются два выходных напряжения: с вывода Comp (5-й вывод DA1) и снятое с движка потенциометра P1 с учётом падения напряжения на R10 и R10\_1.

Угол  $\phi$  прямо пропорционален напряжению на выводе Control (4-й вывод DA1). Принцип компенсации нагрузки состоит в том, что при торможении вала двигателя напряжение на выводе Comp (5) возрастает, а с ним возраста-

ет и напряжение на выводе Control (4). Так увеличивается угол  $\phi$ , на двигатель подаётся большая мощность, что приводит к существенному сопротивлению торможения и сохранению первоначальной скорости вращения, определяемой положением движка потенциометра P1.

Подстроечный резистор R10 определяет превалирующее воздействие на вывод Control либо напряжения с вывода Comp, либо напряжения, снятого с движка потенциометра P1.

При увеличении R10 влияние напряжения с вывода Comp увеличивается, а влияние напряжения, снятого с движка потенциометра P1, уменьшается (и наоборот). Этот принцип и положен в основу настройки схемы.

Последний момент, который нуждается в пояснении. Как известно, при увеличении нагрузки на трансформатор его выходное напряжение падает. В связи с этим падает и напряжение питания микросхемы Vs (11-й вывод DA1). Однако если посмотреть на схему, то можно заметить, что вывод VR<sub>φ</sub> (14-й вывод DA1), определяющий начальное состояние угла открытия  $\phi$  симистора (или в том числе начальную скорость дрели), соединён с выводом питания Vs (через резисторы R8 и R8\_1), а не с выводом опорного напряжения V<sub>ref</sub> (8-й вывод DA1), которое практически не зависит от напряжения питания (на то оно и опорное). Это приводит к тому, что при уменьшении напряжения питания Vs скорость дрели увеличивается (и наоборот). Таким способом реализуется одна из особенностей работы микросхемы U2010B, состоящая в компенсации изменения входного напряжения (Mains supply variation compensated). Был даже проведён простой эксперимент: уменьшив выходное напряжение ЛАТР со 150 до 130 В, можно было убедиться в том, что скорость дрели несколько увеличилась, а при увеличении напряжения со 130 до 150 В – восстановилась до первоначальной. Таким образом, происходит компенсация падения выходного напряжения трансформатора.

Настройка схемы рисунка достаточно проста. В самом начале к напряжению на двигателе необходимо подключить стрелочный тестер. Движок потенциометра P1 установить на минимальную скорость вращения, т.е. ближе к R14. Вывод 9 DA1 (Mode) соединить с выводом 8 (V<sub>ref</sub>), т.е. отключить режим защиты по току (см. справочный листок, режим C), чтобы он не мешал настройке.

При включении напряжения питания, если двигатель не вращается совсем или вращается слабо, либо, наоборот, вращается очень быстро, изменяют положение движка подстроечного резистора R8, добиваясь приемлемых минимальных оборотов (300–500 об/мин). После этого необходимо притормозить вал (лучше рукой в перчатке, чтобы не повредить кожу). Если двигатель легко останавливается и напряжение, измеренное тестером, не увеличивается, необходимо увеличить R10, при этом скорость вращения уменьшится. Скорость необходимо восстановить до первоначального значения, изменяя R8. Если при торможении вала скорость вращения наоборот начинает увеличиваться и при этом напряжение, измеренное тестером, также резко увеличивается, следует уменьшить значение R10, что приведёт к увеличению скорости, и её опять необходимо скорректировать, изменив значение R8.

Путём последовательных приближений добиваются таких значений минимальной скорости, при которых вал будет существенно сопротивляться торможению, а напряжение, измеренное тестером, при торможении также будет увеличиваться (вплоть до напряжения питания при максимальном торможении). После этого необходимо проверить, не увеличивается ли скорость на средних и максимальных оборотах (до примерно 2000 об/мин) при торможении вала. При увеличении скорости (перерегулировании) необходимо подкорректировать (уменьшить) номинал резисторов R10 и R8.

Далее необходимо настроить режим срабатывания защиты по току при перегрузке. Для этого вывод 9 отключить от вывода 8, т.е. оставить свободным (режим B), а вместо R11 подключить потенциометр (переменный резистор) номиналом 200–300 кОм. Затем при существенном торможении вала вплоть до полной его остановки подобрать номинал R11 так, чтобы при этом режиме торможения загорелся светодиод LD1, с двигателя на короткое время снялось напряжение питания, а при отпуске вала двигатель восстановил первоначальную скорость вращения. После этого, измерив значение переменного резистора R11, установить вместо него постоянный резистор. В данном случае, как видно из схемы, номинал равен 82 кОм.

Если настраивать схему для работы с другим типом дрели, то настройка

несколько усложнится, однако принцип остаётся прежним. В этом случае вместо R7, R14 и P1 необходимо установить переменные резисторы по 50 кОм, а вместо R8 – переменный резистор 500 кОм. Резистор R14 установить на минимум (0 Ом), движок P1 повернуть к R14, а R7 установить в среднее положение (25 кОм). После настройки, аналогичной описанной в диапазоне P1, измерить значения P1 при минимальной и максимальной скоростях, разбить его на два постоянных резистора и один переменный, но уже меньшего номинала (например, 20 кОм), если потребуется, аналогично заменить 20 кОм на 10 кОм (как на схеме).

Настройка схемы не представляет каких-либо сверхъестественных сложностей. Здесь главное не бездумно крутить все подстроечные резисторы, а использовать строгую последовательность настройки.

Последнее, что необходимо особенно подчеркнуть, достаточно высокое напряжение (150 В), которое присутствует на плате. При настройке следует быть очень аккуратным. Автор настоятельно рекомендует использовать отвёртку с пластиковой ручкой и керамическим шлицем, а ручка потенциометра P1 также должна быть пластиковой, т.е. изолированной от металлического стержня потенциометра.

## Литература

1. Кузьминов А. Тиристорный регулятор скорости вращения коллекторных двигателей постоянного тока. Современная электроника. 2013. № 2.
2. Кузьминов А. Изготовление устройств на печатных платах с высоким разрешением в домашних условиях. Технологии в электронной промышленности. 2011. № 1.
3. Кузьминов А. Технология изготовления печатных плат с высоким разрешением в любительских условиях. Радио. 2017. № 10.
4. Кузьминов А. Как использовать фольгу обратной стороны односторонней печатной платы в качестве общего провода. Радио. 2019. № 2.



## НОВОСТИ МИРА

### Беспроводная зарядка на Луне

Astrobotic, Bosch и Вашингтонский университет работают с WiBotic над системой беспроводной зарядки, которая сможет работать на Луне. Стоимость проекта – \$5,8 млн. Беспроводная зарядка будет работать на основе технологии WiBotic. Контракт с генеральным подрядчиком Astrobotic является частью программы НАСА «Переломный момент» по преодолению проблем, связанных с зарядкой роботов на поверхности Луны.

– Для WiBotic это захватывающее время. У нас были роботы, которые заряжались с помощью наших технологий в воздухе и под водой, а теперь применим наши компетенции в открытом космосе. Мы так взволнованы, потому что НАСА, наконец, действительно активизировало свои усилия по работе с технологическими компаниями и стартапами, – говорит Бен Уотерс, генеральный директор WiBotic.

#### NOKIA построит лунную сеть 4G

– НАСА ищет возможности для выживания в условиях лунной ночи. На Луне ночь длится 14 дней, при этом температура на поверхности опускается до  $-93^{\circ}\text{C}$ . В таких условиях солнечные батареи нежизнеспособны. Выживать в реголите (лунной пыли) непросто, поскольку сам по себе реголит мельче пыли, легко проникает в разъемы и проводит ток, вызывая хаос и отказы роботов, – добавляет Уотерс. – Так что использовать беспроводную зарядку на Луне – отличное решение.

Беспроводная зарядка в CubeRover от Astrobotic – первый проект, наряду с системой зарядки на посадочном модуле, которая также будет заряжать базовую станцию 4G. Технологию также можно использовать для многих других инструментов и роботов с батарейным питанием, уверен Уотерс. WiBotic адаптирует свои катушки и компоненты для работы на Луне.



– Масса критически важна, – продолжает Уотерс. – На техническом уровне будем улучшать существующие системы с учётом окружающей среды, температурных возможностей и будем отказываться от любого активного охлаждения, то есть вентиляторов. Обратим внимание больше на устойчивость компонентов к излучению, в особенности микроконтроллеров.

Bosch будет работать над навигационными датчиками и ИИ для CubeRover, в то время как Вашингтонский университет имеет опыт создания устройств для работы в реголите.

– В Rover будет встроено зарядное устройство и приёмник. В лунном посадочном модуле будет размещён передатчик. В нём есть батареи, и мы работаем над интеграцией системы. Так мы будем знать о ёмкости батарей, чтобы динамически регулировать скорость зарядки, – уточняет Уотерс. – Затем будем тестировать систему в испытательных камерах НАСА, которые имитируют реголит, экстремальные температуры и радиацию, а также удары и вибрации.

WiBotic хочет стать пионером в области разработки лунной беспроводной энергосистемы, способной обеспечить энергией широкий спектр пилотируемых и беспилотных

транспортных средств независимо от типов батарей, напряжения или уровней мощности. Это только первый шаг в создании общей инфраструктуры станций беспроводной зарядки и программного обеспечения, которые будут развернуты на поверхности Луны.

– Использование технологий беспроводной связи на поверхности Луны и за её пределами меняет правила взаимодействия космической робототехники, – заключает Седрик Корпа де ла Фуэнте, инженер-электрик по планетарной мобильности в Astrobotic. – Например, избавившись от зависимости от солнечной энергии, мы откроем для себя новый широкий спектр возможностей для небольших и лёгких систем в миссиях вроде выживания в лунной ночи. Как и CubeRover от Astrobotic, платформа беспроводной технологии WiBotic масштабируется и поддерживает широкий спектр потребностей в электроэнергии. Это делает конечный продукт привлекательным не только для компаний-разработчиков, но и для всех новых космических электрических систем и инфраструктур.

[www.wibotic.com](http://www.wibotic.com)

# Формальный дедуктивный анализ автоматного алгоритма управления генератором эндогаза с помощью платформы Rodin

## Часть 2. Алгоритм управления и платформа Rodin

Максим Нейзов (neyzov.max@gmail.com)

Формальный дедуктивный анализ представляет собой строгий математический подход к верификации алгоритмов: алгоритм описывается с помощью аксиом, а требуемые свойства доказываются как теоремы. Цель представленного анализа – доказать соответствие алгоритма управления предъявляемым требованиям надёжности и безопасности. В статье представлен алгоритм управления в виде системы взаимосвязанных автоматов и платформа Rodin – инструмент для формального анализа систем и автоматизации доказательства теорем.

### Введение: формальные аксиоматические теории

В первой части статьи [1] были определены требования надёжности и безопасности технологического процесса. Для гарантии соответствия алгоритма данным требованиям необходим его формальный анализ, который будет состоять в построении формальной аксиоматической теории.

Аксиоматический способ построения теории был известен ещё до нашей эры и применён Евклидом в геометрии. Аксиоматические теории – это теории, в основе которых лежит набор аксиом и правил вывода. *Аксиомы* – элементарные утверждения, принимаемые без

доказательств. *Теоремы* – утверждения, имеющие доказательства. *Доказательство* – цепочка логических рассуждений, которая строится с помощью правил вывода, аксиом и уже доказанных теорем [2]. Таким образом, теорема – это логическое следствие из аксиом. Метод получения нового знания является *дедуктивным*. Теория интересна, прежде всего, как множество теорем. Полученные знания достоверны, если доказательства теорем не содержат ошибок. Для исключения ошибок строятся *формальные теории*. Формализация теории – это её построение с помощью строгого математического аппарата. Все объекты и действия

в формальной теории строго фиксированы. Формальное доказательство представляет собой легко проверяемую (в том числе и компьютерной программой) цепочку формул.

Для гарантии соблюдения заданных требований выполняется *формальный дедуктивный анализ* алгоритма управления. Строится формальная аксиоматическая теория алгоритма. Алгоритм представляется с помощью набора аксиом. Теоремы представляют свойства данного алгоритма. Доказанное свойство является атрибутом алгоритма по построению, так как оно логически следует из него. Если теорема доказана, то алгоритм гарантированно обладает данным свойством. Если алгоритм не обладает данным свойством, то свойство не является теоремой данной теории, следовательно, не существует цепочки рассуждений для доказательства. После доказательства наличия заданного свойства у алгоритма нет смысла в его тестировании с целью поиска контрпримеров, нарушающих это свойство. Так же бессмысленно, как после доказательства теоремы Пифагора пытаться найти прямоугольный треугольник, нарушающий равенство:  $a^2 + b^2 = c^2$ , где  $a$ ,  $b$  – катеты,  $c$  – гипотенуза.

### Платформа Rodin

Платформа Rodin [3] – инструментальное программное обеспечение, предназначенное для поддержки метода Event-B [4–6]. Event-B – формальный метод моделирования и анализа систем. Платформа Rodin имеет множество плагинов и позволяет редактировать модели, запускать на исполнение для валидации и тестирования, выполнять проверку модели (model checking), доказывать простые теоремы автоматически и теоремы любой сложности в интерактивном режиме.

Для моделирования в Event-B используются теория множеств и логика предикатов [5]. Язык множеств является универсальным: любые математиче-

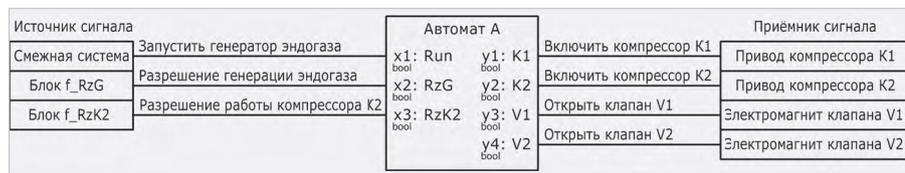


Рис. 1. Интерфейс автомата А

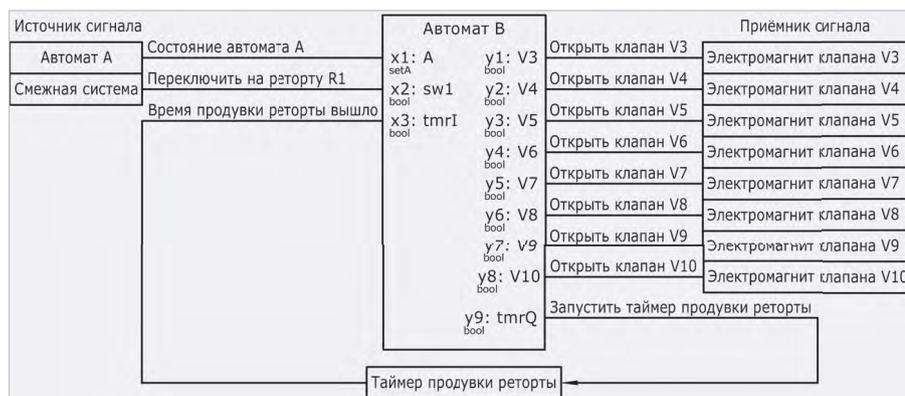


Рис. 2. Интерфейс автомата В

ские утверждения можно переформулировать на языке теории множеств [2]. Одной из главных концепций метода Event-B является *уточнение* [3–6]. Сложные системы строятся как последовательность уточнений. Каждое уточнение добавляет некоторые детали и конкретизирует систему. Таким образом, осуществляется последовательное движение от абстрактного к конкретному. В Event-B существует два вида компонентов: *контекст* и *машина* [3–6]. Контекст задаёт статическую часть модели, машина – динамическую. Аксиомы задаются в контексте. Машина доступна вся информация из указанного контекста. Машина содержит переменные, отвечающие за текущее состояние, и *события*, действия которые изменяют значения переменных. События могут иметь *параметры* и *охранные условия*. Событие может произойти, только если его параметры удовлетворяют охранным условиям. Если охранные условия позволяют произойти сразу нескольким событиям, то случайным образом выбирается одно из них. Таким образом, построенная модель определяет *недетерминированную дискретную систему переходов* [3, 5]. В машине объявляются *инварианты* – утверждения, истинные в любом её состоянии. Инварианты включаются в список *обязательств по доказательству* [3] и должны быть доказаны, как и теоремы. Теоремы могут быть объявлены как в контексте, так и в машине. При доказательстве теорем в интерактивном режиме могут применяться различные *тактики*. Возможно добавление произвольных *гипотез*, которые становятся *леммами* после их доказательства.

### Автоматный подход к разработке алгоритмов

Автоматное программирование [7] – концепция разработки алгоритмов, управляющая часть которых проектируется как *система взаимосвязанных автоматов* (СВА) [8]. Алгоритмы управления чаще всего состоят только из управляющей части и представляют собой СВА. *Автомат* является преобразователем входных последовательностей сигналов в выходные [2, 9]. Выходной сигнал зависит от входного сигнала и состояния автомата, хранящего предысторию всех входных сигналов. Автоматный подход позволяет избежать ряда ошибок и способствует построению более надёжных и без-

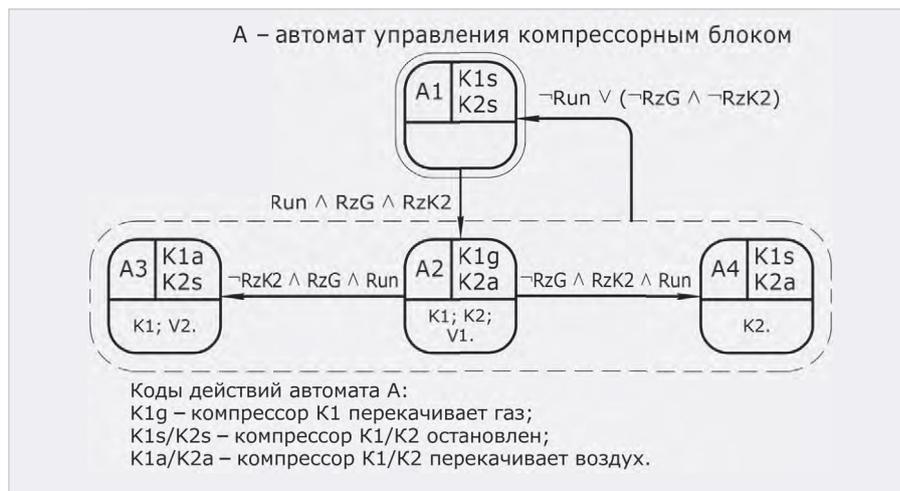


Рис. 3. Граф переходов автомата А

опасных алгоритмов управления [10]. Автоматный подход к разработке алгоритмов получил широкое распространение [7, 8, 10–16]. Автоматы удобно задавать в виде *графов переходов*.

Для формального дедуктивного анализа алгоритма необходимо его представление в строгой математической форме. Автоматный подход проектирования в данном случае является очень удобным, так как автомат уже является строгим математическим объектом. Не требуется никаких дополнительных преобразований.

### Автоматный алгоритм управления

Алгоритм управления генератором эндогаза представлен как СВА, состоящая из двух автоматов – А и В. Автомат А управляет компрессорным блоком, автомат В – клапанами реторт. Интерфейсы автоматов представлены на рисунках 1 и 2. Автомат А имеет три входа и четыре выхода, а автомат В – три входа и девять выходов. Блок f\_RzG устанавливает сигнал, если выполняется условие:  $\neg P1_{min} \wedge \neg P1_{max} \wedge water \wedge \neg Fail\_K1$ . Блок f\_RzK2 устанавливает сигнал, если выполняется условие:  $\neg Fail\_K2$ . Если заданное условие не выполняется, то блок сбрасывает выходной сигнал. Для повторной установки сигнала требуется перезапуск блока передним фронтом сигнала Run. Автомат В использует текущее состояние автомата А для управления. Автомат В взаимодействует с таймером для выдержки заданного интервала времени.

Графы переходов автоматов являются полной и точной спецификацией их поведения (представлены на рисунках 3 и 4). А и В – автоматы Мура [2, 7–9]. Состояния А1 и В1 – началь-

ные. В левом верхнем углу вершин графа указаны состояния автомата, в правом верхнем углу – коды действий автомата, внизу – установленные сигналы. Таким образом, в состоянии А4 компрессор К1 остановлен, а компрессор К2 перекачивает воздух, для этого установлен один выходной сигнал К2, остальные сигналы сброшены. Если условия на всех дугах, исходящих из состояния, ложны, то автомат остаётся в прежнем состоянии. Если в состояние можно перейти из других состояний по одному и тому же условию, то происходит объединение в группу (обрамляется пунктиром) и указывается один переход из данной группы. Таким образом, из состояний А2...А4 можно перейти в состояние А1 по указанному условию.

При наличии сигнала Run и разрешений RzG и RzK2 автомат А переходит из состояния А1 в состояние А2. При этом включаются компрессоры К1, К2 и открывается клапан V1. Переход автомата А в состояние А2 приводит к переходу автомата В из состояния В1 в состояние В4 (при наличии сигнала sw1). Состоянию В4 соответствует продувка реторты R1 газом, а также реторты R2 воздухом. При этом открываются клапаны V3, V6, V9, V10 и устанавливается сигнал tmrQ для запуска таймера продувки реторты. После окончания времени продувки таймер устанавливает сигнал tmrI и автомат В переходит в состояние В7. Состоянию В7 соответствует работа реторты R1 и продувка реторты R2 воздухом. При этом клапан V9 закрывается, а клапан V7 открывается, остальные клапаны остаются в прежнем положении.

При исчезновении разрешения генерации RzG автомат А перехо-

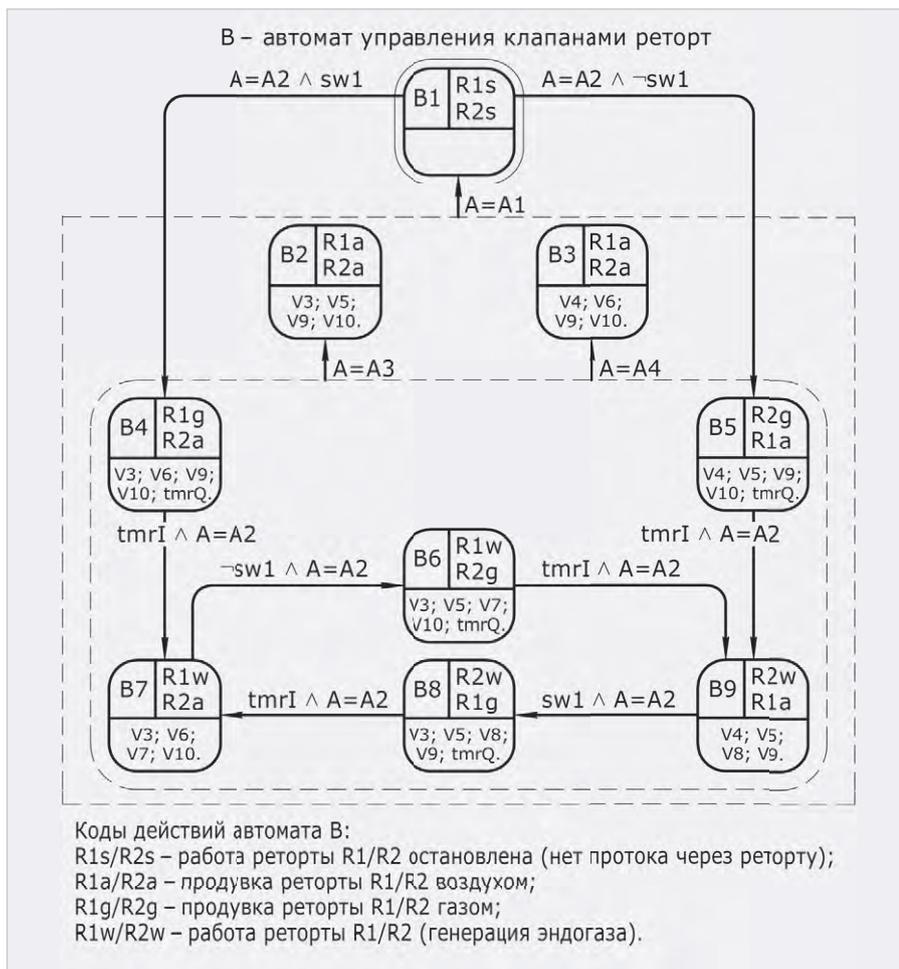


Рис. 4. Граф переходов автомата В

дит из состояния A2 в состояние A4. При этом включённым остаётся компрессор K2. Переход автомата А в состояние A4 приводит к переходу автомата В из состояния B7 в состояние B3, которому соответствует продувка реторт R1/R2 воздухом. При этом открыты клапаны V4, V6, V9, V10.

Снятие сигнала Run приводит к переходу автомата А в начальное состояние A1. При этом автомат В, находясь в любом состоянии, также переходит в начальное состояние B1. В начальных состояниях всё оборудование отключено.

**Математическое и программное обеспечение**

Рассмотренный алгоритм в виде СВА представляет математическое обеспечение. Программное обеспечение является формальной и изоморфной [10] трансляцией математического обеспечения (графов переходов). Трансляция может быть ручной или автоматической при наличии транслятора на целевой язык программирования. Также платформа Rodin поддерживает автоматическую трансляцию

моделей Event-B на языки C, C++, C#, Java [17].

Для создания сверхнадёжного программного обеспечения написание кода вручную противопоказано. Во избежание ошибок нужно использовать автоматическую кодогенерацию по исходной модели. Это даёт гарантию эквивалентности поведения программы и её модели.

**Заключение**

В статье рассмотрены автоматный алгоритм управления и платформа Rodin. Алгоритм управления был создан в виде СВА и поэтому является строгим математическим объектом, удобным для формального анализа. Для верификации алгоритма требуется представить СВА с помощью аксиом и доказать ряд теорем, соответствующих предъявляемым требованиям надёжности и безопасности. Для этого будет использоваться платформа Rodin.

**Литература**

1. *Нейзов М.* Формальный дедуктивный анализ автоматного алгоритма управления генератором эндогаза с помощью плат-

формы Rodin. Часть 1. Определение требований надёжности и безопасности работы генератора эндогаза. Современная электроника. 2020. № 9.

2. *Кузнецов О. П., Адельсон-Вельский Г. М.* Дискретная математика для инженера. 2-е изд., перераб. и доп. Энергоатомиздат. М. 1988. С. 480.

3. URL: [www3.hhu.de/stups/handbook/rodin](http://www3.hhu.de/stups/handbook/rodin).

4. URL: [wiki.event-b.org](http://wiki.event-b.org).

5. *Abrial J. R.* Modelling in Event-B: System and Software Engineering. Cambridge Univ. Press. 2010.

6. *Robinson K.* System Modelling & Design. Using Event-B. Draft book. 2012. P. 142.

7. *Поликарпова Н. И., Шальто А. А.* Автоматное программирование. 2008. С. 167.

8. *Шальто А. А.* Switch-технология. Алгоритмизация и программирование задач логического управления. Наука. СПб. 1998. С. 628.

9. *Карпов Ю. Г.* Теория автоматов: учебник для вузов. – 1-е изд. Издат. дом ПИТЕР. СПб. 2003. С. 208.

10. *Шальто А. А.* Автоматное проектирование программ. Алгоритмизация и программирование задач логического управления. Известия РАН. Теория и системы управления. 2000. № 6. С. 63–81.

11. *Зюбин В. Е.* Процесс-ориентированное программирование: учеб. пособие. Новосибирск. Новосиб. гос. ун-т. 2011. С. 194.

12. *Шелехов В. И.* Разработка автоматных программ на базе определения требований. ИСИ СО РАН. Новосибирск. Системная информатика. 2014. № 4. С. 1–29.

13. *Любченко В. С.* К проблеме создания модели параллельных вычислений. Параллельные вычисления и задачи управления: труды третьей международной конференции. Москва. 2006. С. 1359–1374.

14. *Harel D. et al.* STATEMATE: A working environment for the development of complex reactive systems. IEEE Trans. Eng. 1990. № 4. P. 403–414.

15. *Wagner F., Schmuki R., Wagner T., Wolstenholme P.* Modeling software with finite state machines: a practical approach. Auerbach Publications. 2006. P. 390.

16. *Samek M.* Practical UML Statecharts in C/C++. Second Edition: Event-Driven Programming for Embedded Systems. Newnes. 2008.

17. *Mery D., Singh N. K.* Automatic code generation from Event-B models. In Proceedings of the Second Symposium on Information and Communication Technology. SoICT. ACM. 2011.



23-я Международная выставка  
электронных компонентов, модулей  
и комплектующих

[expoelectronica.ru](http://expoelectronica.ru)

18-я Международная выставка  
технологий, оборудования и материалов  
для производства изделий электронной  
и электротехнической промышленности

[electrontechexpo.ru](http://electrontechexpo.ru)

**13–15 апреля 2021**

Москва, Крокус Экспо

Получите Ваш  
бесплатный билет  
по промокоду **ee21print**



# О новом представлении распределения разности фаз

Владимир Бартнев (bartvg@rambler.ru)

Получено новое представление для распределения разности фаз с использованием распределения оценки максимального правдоподобия аргумента комплексного коэффициента корреляции. Исследованы интегральные функции распределения оценки максимального правдоподобия аргумента коэффициента корреляции и ранее полученное распределение разности фаз. Проверка идентичности результатов аналитических расчётов для двух сравниваемых формул дополнена верификацией предложенного представления для распределения разности фаз моделированием в MATLAB.

При анализе эффективности радиотехнических систем часто используется распределение разности фаз  $\gamma$  [1], где  $R$  – модуль коэффициента корреляции,  $y = R \cos(\gamma - \gamma_0)$ ,  $\gamma_0$  – начальная разность фаз.

В работе [2] получено распределение оценки максимального прав-

доподобия аргумента коэффициента корреляции из распределения Уишарта(2), где  $R$  – модуль коэффициента корреляции,  $\hat{\gamma}$  – оценка максимального правдоподобия аргумента коэффициента корреляции,  $\gamma_0$  – начальное значение аргу-

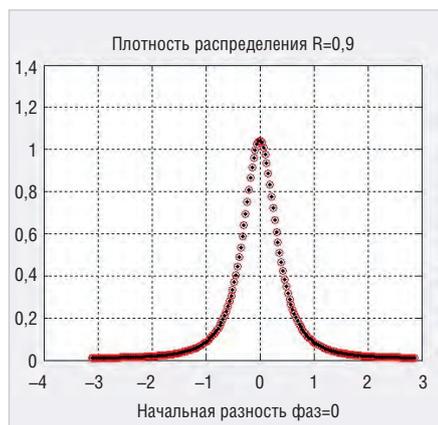


Рис. 1. Плотность распределения разности фаз для формул (1) красным и (3) чёрными цветами для начальной разности фаз равной 0 и коэффициента корреляции 0,9

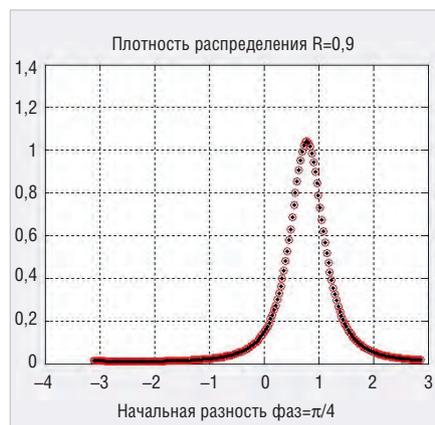


Рис. 2. Плотность распределения разности фаз для формул (1) красным и (3) чёрными цветами для начальной разности фаз равной  $\pi/4$  и коэффициента корреляции 0,9

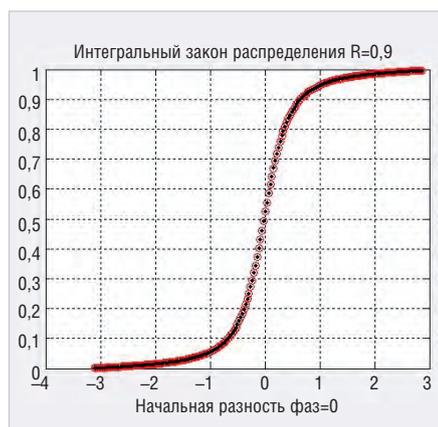


Рис. 3. Функция распределения разности фаз для формул (1) красным и (3) чёрными цветами для начальной разности фаз равной 0 и коэффициента корреляции 0,9

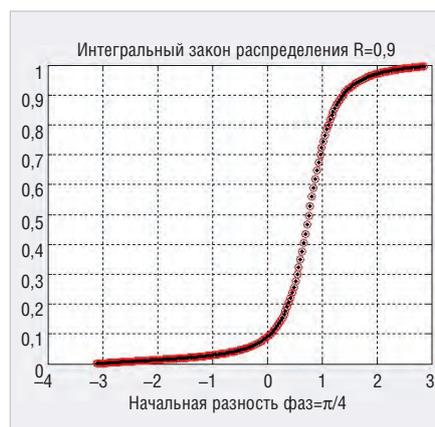


Рис. 4. Функция распределения разности фаз для формул (1) красным и (3) чёрными цветами для начальной разности фаз равной  $\pi/4$  и коэффициента корреляции 0,9

мента,  $N$  – число выборок наблюдения,  $\Gamma(\cdot)$  – гамма функция.

Это распределение в [2] использовано при анализе эффективности адаптивных систем СДЦ.

При исследовании формулы (2) если задать  $N=1$ , то получится выражение (3).

Расчёты, произведённые с помощью формул (1) и (3) показали полное совпадение графиков для этих двух разных представлений формул. На рис. 1 представлены графики плотностей распределений (1) чёрным и (3) красным цветами для значения коэффициента корреляции  $R=0,9$  и  $\gamma_0=0$ . И в том и другом случае наблюдается полное совпадение расчётных кривых. Такое же совпадение получается, если задать, например,  $\gamma_0 = \pi/4$  (см. рис. 2).

Из плотностей распределений разности фаз (1) и (3) можно найти другие статистические характеристики для разности фаз. Например, проинтегрировав выражения (1) и (3) от  $-\pi$  до  $\pi$ , получим интегральный закон распределения (см. рис. 3 для  $\gamma_0=0$  и рис. 4 для  $\gamma_0 = \pi/4$ ).

Для верификации полученных результатов было проведено моделирование алгоритма формирования оценки разности фаз в системе MATLAB [5].

Алгоритм моделирования оценки максимального правдоподобия для аргумента межпериодного коэффициента корреляции такой [3]:

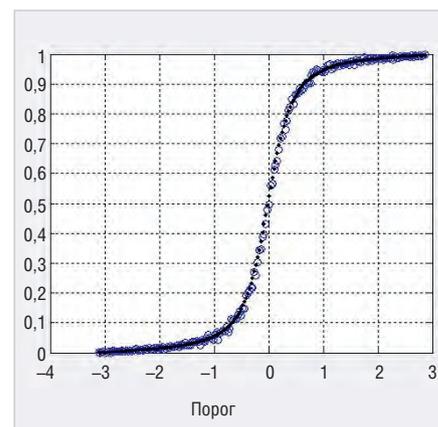


Рис. 5. Функция распределения разности фаз для формулы (3) (чёрные точки) и результаты моделирования (синие кружочки) для начальной разности фаз равной 0 и для коэффициента корреляции 0,9

$$r = \text{Re}(Z_1) \text{Re}(Z_2) + \text{Im}(Z_1) \text{Im}(Z_2),$$

$$s = \text{Re}(Z_2) \text{Im}(Z_1) - \text{Im}(Z_2) \text{Re}(Z_1),$$

где  $Z_1$  и  $Z_2$  – комплексные коррелированные выборки наблюдений. Тогда оценка аргумента коэффициента корреляции может быть вычислена по следующей формуле:

$$\hat{\gamma} = \text{arctg}(s / r) \leq \gamma_{\text{пор}}$$

Результаты моделирования на рис. 5 представлены синими кружочками. Они подтверждают совпадение моделирования и аналитических расчётов.

Таким образом, предложенный новый способ расчёта распределения разности фаз на основе распределения оценки максимального правдоподобия аргумента комплексного коэффициента корреляции всесторонне был проверен и может использоваться в статистических расчётах радиотехнических систем.

### Литература

1. Левин Б. Р. Теория случайных процессов и её применение в радиотехнике. Советское радио 1960.
2. Бартнев В. Г. Применение распределения Уишарта для анализа эффективности адаптивных систем СДЦ. Радиотех-

- ника и электроника. 1981. Т. XXVI. № 2. С. 356–361.
3. Бартнев В. Г. Новый способ классификации и бланкирования дискретных мешающих отражений. Современная электроника. 2020. № 3. С. 46–49.
4. Бартнев В. Г. Способ классификации и бланкирования дискретных

- помех. Патент № 2710894 по заявке № 2018134712 зарегистрирован в Государственном реестре РФ 14.01.2020.
5. Бартнев В. Г. Модельно-ориентированное проектирование программируемых радиотехнических устройств. Практический курс. Горячая линия. Телеком. М. 2019. С. 48–64.



$$W(\gamma) = \frac{(1-R^2)^2}{2\pi} \left[ \frac{1}{1-y^2} + y \frac{\pi/2 + \arcsin(y)}{(1-y^2)^{3/2}} \right] \quad (1)$$

$$W(\hat{\gamma}) = \frac{(1-R^2)^2 N}{2\pi \Gamma(N)} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(2R)^k \cos^k(\hat{\gamma} - \gamma_0) \Gamma(1+k/2) \Gamma(N+k/2)}{\Gamma(k+1)} \quad (2)$$

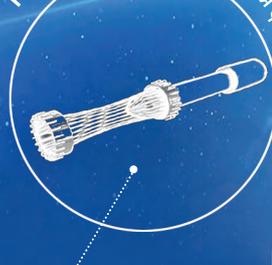
$$W(\hat{\gamma}) = \frac{(1-R^2)^2}{2\pi} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(2R)^k \cos^k(\hat{\gamma} - \gamma_0) (\Gamma(1+k/2))^2}{\Gamma(k+1)} \quad (3)$$

smiths interconnect

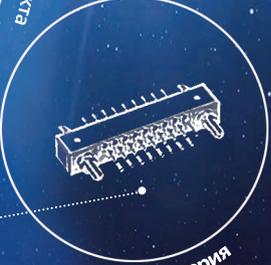
ВАША БЕЗОПАСНОСТЬ — НАША ОТВЕТСТВЕННОСТЬ



SpaceNXT™ Aurora серия



Hypertac® — гиперболическая форма контакта



KA серия

Разъемы для космической, авиационной, медицинской техники и железнодорожного транспорта

Высокоскоростные разъемы QuadraX/Twinax Разъемы на печатную плату Кабельные сборки	Высокочастотные разъемы Оптические соединители Соединители с подпружиненными контактами
---	---



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

# Физико-математическое моделирование энергетических процессов в импульсных прямых ксеноновых лампах, работающих в электрических схемах

## Часть 2

Юрий Мандрыко, Александр Чирцов (Санкт-Петербург)

Во второй части статьи приводятся результаты экспериментальных измерений и их сопоставление с расчётными данными, полученными при помощи физико-математического моделирования временных характеристик энергетических параметров плазменного канала дугового электрического разряда в импульсных прямых ксеноновых лампах при работе в электрических схемах на основе модулятора с квазистабильными по амплитуде прямоугольными импульсами напряжения.

### Эксперимент

Соответствие результатов экспериментальных исследований и расчётов, проведённых в рамках построенной физико-математической модели, проверялось на лампе типа ИНП-5/45 для двух значений электрического напряжения ( $U_{\text{lamp } 1}=169$  В и  $U_{\text{lamp } 2}=223$  В) на накопительной ёмкости  $C_{\text{к}}=13$  мФ блока конденсаторов для второго режима функционирования электрической схемы питания (см. рис. 1 в части 1). Силовой импульс напряжения накачки был приложен к газоразрядному промежутку лампы, между электродами которой предварительно был сформирован плазменный канал псевдодежурной дуги.

Регистрация переходных характеристик мгновенных напряжений, пропор-

циональных переходным характеристикам мгновенных напряжений накачки между электродами ИКЛ  $u_{\text{lamp}}(t)$ , осуществлялась с помощью резистора R5, находящегося в нижнем плече резисторного делителя R5–R6. Мгновенные напряжения, снимаемые с резистора R5, пропорциональны мгновенным напряжениям накачки  $u_{\text{lamp}}(t)$  между электродами (анодом и катодом) ИКЛ. Регистрация экспериментальных временных зависимостей мгновенных электрических токов накачки  $i_{\text{channel}}(t)$  в плазменном канале импульсной ксеноновой лампы ИКЛ, приведённых на рисунках 1а, 1б вместе с результатами решения системы уравнений для расчёта мгновенных токов  $i_{\text{channel}}(t)$  в плазменном канале, осуществлялась с помощью

резистора (активного сопротивления) R3. На представленных рисунках: 1 и 1\* – экспериментальная и рассчитанная характеристики при  $U_{\text{lamp } 1}=169$  В; 2 и 2\* – экспериментальная и рассчитанная характеристики при  $U_{\text{lamp } 2}=223$  В. Экспериментальные временные характеристики мгновенных электрических мощностей накачки, поступающих в лампу, были определены с помощью электрических напряжений накачки  $U_{\text{lamp}}$  между электродами лампы ИКЛ и измеренных временных характеристик мгновенных электрических токов накачки  $i_{\text{channel}}(t)$  в плазменном канале. Импульсный стабилитрон (диод Зенера) VD4 предназначен для защиты осциллографа 3 от перенапряжений на резисторе R5, возникающих при отсутствии стабилитрона VD4, во время воздействия импульса высокого напряжения зажигания (поджига) между анодом и катодом ИКЛ.

Как следует из рисунков 1а, 1б, экспериментальные и рассчитанные временные зависимости мгновенных токов  $i_{\text{channel}}(t)$  в процессе формирования ксенонового плазменного канала дугового электрического разряда в ИКЛ удовлетворительно согласуются между собой, что свидетельствует об адекват-

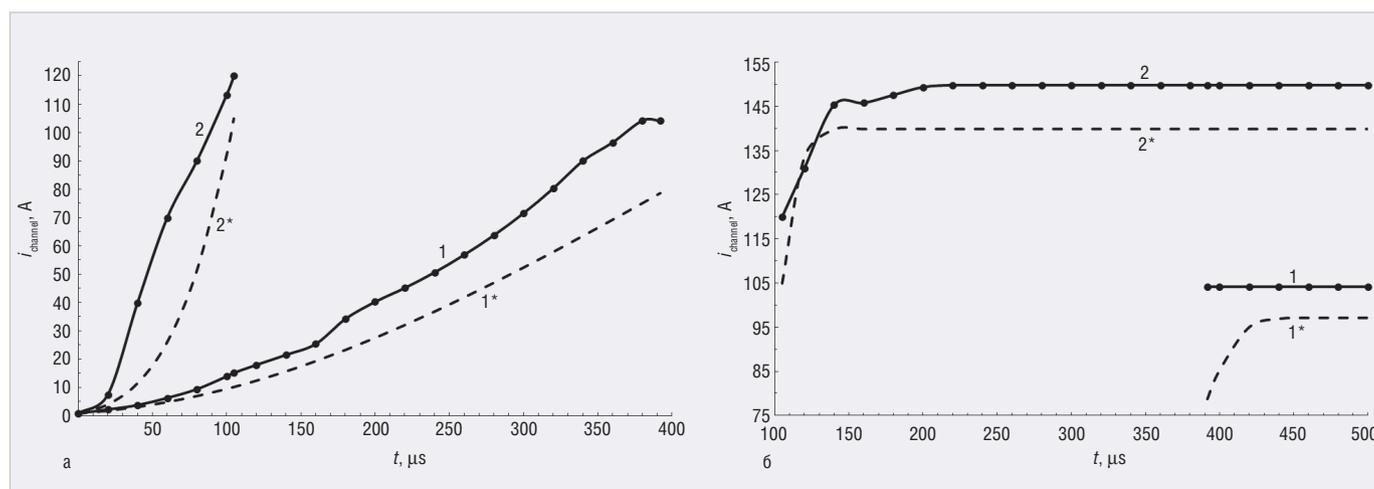
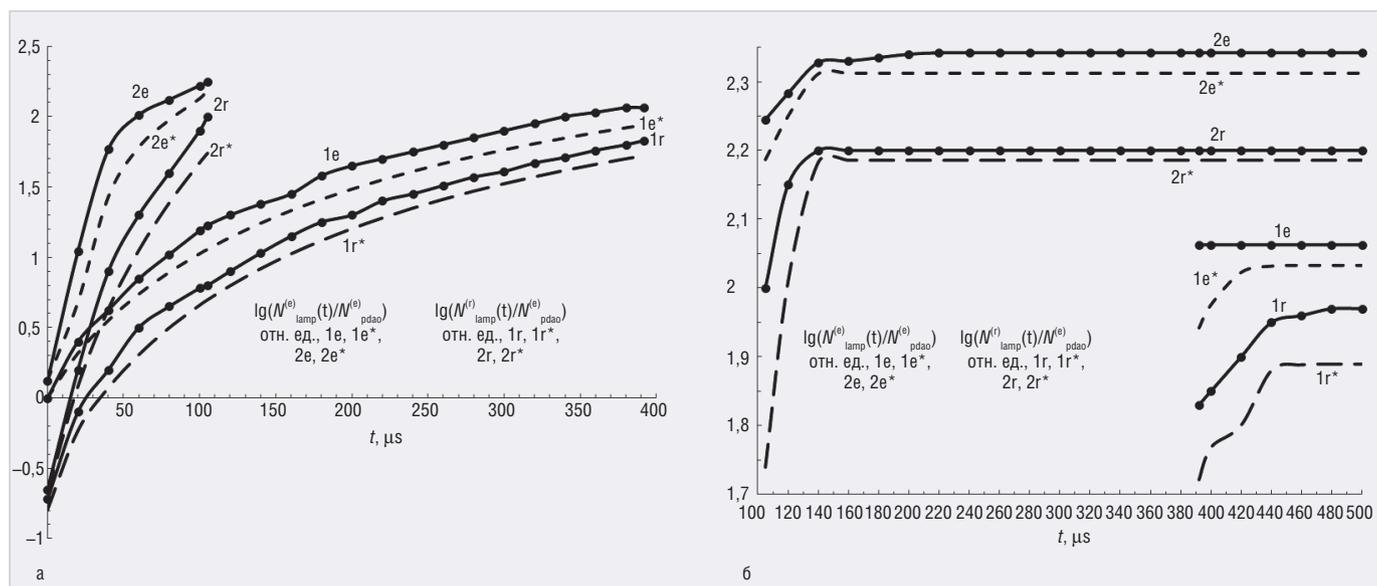
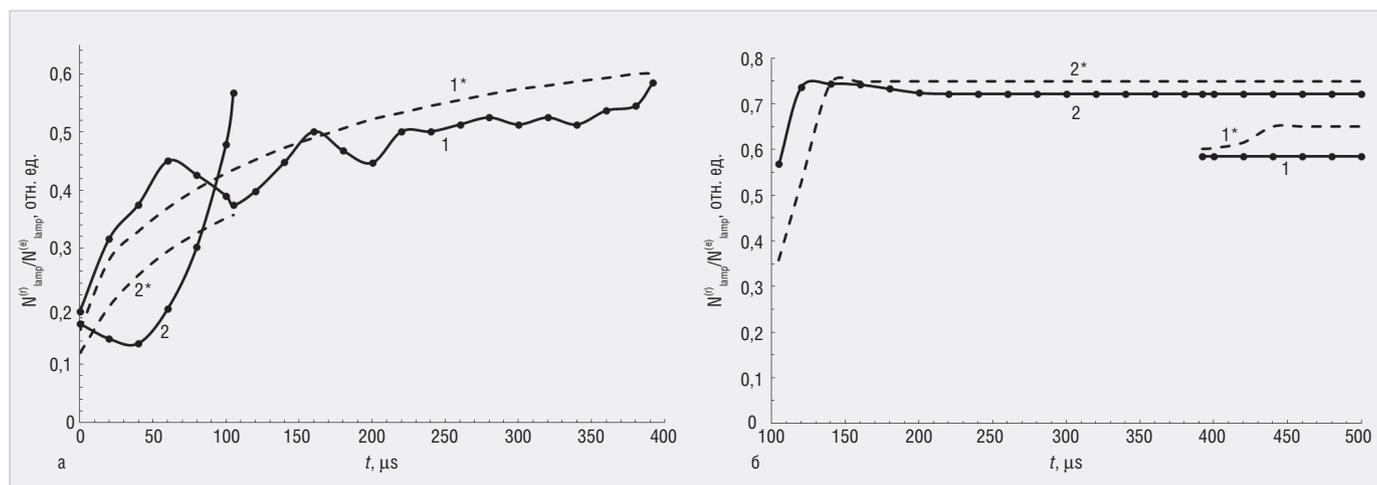


Рис. 1. Временные зависимости мгновенных электрических токов  $i_{\text{channel}}(t)$ : а) в расширяющемся плазменном канале; б) в установившемся по объёму плазменном канале



**Рис. 2.** Временные зависимости  $\lg(N_{lamp}^{(e)}(t)/N_{pdao}^{(e)})$  и  $\lg(N_{lamp}^{(r)}(t)/N_{pdao}^{(e)})$  на стадиях: а) расширения неравновесного плазменного канала; б) увеличения и поддержания температуры равновесного плазменного канала



**Рис. 3.** Временные зависимости  $N_{lamp}^{(r)}/N_{lamp}^{(e)}$  на стадиях: а) расширения неравновесного плазменного канала; б) увеличения и поддержания температуры равновесного плазменного канала

ности предложенных физико-математических моделей по отношению к экспериментальным измерениям.

Регистрация переходных характеристик поверхностных плотностей мощностей излучения ИКЛ осуществлялась с помощью фотоприёмника VD3 и резистора (активного сопротивления) R4. По экспериментальным переходным характеристикам поверхностных плотностей мощностей излучения ИКЛ, заданному расстоянию от лампы до фотоприёмника, известной длине газоразрядного промежутка между анодом и катодом лампы, известной площади поперечного сечения фоточувствительной области фотоприёмника определены экспериментальные переходные характеристики мощностей излучения ИКЛ (ИНПКЛ)  $N_{lamp}^{(r)}(t)$ .

На рисунках 2а, 2б приведены экспериментальные и расчётные временные зависимости десятичных логарифмов от поступающих в ИКЛ нормированных мгновенных электрических мощностей  $\lg(N_{lamp}^{(e)}(t)/N_{pdao}^{(e)})$  (2) и нормированных мощностей излучения  $\lg(N_{lamp}^{(r)}(t)/N_{pdao}^{(e)})$  (19) импульсной ксеноновой лампы относительно поступающей электрической мощности в плазменный канал псевдодежурной дуги. 1е и 1е\* – экспериментальная и рассчитанная характеристики электрических мощностей при  $U_{lamp 1}=169$  В; 2е и 2е\* – то же при  $U_{lamp 2}=223$  В; 1г и 1г\* – экспериментальная и рассчитанная характеристики мощностей излучения при  $U_{lamp 1}=169$  В; 2г и 2г\* – то же при  $U_{lamp 2}=223$  В.

Как следует из рисунков 2а, 2б, экспериментальные и рассчитанные вре-

менные зависимости десятичных логарифмов от поступающих в импульсную ксеноновую лампу нормированных мгновенных электрических мощностей  $\lg(N_{lamp}^{(e)}(t)/N_{pdao}^{(e)})$  и её нормированных мгновенных мощностей излучения  $\lg(N_{lamp}^{(r)}(t)/N_{pdao}^{(e)})$  в процессе формирования ксенонового плазменного канала дугового электрического разряда в ИКЛ удовлетворительно согласуются между собой при одном и том же значении напряжения на лампе. Также следует учесть, что увеличение напряжения между электродами лампы сопровождается возрастанием скоростей нарастания и сокращением длительностей фронтов поступающих в неё электрических мощностей и излучаемых ею мощностей.

На рисунках 3а, 3б представлены рассчитанные и эксперименталь-

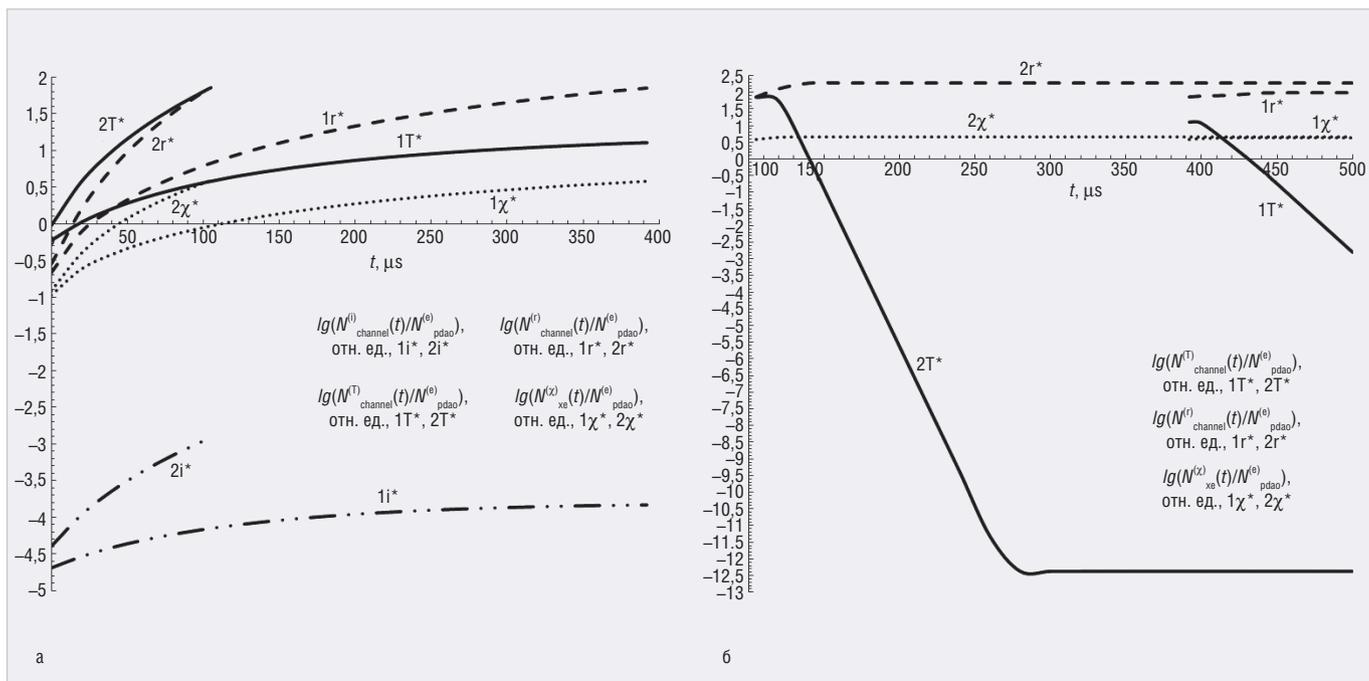


Рис. 4. Рассчитанные временные зависимости  $\lg(N^{(i)}_{channel}(t)/N^{(e)}_{pdao})$ ,  $\lg(N^{(T)}_{channel}(t)/N^{(e)}_{pdao})$ ,  $\lg(N^{(r)}_{channel}(t)/N^{(e)}_{pdao})$ ,  $\lg(N^{(x)}_{xc}(t)/N^{(e)}_{pdao})$  на стадиях: а) расширения неравновесного плазменного канала; б) увеличения и поддержания температуры равновесного плазменного канала

ные временные зависимости эффективностей преобразования подводимых к импульсной ксеноновой лампе силовых импульсов электрических мощностей накачки в импульсы мощностей излучения лампы  $N^{(r)}_{lamp}/N^{(e)}_{lamp}$ . 1 и 1\* – экспериментальная и расчётная характеристики при  $U_{lamp1}=169$  В; 2 и 2\* – экспериментальная и расчётная характеристики при  $U_{lamp2}=223$  В.

Из рисунков 3а, 3б видно, что по мере расширения плазменного канала и увеличения его температуры эффективность преобразования поступающих в импульсную ксеноновую лампу электрических мощностей в мощность её излучения увеличивается с течением времени при фиксированном напряжении между анодом и катодом лампы. Также следует учесть, что увеличение напряжения между электродами лампы сопровождается возрастанием скоростей нарастания и сокращением длительностей фронтов эффективностей преобразования поступающих в лампу электрических мощностей в мощность её излучения.

На рисунках 4а, 4б приведены расчётные временные зависимости десятичных логарифмов от нормированных мощностей для ионизации расширяющегося неравновесного плазменного канала  $\lg(N^{(i)}_{channel}(t)/N^{(e)}_{pdao})$  (5), нагрева плазменного канала  $\lg(N^{(T)}_{channel}(t)/N^{(e)}_{pdao})$

(13), (16), излучения плазменного канала  $\lg(N^{(r)}_{channel}(t)/N^{(e)}_{pdao})$  (18) и теплоотдачи из канала в окружающую среду  $\lg(N^{(x)}_{xc}(t)/N^{(e)}_{pdao})$  (23) относительно поступающей электрической мощности в плазменный канал псевдодежурной дуги. На рисунке 4а:  $\lg(N^{(i)}_{channel}(t)/N^{(e)}_{pdao})$ : 1i\*, 2i\* – при  $U_{lamp1}=169$  В и  $U_{lamp2}=223$  В;  $\lg(N^{(T)}_{channel}(t)/N^{(e)}_{pdao})$ : 1T\*, 2T\* – при  $U_{lamp1}=169$  В и  $U_{lamp2}=223$  В;  $\lg(N^{(r)}_{channel}(t)/N^{(e)}_{pdao})$ : 1r\*, 2r\* – при  $U_{lamp1}=169$  В и  $U_{lamp2}=223$  В;  $\lg(N^{(x)}_{xc}(t)/N^{(e)}_{pdao})$ : 1χ\*, 2χ\* – при  $U_{lamp1}=169$  В и  $U_{lamp2}=223$  В. На рисунке 4б:  $\lg(N^{(T)}_{channel}(t)/N^{(e)}_{pdao})$ : 1T\*, 2T\* – при  $U_{lamp1}=169$  В и  $U_{lamp2}=223$  В;  $\lg(N^{(r)}_{channel}(t)/N^{(e)}_{pdao})$ : 1r\*, 2r\* – при  $U_{lamp1}=169$  В и  $U_{lamp2}=223$  В;  $\lg(N^{(x)}_{xc}(t)/N^{(e)}_{pdao})$ : 1χ\*, 2χ\* – при  $U_{lamp1}=169$  В и  $U_{lamp2}=223$  В.

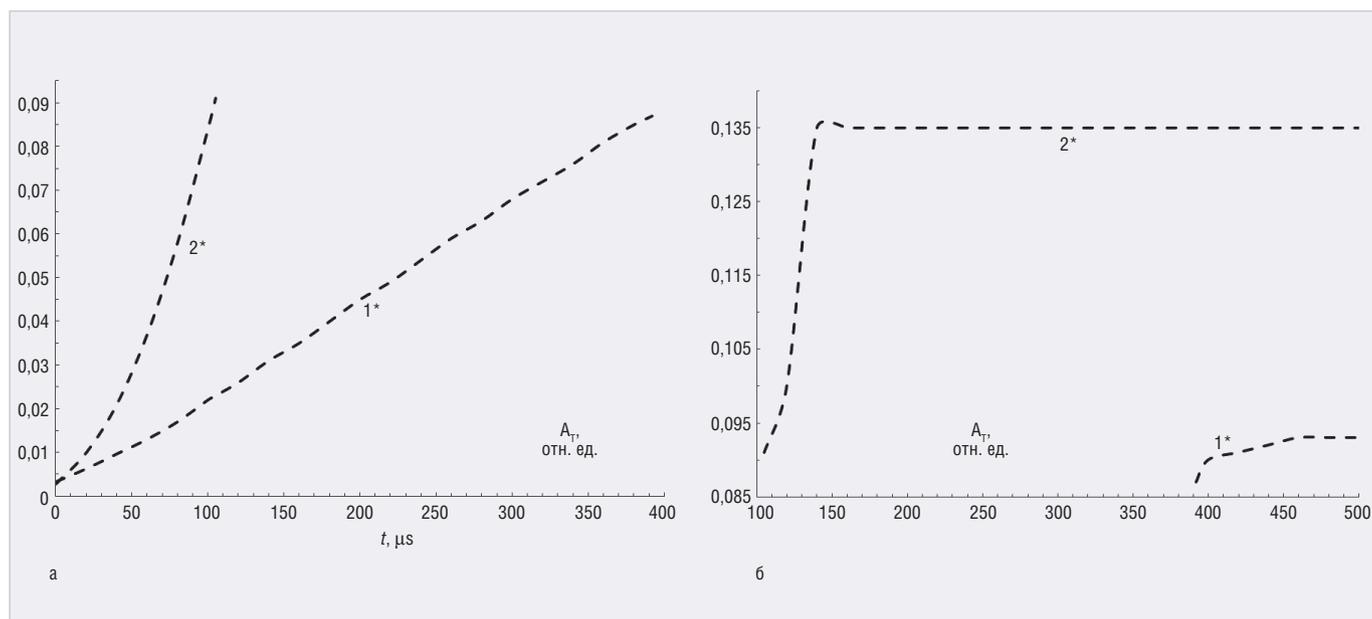
Как и следовало ожидать, в процессе расширения неравновесного плазменного канала временные зависимости десятичных логарифмов от нормированных мощностей для ионизации расширяющегося плазменного канала  $\lg(N^{(i)}_{channel}(t)/N^{(e)}_{pdao})$ , нагрева плазменного канала  $\lg(N^{(T)}_{channel}(t)/N^{(e)}_{pdao})$ , излучения плазменного канала  $\lg(N^{(r)}_{channel}(t)/N^{(e)}_{pdao})$  и теплоотдачи из канала в окружающую среду  $\lg(N^{(x)}_{xc}(t)/N^{(e)}_{pdao})$  увеличиваются со временем при одном и том же значении напряжения на лампе. При этом увеличение напряжения между электродами лампы ведёт к возрастанию скоростей нарастания мощностей для

ионизации расширяющегося плазменного канала, нагрева плазменного канала, излучения плазменного канала и теплоотдачи из него в окружающую среду.

На стадиях увеличения и поддержания температуры равновесного плазменного канала временные зависимости десятичных логарифмов от нормированных мощностей для излучения плазменного канала  $\lg(N^{(r)}_{channel}(t)/N^{(e)}_{pdao})$  увеличиваются со временем и устанавливаются по амплитуде при фиксированном значении напряжения на лампе. При этом увеличение напряжения между электродами лампы ведёт к возрастанию скоростей нарастания и амплитуд мощностей для излучения плазменного канала.

На рисунках 5а, 5б приведены расчётные временные зависимости спектральных относительных коэффициентов поглощения излучения  $A_T$  (20) плазменного канала в ИКЛ. Условные обозначение: 1\* – при  $U_{lamp1}=169$  В, 2\* – при  $U_{lamp2}=223$  В.

Представленные на рисунках 5а, 5б временные зависимости спектральных относительных коэффициентов поглощения излучения  $A_T$  (20) демонстрируют схожее поведение, то есть монотонное возрастание на протяжении стадий расширения канала и увеличения температуры равновесного плазменного канала, а на стадии поддержания температуры равно-



**Рис. 5. Расчётные временные зависимости спектральных относительных коэффициентов поглощения излучения  $A_T$  плазменного канала в ИКЛ:**  
а) расширяющегося; б) равновесного

весного плазменного канала происходит установление этих коэффициентов поглощения излучения по амплитуде. При увеличении электрического напряжения, прикладываемого к газоразрядному промежутку лампы, наблюдается увеличение характерных скоростей возрастания спектральных относительных коэффициентов поглощения излучения плазменного канала.

Из временных зависимостей тепловых мощностей, расходуемых на разогрев плазменного канала и теплоотдачу из него в окружающую среду, продемонстрированных на рисунках 4а, 4б, следует, что основным ограничителем коэффициента полезного действия преобразования электрической энергии, поступившей в импульсную ксеноновую лампу за длительность импульса тока накачки, в энергию излучения за тот же интервал времени являются тепловые потери.

Удовлетворительное совпадение результатов физико-математического моделирования с экспериментальными исследованиями позволяет говорить о применимости предложенных физико-математических моделей для определения временных характеристик физических параметров плазменного канала импульсного дугового электрического разряда в импульсных ксеноновых лампах.

Создание описанных физико-математических моделей плазменного кана-

ла позволяет не только получить расчёты для полномасштабного плазменного моделирования, учитывающего специфику существенных для рассматриваемой системы элементарных столкновительных и радиационных процессов в плазме, но и даёт возможность оценить ряд важных для оптимизации режимов работы газоразрядных ламп накачки внутренних физических параметров нелокального нестационарного плазменного канала.

Низкая эффективности преобразования поступающих в импульсную ксеноновую лампу электрических мощностей в мощности её излучения на стадии расширения ксенонового неравновесного плазменного канала обусловлена доминированием энергетических потоков, расходуемых на создание, разогрев и формирование плазменного канала в газоразрядном промежутке лампы. На стадиях увеличения и поддержания температуры равновесного плазменного канала, являющихся последующими стадиями горения дугового электрического газового разряда, происходит существенное перераспределение энергетических потоков, что приводит к возрастанию эффективности преобразования поступающих в импульсную ксеноновую лампу электрических мощностей в мощности её излучения.

### Заключение

Описанная работа является этапом комплексного прикладного исследо-

вания нелокальной плазмы импульсного дугового электрического разряда в ксеноновых лампах для оптической накачки. Работа выполнена в рамках серии исследований, посвящённых разработке эффективных методов физико-математического моделирования нелокальной газоразрядной плазмы и их использования для практических приложений. Полученные в настоящей работе результаты будут использованы в качестве приближения для многопараметрического моделирования плазмы в весьма сложном и интересном для теории и практики моделирования случае нестационарной фазы развития электрического газового разряда. В этой связи представляется интересным сопоставление результатов проделанного в рамках энергетического подхода квазианалитического рассмотрения с результатами популярных сегодня существенно более ресурсоёмких физико-математических моделей, основанных на учёте совокупности элементарных плазменных процессов в рамках квазигидродинамических приближений.

С точки зрения задач для оптимизации работы импульсных ламп оптической накачки, данная работа будет продолжена. Совокупность физико-математических моделей, базирующихся на системах уравнений, будет использоваться как база для решения задач для оптимизации режимов работы импульсных ксеноновых ламп.



# Разработка моделей цифровых элементов Digital SimCode для Altium Mixed Sim

Юрий Леган (yuri.legan@altium.com)

В статье описываются этапы разработки цифровых элементов Digital SimCode для устройства Altium Mixed Sim. Digital SimCode схож по функциональности с другими языками программирования и описывает аппаратуру, основываясь на принципе событийного моделирования.

## Введение

Современные САПР электронных устройств, в частности Altium Designer, обладают колоссальной функциональностью, когда речь заходит об управлении данными проектов, данными проектирования схем и печатных плат, а также инженерного анализа.

Инженерный анализ в Altium Designer выполняется различными расчётными модулями, применяемыми в зависимости от инженерной задачи. С помощью программы можно выполнять пред- и посттопологический анализ целостности сигналов, расчёты электрических режимов функционирования элементов схемы и посттопологических статических электрических нагрузок на цепи питания.

Altium Designer оснащён высококачественным имитатором электрических схем Altium Mixed Sim. Данный имитатор позволяет выполнять различные виды расчётов электрических режимов схемы на этапе проектирования. В том числе он имеет алгоритмы моделирования смешанных сигналов, реализующих расчёт поведения электрической схемы, содержащей как «аналоговые», так и «цифровые» компоненты. Расчёт поведения электрической схемы выполняется как расчёт переходного процесса во временной области.

Данный подход давно известен и реализован во многих известных имитаторах электрических схем. Естественным затруднением в этом случае становится описание моделей цифровых компонентов. Такие компоненты характеризуются обычно большим количеством внутренних элементов, функционирующих в ключевом (или иначе – вентиляном) режиме и реализующих такие внутренние состояния своих схем, которые обычно приближены по напряжениям к потенциалам питания. Моделировать схемы на уровне транзисторов – чрезвы-

чайно сложно и затратно с точки зрения ресурсов вычислительной системы. Поэтому все цифровые компоненты моделируются на логическом уровне, интерпретируя значения внутренних функций цифровых компонентов в логической форме, имеющей несколько допустимых статических состояний (0, 1, X и Z) и известные динамические взаимные переходы между статическими состояниями. Для решения задачи моделирования цифровых компонентов в имитаторе Altium Mixed Sim реализована поддержка специфических моделей имитатора XSPICE, описывающего цифровые компоненты.

Изначально XSPICE обладал открытой программной спецификацией и допускал «достраивание» функциональности за счёт разработки дополнительных моделей компонентов в виде программных модулей на языке C++, обладающих определённой совместимостью по программному интерфейсу с ядром имитатора. Этот подход давал широкие возможности для построения моделей, но требовал от инженера нетривиальной специализации дополнительно как программиста. Кроме того, каждое расширение функциональных возможностей имитатора требовало новой сборки программных библиотек и зависело от применяемого компилятора. Используя разные компиляторы, разработчики расширений ядра имитатора могли получать различные результаты даже при одном исходном коде.

Чтобы снизить требования к навыкам программирования, в ядро имитатора Altium Mixed Sim введена универсальная модель цифрового компонента. Данная модель реализует определяемую пользователем функциональность через восприятие плоского текстового файла, содержащего описание цифрового элемента на языке Digital SimCode.

С таким подходом нет необходимости в расширении имитатора дополнительными пользовательскими программами, а значит, можно снизить уровень требуемых навыков для разработки ПО. Пользователю, разрабатывающему модель цифрового компонента, теперь не нужны специальность программиста, знание C++, достаточно овладеть гораздо более простым языком Digital SimCode.

## Назначение Digital SimCode

Digital SimCode является языком описания аппаратуры (HDL), схожим по основной функциональности с другими языками программирования. SimCode предназначен для описания функционирования цифровых элементов на логическом уровне.

Работа модели Digital SimCode основана на принципе событийного моделирования: имитатор отслеживает входящие сигналы, проверяет на изменение эквивалентного логического состояния и отслеживает внутренние состояния модели. При наличии события изменения состояния входящего сигнала или внутреннего состояния модели формируется обработка события. Изменённые выходные сигналы отражаются во внешних цепях моделируемого цифрового компонента. Сигналы модели, обращённые к внешней схеме, называют выводами или портами модели.

## Основные возможности

Digital SimCode позволяет:

- описывать перечни входных и выходных сигналов, указывать выводы питания, выводы типа «вход-выход», формировать подгружающие эффекты входов;
- указывать выходные нагрузочные характеристики для выходных выводов;
- указывать законы преобразования электрических уровней в логические состояния, а законы логических состояний – в электрические уровни;
- описывать логические функции устройства на основе логических термов;
- реализовать циклы, использовать условные ветвления;

- объявлять целочисленные и действительные переменные для вычисления промежуточных результатов или внутренних состояний;
- указывать задержки передачи сигналов;
- формировать события, привязанные к определённому времени исполнения.

Модель допускает формирование трёх типов характеристик задержки распространения сигнала: минимальной, типовой и максимальной. При реализации модели указывается нужный тип характеристики, или он назначается по какому-либо параметру имитатора Mixed Sim. Это увеличивает гибкость процесса моделирования, позволяя имитировать технологический разброс быстродействия при изготовлении микросхем.

Функции языка Digital SimCode описывают 4 статических состояния: 1, 0, X и Z, а также динамические переходы между ними. Кроме того, эти состояния показывают эквивалентные внутренние сопротивления выходов, что, в свою очередь, позволяет учитывать перекрёстное взаимодействие выводов двух и более цифровых моделей, имеющих общие внешние цепи. Этот механизм аккуратно вычисляет актуальные действующие напряжения и токи.

Digital SimCode содержит функции, предназначенные для улучшения качества отладки моделей за счёт формирования сообщений потока моделирования.

Также работа модели цифрового устройства может опираться на дополнительные файлы, содержащие переменные данные. Например, это могут быть коды команд цифрового устройства в определённом порядке. Меняя последовательность кодов в файле данных, можно влиять на порядок операций, выполняемых моделируемым цифровым устройством. Примерно так, как это происходит в однокристальных микроконтроллерах и подобных устройствах. Файлы с такими последовательностями данных можно формировать в иных программах или вручную. Так можно менять поведение модели без изменения описания на Digital SimCode. Все функции языка в совокупности позволяют формировать сколь угодно сложное поведение моделируемого цифрового устройства.

## Кодированные модели

Обычно модель цифрового устройства описывают в виде плоского текстового файла в формате ASCII. Для файла незашифрованного описания модели цифрового устройства на Digital SimCode используют расширение .txt. Это позволяет в полной мере использовать и модифицировать модель. В процессе запуска расчёта имитатором производится предварительная сборка модели в сжатом зашифрованном виде. Этот вид можно извлечь из log-файла запуска расчёта и перенести в плоский файл в формате ASCII. Для файлов зашифрованного описания модели цифрового устройства следует использовать расширение .scb.

Файлы описания моделей в зашифрованном формате защищают модель от преднамеренного внесения изменений. Однако это порождает необходимость держать совместно с зашифрованной моделью описание способа назначения портов модели к выводам УГО элемента (иначе называемого шаблоном назначения) для имитатора Mixed Sim. При отсутствии сведений о перечне, порядке и назначении внешних выводов модели нет возможности получить доступ к функциональности.

## Назначение модели Digital SimCode для Altium Mixed Sim. Требования к разработке модели

Модель используется с указанием свободного шаблона модели устройства Altium Mixed Sim. В диалогe Sim Model на закладке Model Kind нужно выбрать General в поле Model Kind и Generic Editor – в поле Model Sub-Kind. Затем указывается значение A в поле SPICE Prefix, формируется шаблон на нижней закладке Netlist Template и выбирается путь к файлу, содержащему описание модели-прототипа цифрового устройства имитатора Altium Mixed Sim в поле Model Name. Если файл с описанием модели-прототипа указан корректно, то на нижней закладке Model File будет приведено содержание файла.

### Шаблон модели Mixed Sim

Шаблон должен содержать хотя бы одну строку вида:

```
@designator [<перечень имён внешних цепей для входных выводов>]
[<перечень имён внешних цепей выходных выводов>] @model.
```

Причём перечни имён цепей должны быть приведены в том же поряд-

ке, в котором они приводятся в описании модели цифрового устройства на языке Digital SimCode (из этого следует необходимость для зашифрованной модели предоставлять ещё и шаблон). Для упрощения формирования шаблона можно сделать предварительное сопоставление вида: <вывод УГО>-<порт модели Mixed Sim>-<вывод модели Digital SimCode>.

### Модель Mixed Sim (параметры модели)

Файл описания модели-прототипа цифрового устройства Altium Mixed Sim должен содержать одну строку вида:

- .model <имя прототипа> xsimcode(file=<имя файла> func=<имя прототипа> [data=<имя файла данных>] [mntpmx]);
- <имя файла> – полное имя файла, содержащего описание прототипа устройства на Digital SimCode;
- <имя прототипа> – наименование функции-прототипа описания устройства Digital SimCode;
- <имя файла данных> – полное имя файла данных, содержащего исходные данные, обрабатываемые моделью;
- [mntpmx] – указание передачи следующих параметров внутрь модели:
  - Propagation – задержка распространения в устройстве;
  - Loading – входная нагрузочная характеристика;
  - Drive – выходная нагрузочная характеристика;
  - Current – ток потребления устройства.

Установка значений MIN или MAX для параметров Propagation, Loading, Drive, Current указывает на минимальное и максимальное значения компонента. По умолчанию используется типичное значение.

PWR value – напряжение питания положительной полярности. Определение параметра перегружает определение зарезервированной переменной в модели-прототипе. Если данный параметр определён, то совместно с ним должен быть определён параметр GND value.

GND value – напряжение питания отрицательной полярности. Определение параметра перегружает определение зарезервированной переменной в модели-прототипе. Если данный параметр определён, то совместно с ним должен быть определён параметр PWR value.

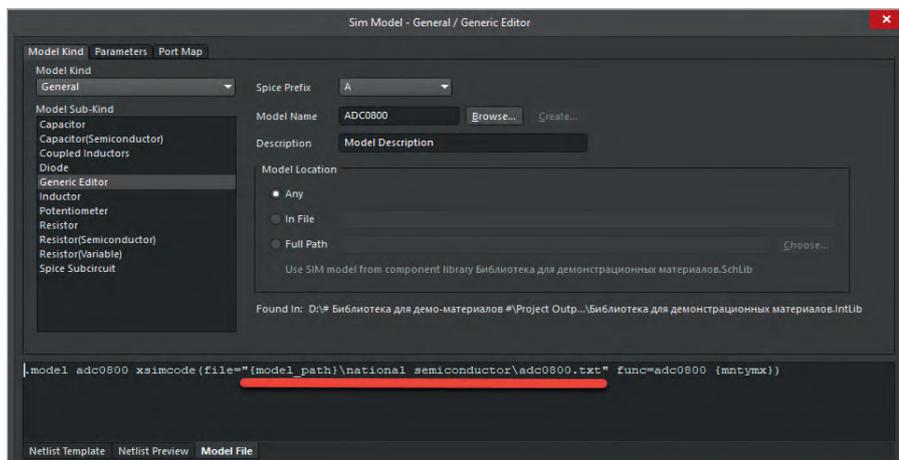


Рис. 1. Определение местоположения файла модели-прототипа Digital SimCode

```

14 //-----
15 INPUTS VSS, VDD, VGG, VRP, VRM, VIN, CLK, SC, OE;
16 OUTPUTS VSS_LD, CLK_LD, SC_LD, OE_LD, D0, D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, OC;
17 INTEGERS internal_reg, clk_count, oc_bit, ck_vgg;
18 REALS tt_val, tp_val, rin_val, vin_val, ridd_val, tmp_val;
19
20 PWR_GND_PINS(VSS,VDD); //set pwr_param and gnd_param values
21 SUPPLY_MIN_MAX(4.75,10.25); //check for min supply=4.75 and max supply=10.25
22 VOL_VOH_MIN(0,0,0.1); //set min vol_param=gnd_param+0, max voh_param=pwr_param-0
23 VIL_VIH_PERCENT(33,66); //PMOS vil=33% of supply, vih=66% of supply
24 IO_PAIRS(CLK:CLK_LD, SC:SC_LD, OE:OE_LD);
25
26 IF (init_sim) THEN
27 BEGIN
28 //MESSAGE("time\tVin\treg\tD7\tD6\tD5\tD4\tD3\tD2\tD1\tD0\tSC\tOC");
29 //Note: ttL and tth values are the same
30 tt_val = (MIN_TYP_MAX(tt_param : NULL , 60n, 120n));
31
32 //Note: tplh and tphl values are the same
33 tp_val = (MIN_TYP_MAX(tp_param : NULL , 200n, NULL));
    
```

Рис. 2. Код модели в текстовом редакторе

```

.model adc0800 xsimcode(file="[model_path]\national_semiconductor\adc0800.txt" func=adc0800 {mntpmx})
    
```

Рис. 3. Файл mdl с описанием модели-прототипа Mixed Sim

SCH name	SCH desc	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W									
1	D4	1																												
2	D5	2	INPUTS	VSS	VDD	VGG	VRP	VRM	VIN	CLK	SC	OE																		
3	D6	3			%10	%10	%8	%15	%5	%12	%11	%6	%7	%10	%18	%9	%25	%5	%12	%11	%6	%7								
4	D7	4																												
5	D0	5																												
6	VRM	6																												
7	SC	7	OUTPUTS	VSS	CLK	SC	OE	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	OC														
8	OE	8			%10	%11	%6	%7	%13	%14	%16	%17	%1	%2	%3	%4	%9	%10	%11	%6	%7	%13	%14	%16	%17	%1	%2	%3	%4	%9
9	VGG	9																												
10	OC	10																												
11	VSS	11																												
12	CLK	12																												
13	VIN	13																												
14	D0	14																												
15	D1	15																												
16	VRP	16																												
17	D2	17																												
18	D3	18																												
19	VDD	19																												

Рис. 4. Перенос перечня входных и выходных выводов в таблицу

VIL value – входное напряжение, интерпретируемое как сигнал низкого уровня.

VIN value – входное напряжение, интерпретируемое как сигнал высокого уровня.

VOL value – выходное напряжение, эквивалентное сигналу низкого уровня.

VOH value – выходное напряжение, эквивалентное сигналу высокого уровня. Определение параметров VIL value, VIN value, VOL value, VOH value перегружает определение зарезервированной переменной в модели-прототипе.

WARN – установка значения ON является флагом для ошибок: времени установки сигнала и удержания, ширины импульса, нарушения минимально-максимальных частот и напряжения питания. Сообщение об ошибке появляется в течение всей имитации после возникновения нарушения.

### Особенности разработки модели Digital SimCode

При разработке модели Digital SimCode следует учитывать следующее:

- описание функции-прототипа устройства на Digital SimCode не должно содержать кириллических символов;
- <имя файла> должно быть обрамлено двойными кавычками;
- <имя файла> не должно содержать кириллических символов;
- расширение <имени файла> должно быть .txt или .scb;
- <имя файла данных> должно быть обрамлено двойными кавычками;
- <имя файла данных> не должно содержать кириллических символов;
- расширение <имени файла данных> должно быть .dat;
- <имя файла> и <имя файла данных> могут содержать специальный префикс {MODEL\_PATH};
- признак {mntpmx} указывается в описании модели для Mixed Sim при необходимости передать специальные параметры модели.

Специальные параметры модели имеют соответствия в перечне параметров симулятора (задаются в разделе Advanced диалога Analyses Setup). В результате приоритет определений выставляется от структурно располагающихся наиболее близко к коду модели. Самый низкий приоритет у специальных переменных в модели-прототипе Digital SimCode, затем приоритет за значениями параметров симулятора, для передачи значений параметров симулятора должен быть указан флаг {mntpmx}, самый высокий уровень приоритета имеют определения специальных параметров модели Mixed Sim, должен быть указан флаг {mntpmx}.

### Приём реализации назначения модели

Назначение модели Digital SimCode является само по себе не очень сложным, но в процессе можно быстро запутаться, так как приходится согласовывать выводы УГО, контейнерной модели-прототипа xsimcode для Mixed Sim и выводы модели-прототипа Digital SimCode. Для этого используются данные шаблона экземпляра модели и информация на закладке Port Map.

Однако процедуру можно значительно упростить, используя простой приём назначения. Нужно привести обозначения выводов УГО в соответствие номерам выводов модели Mixed Sim. Таким образом, на этапе сопоставления на закладке Port Mapping диалога Sim Model получился результат вида «первый к первому, второй ко второму» и т.д.

При этом следует учитывать, что выводы модели Mixed Sim появятся только после того, как будут указаны в шаблоне экземпляра. Поэтому предварительной целью для операции назначения портов является разработка шаблона.

Разработать шаблон экземпляра можно либо на основании исходного описания модели Digital SimCode, либо на основании сведений о порядке перечисления и назначении портов в этой модели в разделах Inputs и Outputs. Удобно разрабатывать шаблон уже после разработки mdl-файла, содержащего описание модели-прототипа Mixed Sim. Отсюда можно вывести следующий порядок действий: найти файл модели-прототипа Digital SimCode; выписать из него перечень входных и выходных сигналов, пар выводов «вход-выход» и пары выводов питания; разработать описание модели-прототипа для Mixed Sim; разработать шаблон экземпляра; выполнить назначение портов модели-прототипа Mixed Sim и выводов УГО; проверить результат.

### Практический пример 1 (назначение модели)

Рассмотрим приём назначения модели на основе модели микросхемы АЦП ADC0800. Предварительно имеем разработанное УГО элемента. Рассмотрим набор шагов для настройки назначения модели Digital SimCode элементу.

В качестве первого шага следует определиться с местоположением файла модели-прототипа Digital SimCode и именем файла. Удобно будет скопировать его в пустой каталог поближе к корневому каталогу – это позволит использовать более короткие пути в определениях модели-контейнера (см. рис. 1). Затем открыть файл модели в текстовом редакторе (см. рис. 2). Создать mdl-файл с описанием модели-прототипа Mixed Sim. Следует указать путь к файлу и его имя, а также название модели, описывающей АЦП (см. рис. 3). Перенести перечень входных и выходных выводов в электронную таблицу (см. рис. 4). Перенести в ту же электронную таблицу перечень парных соответствий входных и выходных выводов (см. рис. 5). Выполнить сопоставление. Перечень входных и выходных выводов модели Mixed Sim должен быть дан в том же порядке, в котором перечислены входные и выходные порты модели Digital SimCode (см. рис. 6). Сформировать шаблон экземпляра модели Mixed Sim (см. рис. 7). Проверить

Рис. 5. Перенос перечня парных соответствий входных и выходных выводов в таблицу

Рис. 6. Сопоставление входных и выходных выводов модели Mixed Sim с входными и выходными портами модели Digital SimCode

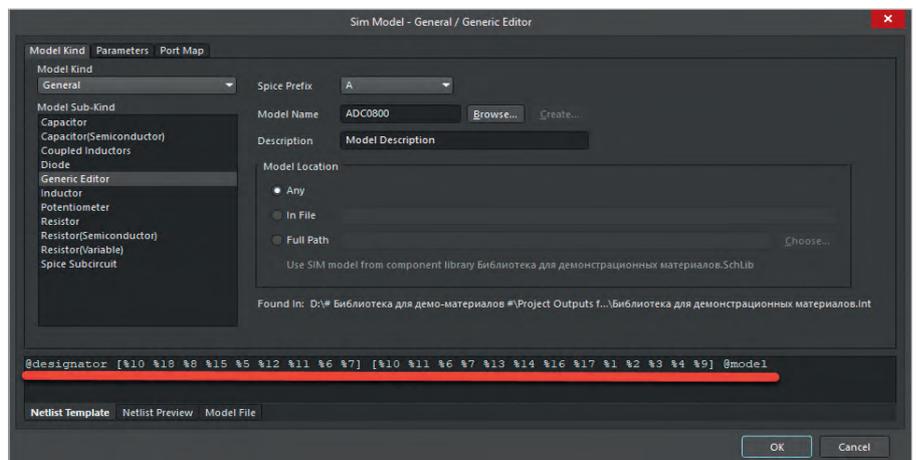


Рис. 7. Формирование шаблона экземпляра модели Mixed Sim

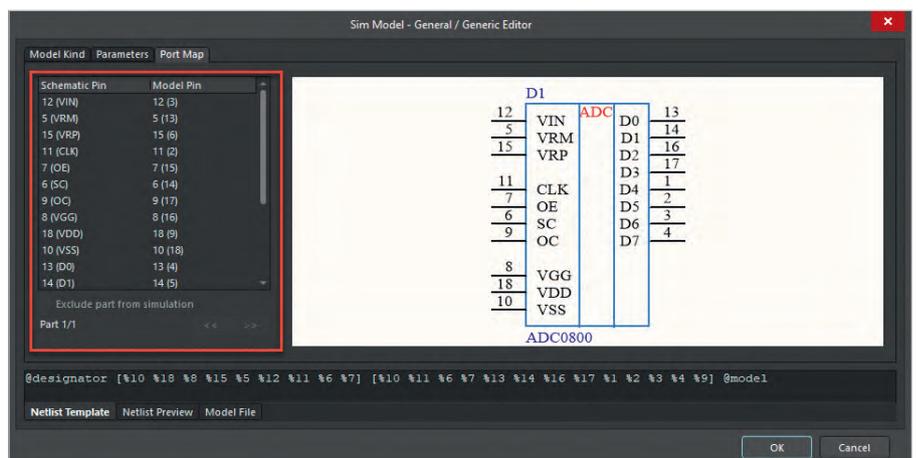


Рис. 8. Проверка информации на закладке Port Map диалога Sim Model

информацию на закладке Port Map диалога Sim Model и откорректировать при необходимости (см. рис. 8). В качестве последнего шага следует проверить корректность назначения mdl-файла на закладке Model File диалога Sim Model (см. рис. 9). Описание

модели должно состоять из следующих условных разделов:

- идентификация функции устройства;
- объявление данных;
- инициализация модели;
- определение нагрузочных характеристик;

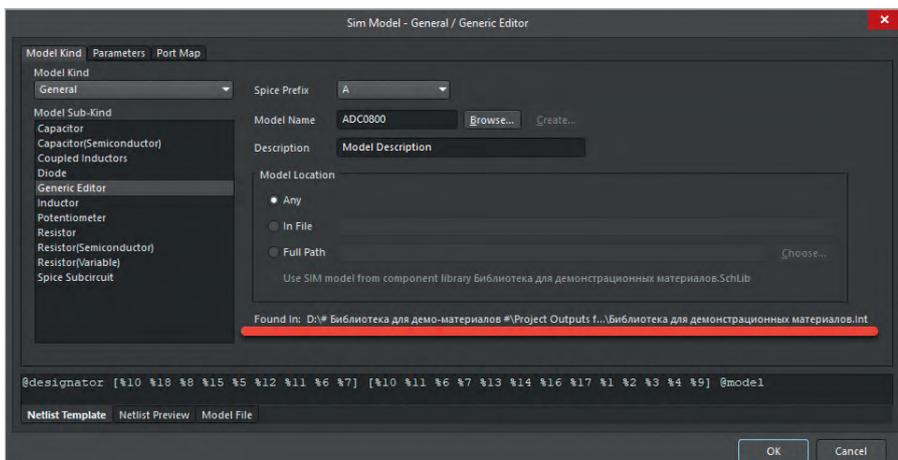


Рис. 9. Проверка корректности назначения файла mdl на закладке Model File диалога Sim Model

**Листинг 1**

```
# MyDevice source
...
...
EXIT
```

**Листинг 2**

```
IF (init_sim) THEN
BEGIN
...
...
EXIT;
END;
```

- функциональность;
- проверка нарушений;
- определение задержек выходных сигналов и сообщений событий.

**Идентификация функции устройства**

Идентификацию устройства следует выполнять с помощью следующей конструкции языка: # <имя модели> source, где <имя модели> – имя имитирующей функции, используемой для указания блока определения модели. Блок определения модели должен заканчиваться высказыванием EXIT. Таким образом, SimCode модель конкретного устройства будет иметь вид листинга 1. Остальные операторы (высказывания) языка, описывающие модель, должны располагаться внутри приведённого описания.

**Объявление данных**

Digital SimCode описывает данные со входов и выходов устройства, а также внутренние переменные. Взаимодействие модели с окружением производится через входные и выходные порты и порты питания. Каждый порт должен быть перечислен как вход и/или выход, а порты, выполняющие функции ввода и вывода информации в модель одновременно, должны присутствовать в

обоих перечислениях. Для описания входов и выходов служат операторы:

- INPUTS – с именами входящих портов;
- OUTPUTS – с именами выходящих портов.

Описание портов следует выполнять через запятую. Указание портов питания (один порт положительной полярности питания, другой – отрицательной) можно перечислить в INPUTS, а в OUTPUTS – с добавлением \_LD к имени. Порты питания должны принимать значение входного уровня (напряжения или тока) и оказывать влияние на соединённые цепи. Кроме того, нужно указывать порты питания с помощью оператора PWR\_GND\_PINS. Благодаря этому имитатор сможет вычислять входные уровни для входных портов и выходные уровни для выходных портов (если не выполнено явное или полное их описание, что обеспечивает зависимость от напряжения питания).

Аналогично двунаправленные порты или порты, оказывающие влияние на входные цепи, требуется добавлять с помощью оператора IO\_PAIRS. Объявление вспомогательных переменных следует выполнять с помощью операторов INTEGERS (для целочисленных данных) и REALS (для действительных данных). Существуют переменные, зарезервированные в модели в системных целях. Значения таких переменных не допускается изменять явным способом (при помощи операций присвоения).

**Инициализация модели**

Инициализация модели строится при помощи оператора ветвления (см. листинг 2). Внутри данной конструкции следует указать операторы инициализации. Условный оператор должен содержать зарезервированную целочисленную переменную init\_sim, которая равна 1 при первоначальном вызове кода

модели и равна 0 при последующих обращениях имитатора к модели. Завершение инициализации должно содержать оператор EXIT, выполняющий завершение работы модели после инициализации. Дальнейшее обращение имитатора к модели не будет приводить к выполнению блока операторов инициализации.

**Определение нагрузочных характеристик**

Определение нагрузочных характеристик следует выполнять с помощью оператора DRIVE <выход1> [<выход2> ...] = (v0=<значение> v1=<значение> ttlh=<значение> tthl=<значение>) для указания выходной характеристики (питающей способности) выходных портов; оператора LOAD <вход> [<вход> ...] = (v0=<значение> r0=<значение> [v1=<значение> r1=<значение>] [io=<значение>] t=<значение>) для указания нагрузочной характеристики входных портов.

Указание параметров питающей способности и нагрузочной характеристики с помощью DRIVE и LOAD позволяет очень детально и аккуратно описывать взаимодействие модели с окружением и добиваться высокой реалистичности и точности расчёта.

**Функциональность**

Описание функциональности цифрового устройства Digital SimCode выполняется с использованием операторов ветвления, циклов, таблиц истинности и других привычных методов, как и в других HDL-языках. Также можно выполнять безусловные переходы к определённым меткам, что позволяет применять подпрограммы.

Используются и операторы подключения к внешнему (по отношению к модели) файлу данных при помощи оператора READ\_DATA. Например, таким образом реализуется цифровой автомат с выбором состояния из внешнего файла и подобные устройства.

**Проверка нарушений**

В Digital SimCode существует возможность формировать утверждения, отлаживающие модели, а также выполнять вывод сообщений в панель Messages.

Примерами операторов проверки нарушений являются:

1. FREQUENCY – проверяет входные порты на нарушение минимальной и максимальной частот;
2. CHANGED\_XX – для проверки изменения порта, сравнивает текущее со-

стояние вывода с состоянием при предыдущем вызове модели;

3. RECOVER – тестирует порты на нарушения времени восстановления;
4. SETUP\_HOLD – тестирует порты на нарушения времени установки/удержания;
5. SUPPLY\_MIN\_MAX – проверяет разницу напряжений на входах питания;
6. WIDTH – сравнивает ширины импульсов для входных портов с указанным временем.

### Определение задержек выходных сигналов и сообщений событий

Эффекты запаздывания и распространения выходного сигнала можно имитировать с помощью оператора: `DELAY <выход1> [<выход2>...] = <задержка>`.

Вместо <длительность> можно использовать несколько связанных операторов CASE, тогда выражение будет иметь вид:

```
DELAY <выход> [<выход> ...] =
CASE (<условное выражение>) :
<задержка>
CASE (<условное выражение>) :
<задержка>
[CASE (<условное выражение>) :
<задержка> ...]
END;
```

Оператор DELAY может иметь два вида синтаксиса и формировать события при помощи оператора EVENT. Если производится отладка модели или модель разрабатывается с внедрением контроля исполнения, то для формирования сообщений используется оператор PROMPT.

### Листинг 3

```
//=====Идентификация функции устройства=====
# adc0800 source
//=====Объявление данных=====
INPUTS VSS, VDD, VGG, VRP, VRM, VIN, CLK, SC, OE; // объявление входных портов модели - принимающих сигналы
OUTPUTS VSS_LD, CLK_LD, SC_LD, OE_LD, D0, D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, OC; //объявление выходных портов модели - формирующих сигналы
INTEGERS internal_reg, clk_count, oc_bit, ck_vgg; // объявление внутренних целочисленных переменных
REALS tt_val, tp_val, rin_val, vin_val, ridd_val, tmp_val; // объявление внутренних действительных переменных
//==Смешанное объявление данных и определение контроля нарушений==
PWR_GND_PINS (VSS,VDD); // установка значений параметров pwr_param и gnd_param
SUPPLY_MIN_MAX (4.75,10.25); // контроль минимального напряжения питания =4.75 и максимального напряжения питания =10.25
VOL_VOH_MIN (0,0,0.1); //установка минимума напряжения для выходных портов vol_param=gnd_param+0, максимума напряжения для выходных портов voh_param=pwr_param-0
VIL_VIH_PERCENT (33,66); // определение значений параметров vil=33% от размаха питания, vih=66% от размаха питания для Р-структуры МДП
IO_PAIRS (CLK:CLK_LD, SC:SC_LD, OE:OE_LD); // определение портов CLK, SC, OE в качестве входов-выходов
//=====Инициализация=====
IF (init_sim) THEN
BEGIN
//MESSAGE ("time\tvin\treg\tD7\tD6\tD5\tD4\tD3\tD2\tD1\tD0\tSC\tOC");
// Приведены параметры сопротивления (системные параметры для модели)
//Примечание: значения ttlh и thl одинаковы
tt_val = (MIN_TYP_MAX(tt_param: NULL, 60n, 120n));
//Примечание: значения tplh и tphl одинаковы
tp_val = (MIN_TYP_MAX(tp_param: NULL, 200n, NULL));
//Параметры выходных портов для низкого уровня напряжения IOЛ max=2 мА @ vol=0.4 В => rol_param=(0.4-vol_param)/2 мА
rol_param = (MIN_TYP_MAX(drv_param: NULL, 100, NULL));
//Параметры выходных портов для высокого уровня напряжения IOH max=-200 мкА @ voh=4.5 В => roh_param=(voh_param-4.5)/200 мкА
roh_param = (MIN_TYP_MAX(drv_param: NULL, 500, NULL));
//Утечка входа @ 25 °C: IIN=1 мкА @ VDD=5 В => rin= (5/1 мкА);
rin_val = (MIN_TYP_MAX(ld_param: NULL, 5E6, NULL));
```

При этом останавливается программный поток модели. Действие оператора MESSAGE подобно оператору PROMPT за исключением того, что не происходит остановки программного потока.

### Практический пример 2 (разбор модели ADC0800)

В качестве примера условного описания структуры модели Digital SimCode рассмотрим листинг 3 модели микро-

схемы АЦП National Instruments ADC0800.

### Литература

1. Вебинар «Разработка моделей цифровых элементов Digital SimCode для Altium Mixed Sim». URL: <https://www.youtube.com/watch?v=PNC9QIWlJPw>.
2. Руководство по Digital SimCode. URL: <https://ru.resources.altium.com/russian-guide-books/руководство-digital-simcode>. 

## НОВОСТИ МИРА

### ШВЕЙЦАРСКИЙ СТАРТАП СОБИРАЕТ СРЕДСТВА НА РАЗРАБОТКУ ПРОЦЕССОРА EDGE AI

Synthara AG (Цуг, Швейцария), стартап 2017 года, работающий над чипами машинного обучения, привлекла начальное финансирование. Размер финансирования не разглашается, но известно, что в стартап вложились Grunderfonds. Компания Synthara AG создана Ману Наиром, Алессандро Аймаром и Юлией-Александрой Лунгу, которые ранее трудились в Институте нейротехнологий UZH-ETH (INI) в Цюрихе.

Компания разрабатывает двухъядерный RISC-V ASIC с интегрированным ускорителем AdaptiveStorm для использования в системах ИИ. Чип называется AdaptiveStorm. В сторожевом режиме потребляемая мощность AdaptiveStorm будет составлять менее 1 мВт и менее микроватта в некоторых случаях использования, а при работе – до 10 Вт.

Adaptiva предназначен для поддержки сверточных нейронных сетей, таких как resNet, VGG и MobileNet, а также многослойных рекуррентных нейронных сетей. Чип будет разработан для поддержки слияния и интерпретации данных от датчиков со стандартными аудио- и видеointерфейсами, включая MIPI, I<sup>2</sup>C, SPI и прямые интерфейсы к необработанным данным датчиков, таким как микрофоны, аудиосистемы и акселерометры.

Первый набор продуктов Synthara должен появиться в 2022 году. В настоящее время Synthara готовит библиотеки компиляторов, которые оптимизируются для повышения энергоэффективности. Для обучения нейронных сетей разработчики смогут использовать популярные библиотеки ИИ, такие как PyTorch или Tensorflow. Эти сети будут портированы

на Adaptiva посредством компиляторов, которые также распределяют рабочую нагрузку для обеспечения максимальной энергоэффективности. Прямая запись в Adaptiva алгоритмов машинного обучения может быть выполнена сотрудниками Synthara.

Алессандро Аймар, технический директор компании Synthara, утверждает, что чипы с учётом новых алгоритмов обеспечат в 500 раз лучшую производительность для следующего поколения интеллектуальных сенсорных приложений, использующих инерциальные измерительные блоки, датчики звука и изображения. Примечательно, что Synthara нацелена на применение в носимых устройствах, IoT и интеллектуальном мониторинге, в том числе и медицинском оборудовании.

[www.synthara.ai](http://www.synthara.ai)

# Цифровое моделирование цифровых и цифро-аналоговых узлов в системе Delta Design Simtera

Никита Малышев (malyshev.n@eremex.ru)

При проектировании радиоэлектронных устройств разработчикам электроники нередко приходится решать задачи по моделированию их аналоговых, цифровых, цифро-аналоговых частей. И если при решении вопросов аналогового моделирования инженеры привыкли к использованию SPICE-симуляторов, то при моделировании цифровых и цифро-аналоговых частей не всё так однозначно. Компания ЭРЕМЕКС даёт возможность инженерам-проектировщикам повысить качество и скорость разработки с помощью системы Delta Design Simtera, основанной на принципах HDL-моделирования.

HDL-языки, или языки описания аппаратуры, широко используются с конца XX века для цифрового моделирования, а также известны как языки, описывающие логику конфигурации программируемых логических интегральных схем. Преимущество языков описания аппаратуры заключается в их модульности, то есть в разбиении сложных проектов на более простые с последующим их объединением в единый проект. Модульность также позволяет быстро выявить и исправить обнаруженные ошибки. Используя все эти преимущества, инженер-проектировщик может не только верифицировать цифровую часть устройства, но и создать прототип цифрового устройства для реализации его в ПЛИС с последующей проверкой его работоспособности и функциональности.

Возможности инженера по моделированию и верификации цифровых частей электроники значительно увеличиваются

при использовании модуля Delta Design Simtera. Помимо цифрового моделирования с использованием HDL-языков, у него появляется возможность прототипирования изделия в режиме реального времени. При этом разработчику необходимо лишь один раз создать библиотеку компонентов с цифровыми моделями или же воспользоваться готовой.

Гораздо удобнее, когда в системе проектирования уже заложены инструменты, способные решить данные задачи без дополнительных операций экспорта/импорта изделия в сторонние системы. При этом необходимо понимать, что при переносе проектов данные могут быть потеряны, некорректно загружены или интерпретированы, или же могут отсутствовать модели для проведения верификации. Всех этих недостатков лишена система, изначально имеющая возможности цифрового и аналогового моделирования. Если говорить о цифро-

вом моделировании, то именно модуль Delta Design Simtera решает вопросы по моделированию и верификации цифровой части изделий в САПР проектирования Delta Design. Для моделирования разработчику необходимо лишь однажды позаботиться о наполнении цифровой модели компонентов при создании библиотеки. То есть совместно с созданием УГО (условно-графического обозначения) и посадочного места стоит добавить цифровую модель компонента и не беспокоиться о дальнейшем наполнении библиотеки. Введённой информации будет достаточно для проектирования изделий с возможностью их цифрового моделирования и получения документации для производства печатных плат.

Рассмотрим работу системы на примере создания JK-триггера [1], состоящего из логических элементов. Промоделируем работу устройства, а также создадим его прототип на ПЛИС, работающий в режиме реального времени. В примере не будем учитывать и создавать посадочные места для логических элементов, так как данная статья ставит целью описание работы именно цифрового моделирования. Создание же посадочных мест компонента требует отдельного рассмотрения [2].

Описание цифровой модели компонента возможно с помощью языков описания аппаратуры, таких как Verilog и VHDL. В библиотеке уже предусмотрено

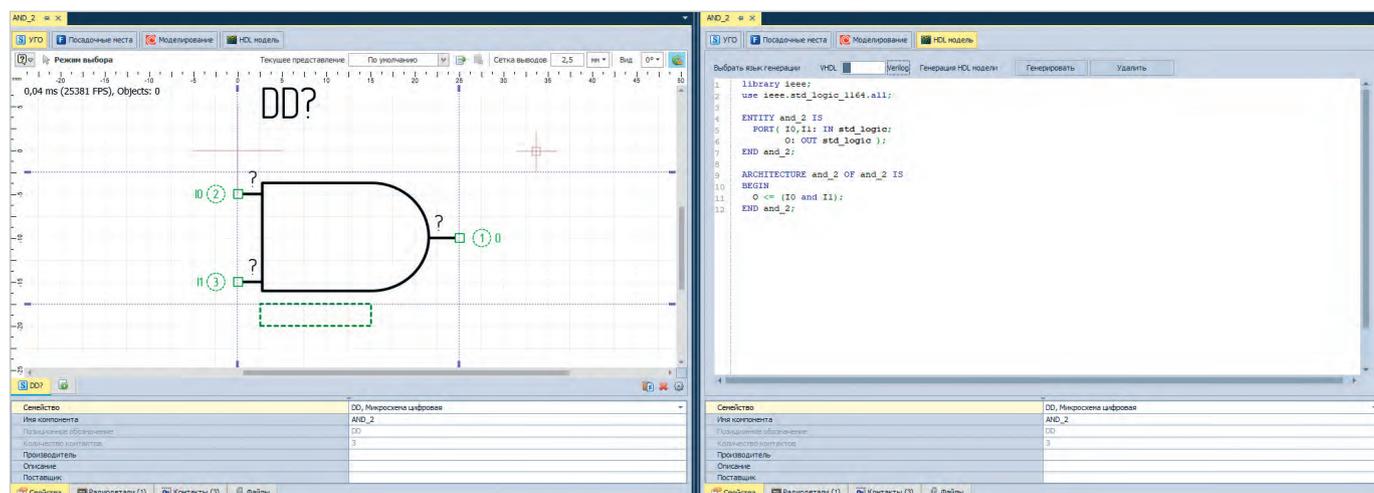


Рис. 1. Создание цифровой модели компонента по условно-графическому обозначению и описание его функциональной части

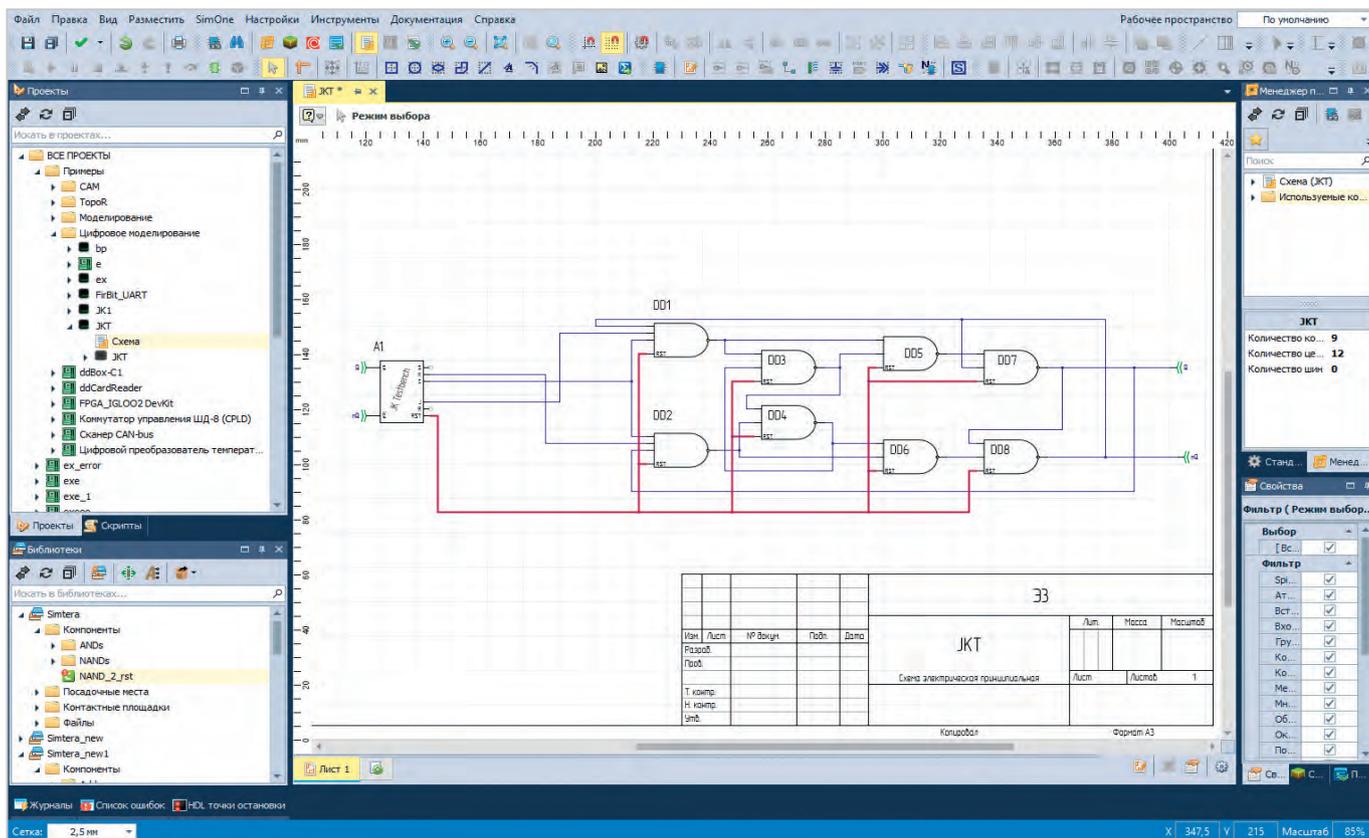


Рис. 2. Проект, созданный в схемотехническом редакторе

автоматическое создание шаблона цифрового компонента по пинам условно-графического обозначения. Разработчику достаточно лишь задать логику работы изделия. Сделать это довольно просто. Например, для компонента логического «2И» необходимо выходному порту поставить в соответствие выражение «Выход = ВХОД1 AND ВХОД2», где AND – операция конъюнкции (см. рис. 1).

В системе также предусмотрены готовые библиотеки цифрового моделирования для большого числа часто используемых компонентов, таких как логика, RAM-, ROM-память, сумматоры, счётчики, мультиплексоры, демultipлексоры и пр. Готовые модели можно использовать при создании собственных компонентов, руководствуясь описанием работы цифровой части из предоставляемых пользователям библиотек.

После создания компонентов «2И-НЕ» и «3И-НЕ» можно перейти к работе над принципиальной схемой. Проектирование схемы происходит в схемотехническом редакторе, знакомом и понятном всем инженерам-схемотехникам. После создания электрической схемы моделирование происходит в два этапа, которые выполняются нажатием двух кнопок: «Генерировать HDL-нетлист» и «Запустить моделирование» в графической части системы моделирования. При нажатии

первой кнопки происходит создание netlist (списка соединений) цифрового описания в соответствии со схемой. При нажатии второй кнопки запускается непосредственно моделирование.

На рисунках 2–3 представлены соответственно схема в графическом виде и полученный из неё netlist на языке описания аппаратуры, полученный благодаря наличию у каждого из компонентов цифровой модели.

На рисунке 4 показаны осциллограммы, полученные в результате моделирования цифровой части изделия. Генерация HDL-проекта (netlist цифрового проекта) представляется в явном виде в системе неслучайно. HDL-проект можно далее использовать в качестве проекта по прототипированию изделия в режиме реального времени. HDL-проект описывает работу изделия, и для того, чтобы перейти к прототипированию разрабатываемого узла, можно воспользоваться программируемой логической интегральной схемой. ПЛИС – интегральная микросхема, задать желаемую структуру работы которой можно воспользовавшись языками HDL. Именно они и используются в системе цифрового моделирования Delta Design Simtera. Для работы с ПЛИС в системе предусмотрен синтезатор – инструмент, позволяющий переводить

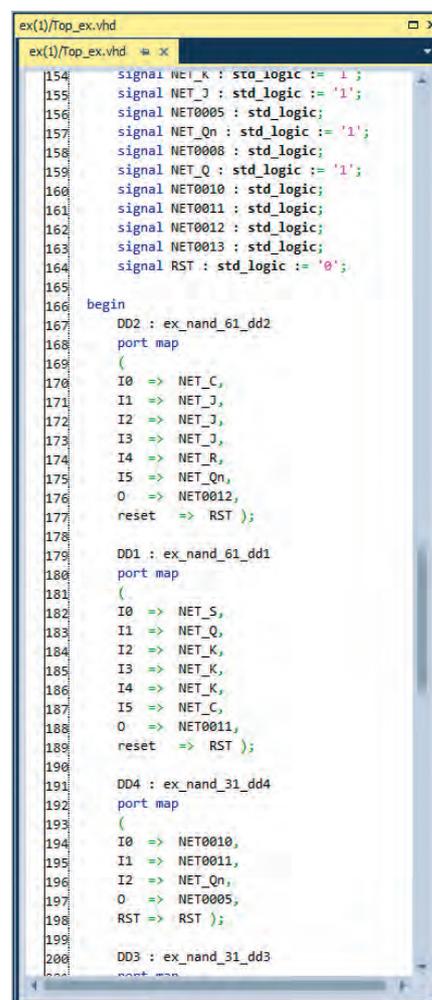


Рис. 3. Сгенерированный по схеме HDL-проект

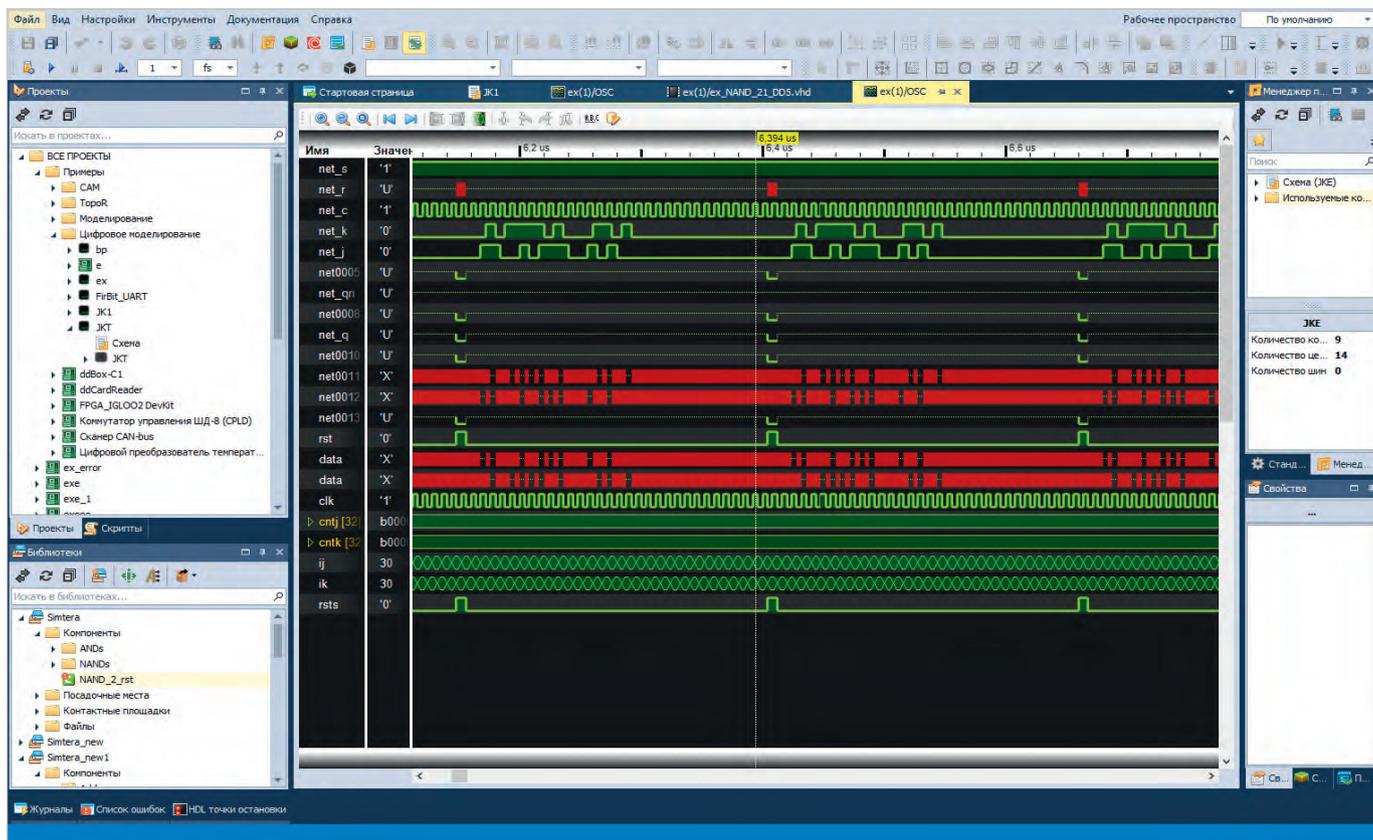


Рис. 4. Результаты моделирования проекта

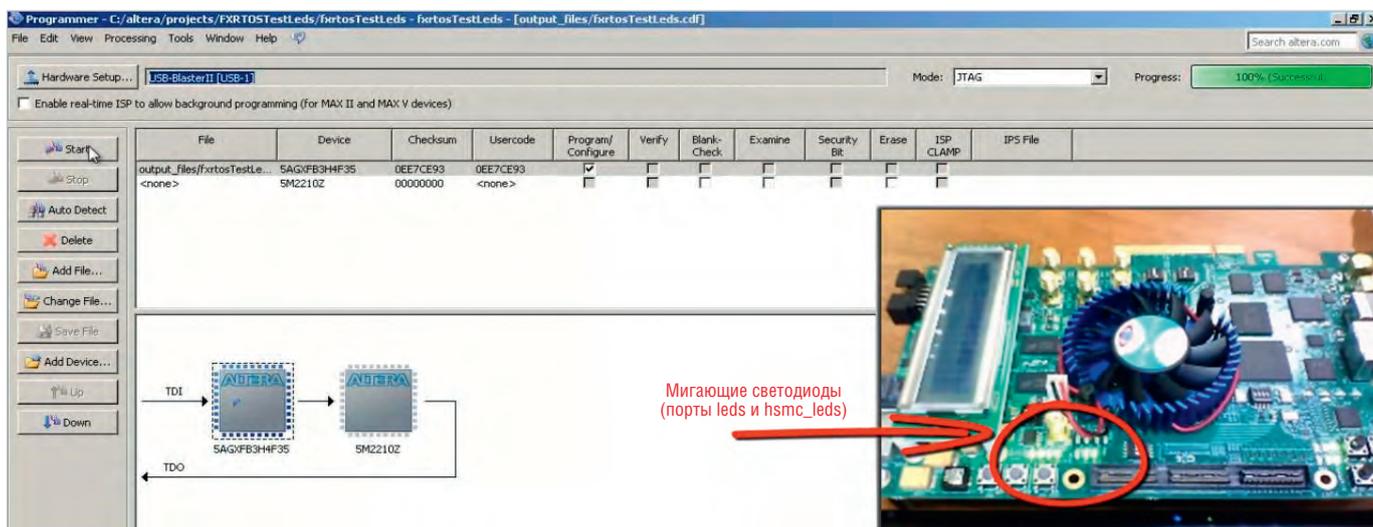


Рис. 5. Создание прототипа цифровой части изделия, реализованного в ПЛИС

исходный HDL-код в базис библиотечных элементов выбранной интегральной схемы. Поддерживаются ПЛИС от Intel, Xilinx, что позволяет подготовить разрабатываемый цифровой модуль для прототипирования в чипах указанных вендоров и убедиться в правильности работы изделия. На рисунке 5 представлен результат конфигурирования логики в ПЛИС Intel (отладочная плата Arria V Starter Kit), в котором отладочные данные выведены на светодиоды, по которым можно судить о правильности работы изделия при

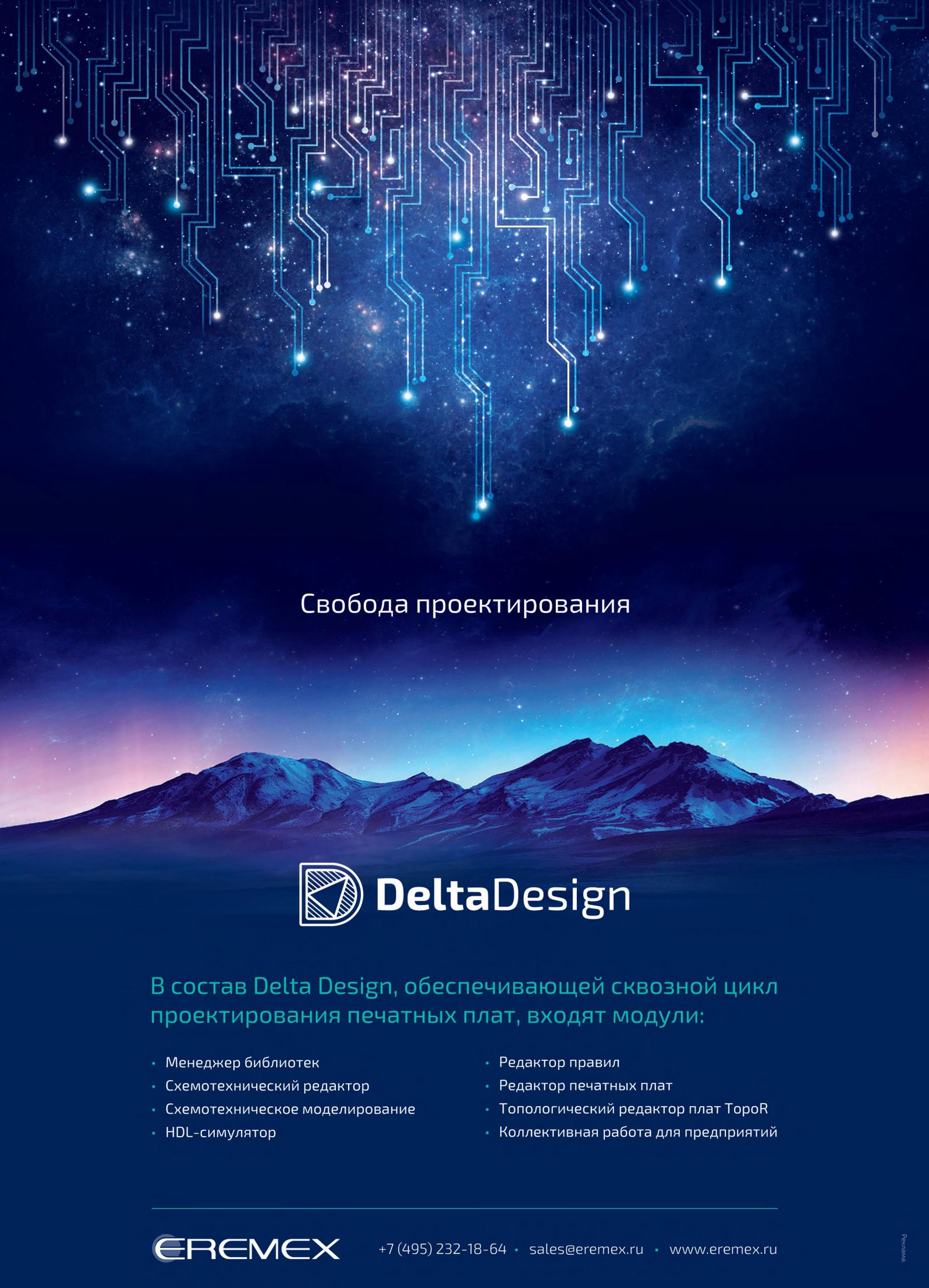
внешних управляющих воздействиях (нажатиях на кнопки).

Закончив проект цифрового моделирования, разработчик может не только верифицировать работу цифровой части устройства путём отладки и просмотра данных на ПК, но и создать прототип изделия, сконфигурировав ПЛИС, а также проверить его работу в режиме реального времени. Такие решения доступны благодаря тому, что Delta Design Simtera поддерживает использование HDL-языков. На HDL-языках также возможно описание работы циф-

ро-аналоговых узлов, их описание производится на AMS (Analog Mixed Signal) расширениях VHDL и Verilog. В следующих статьях мы расскажем о том, как использовать Verilog-AMS для моделирования цифро-аналоговых частей устройств в Delta Design Simtera.

### Литература

1. JK-триггер. [https://digteh.ru/digital/JK\\_trigg.php](https://digteh.ru/digital/JK_trigg.php).
2. Видеоуроки и демонстрации работы. <https://www.youtube.com/c/EremexDD/videos>.



## Свобода проектирования



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

# «Завод Магнетон»: 120 лет пути к успеху

ОАО «Завод Магнетон» – одно из старейших предприятий российской электронной промышленности. Он ведёт свою историю с 1901 года от основанного в Санкт-Петербурге завода гальванических элементов, состоявшего из мастерской, в которой работало вначале 12 человек, и некоего подсобия технического бюро. Этот очерк посвящён истории и сегодняшнему дню предприятия.

Бурное развитие электрической проводной связи, начавшееся в мире с середины 19-го века, дополнилось в начале 20 века стремительным развитием и распространением радиосвязи. И тот, и другой вид связи в то время не могли существовать без источников электропитания, каковыми долгое время являлись различные гальванические батареи. В Санкт-Петербурге уже работал с 1897 года завод по производству сухих гальванических элементов датской фирмы «Геллезен, Энке, Людвигсен и К°». Были и другие полукустарные мастерские, изготавливавшие гальванические элементы различного назначения.

Однако новый завод успешно развивался, модернизировал свою продукцию и достаточно быстро приобрёл известность в Российской империи, что обеспечило заказы со всех концов страны. В 1909 году завод участвовал во Всероссийской выставке новейших изобретений, проводимой Министерством финансов Российской империи, и был награждён серебряной медалью. В 1909 году за свои научные достижения и продукцию завод был удостоен высшей награды Grand Prix и большой золотой медали на международной выставке в Марселе (Франция).

В годы первой мировой войны завод произвёл сотни тысяч гальванических элементов разного рода для военно-полевых телефонов, коммутаторов, радиостанций, переносных фонарей и минных взрывателей. И после революции, в гражданскую войну он обеспечивал источниками питания военную связь в РККА (см. рис. 1).

По решению ВСНХ, 21 июля 1919 года завод гальванических элементов был национализирован и включён в секцию «Л. М. Эрикссон» Объединённых государственных предприятий слабого тока. Несмотря на трудности в обеспечении сырьём, материалами и комплектующими, завод выполнял все заказы военного ведомства.

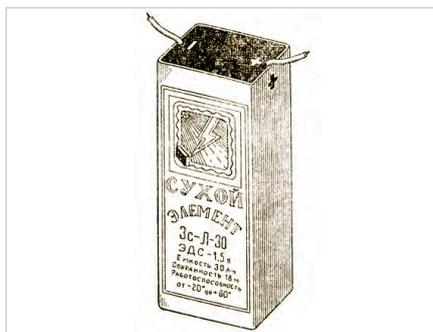


Рис. 1. Сухой гальванический элемент

В 1924 году завод получил название Государственный завод гальванических элементов «Электрическая Энергия», и в его состав был включён коллектив бывшего завода датского филиала «Геллезен» (см. рис. 2).

Поскольку Государственный завод гальванических элементов «Электрическая Энергия» всё больше и больше ориентировался на оборонные заказы, в 1932 году он стал номерным, имеющим отношение непосредственно к обороне, и получил № 10.

В 1930-е годы завод неуклонно наращивал свои производственные мощности и активно осваивал производство новой продукции. Ещё в конце 20-х – начале 30-х годов завод начал перестраиваться на изготовление источников питания для радиостанций и стал одним из ведущих заводов страны по выпуску анодных батарей большой мощности. Впервые в стране здесь было освоено производство батарей галетного типа.

В годы Великой Отечественной войны в условиях блокады Ленинграда завод в несколько раз увеличил выпуск анодных батарей для питания переносных армейских КВ-радиостанций типа РБМ. В успехе



наступательных операций «Искра» в 1943 году по прорыву блокадного кольца и «Январский гром» в 1944 году по полному снятию немецкой блокады есть и немалый вклад завода № 10, обеспечивавшего источниками питания войсковую радиосвязь и радиосвязь с партизанскими отрядами. За самоотверженный труд в годы Великой Отечественной войны и, естественно, с учётом текущего вклада в укрепление обороноспособности страны в 1985 году коллектив завода был удостоен ордена Отечественной войны I степени.

После войны в СССР происходит бурное развитие радиотехники и радиоэлектроники. Завод, получив № 130, начинает выпуск карбонильных сердечников и полностью перестраивается на производство радиодеталей: непрочных сопротивлений ВС, электролитических малогабаритных конденсаторов, стеклянных изоляторов, осваивает электролитические танталовые конденсаторы.

С конца 50-х – начала 60-х годов завод становится лидером в производстве NiZn- и MnZn-ферритов и магнитодиэлектриков, затем осваивает ферриты для СВЧ-диапазона. Широкий спектр высококачественных разнообразных ферритов, на основе которых изготавливаются приборы, работающие в различных диапазонах частот, в том числе и в СВЧ-диапазоне, способные надёжно функционировать в самых тяжёлых условиях эксплуатации: на земле, на море, в воздухе, в космосе, в Арктике и в тропиках.

В 1981 году «Завод Магнетон», тогда ещё входивший в НПО «Феррит», возглавил А. И. Фирсенков (см. рис. 3). Для всего коллектива завода начался новый исклю-

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЗАВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

## ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ

Ленинград, Шафеджинский пер. 6 (п. б. бывш. Тургеевского пр. 18). Тел. № 5-86-80.

примущества и широкому производству

### РАДИО-БАТАРЕЙ

высокого напряжения

Самая дешёвая эксплуатация приемных радиостанций, идеальная чистота приема.

Для любителей радиолюбителей, мы установили для всех потребителей радио-батарей особые цены.

**Требуйте оптовый прейс-куррант.**

На заводе установлена опытно-показательная радио-станция.

Батарей в 45 вольт № 104 для анодных цепей и батарей № 106 и 108 для малых ламп испытаны во всех главных научных лабораториях и дали наилучшие результаты.

Производство гальванических элементов всех систем и типов для жёл-тор сигнализации, телеграфа, телефона и др. целей значительно расширено.

Рис. 2. 1924 год, объявление в газете



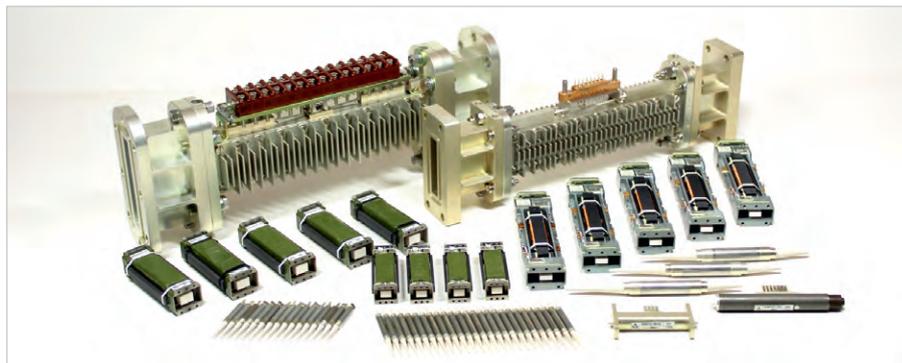
**Рис. 3. Анатолий Иванович Фирсенков, генеральный директор ОАО «Завод Магнетон» с 1981 по 2021 г, скончался 6 января 2021 г на 83-м году жизни**

чительно важный и, пожалуй, самый плодотворный этап истории. В 80-е годы «Завод Магнетон» разрабатывал и производил компонентную базу, в том числе фазовращатели и мощные развязывающие СВЧ-приборы для уникальных радарных систем, среди которых:

- гигантский радар системы ПРО Москвы «Дон-2Н»;
- первая самолётная фазированная антенная решётка (ФАР) системы управления вооружением «Заслон» для лучшего боевого самолёта страны – истребителя-перехватчика МиГ-31.

Завод участвовал в программе развития бытовой видеотехники, обеспечивая изготовление «сердца» видеоманитфона «Электроника ВМ-12» – видеоголовки. Потребителями выступали все четыре завода, производившие в СССР эти видеоманитфоны. Участвуя в программе компьютеризации страны, обеспечил разработку и изготовление магнитных головок для накопителей на гибких и жёстких дисках.

90-е годы нанесли серьёзный урон высокотехнологическому сектору российской экономики, многие предприятия, в том числе и в Санкт-Петербурге, не перенесли перемен, но «Завод Магнетон» сохранил и костяк специалистов, и ключевые уникальные технологии. Благодаря этому в начале 2000-х началось восстановление серийного производства как гражданской, так и военной продукции. В 2004 году на заводе по просьбе-заданию прославленного тульского оружейника, академика РАН Аркадия Георгиевича Шипунова в кратчайшие



**Рис. 4. Современная продукция завода – СВЧ-фазовращатели**

сроки разработали и освоили производство фазовращателей 8-миллиметрового диапазона частот для ЗРК «Панцирь С1». Без вклада «Завода Магнетон» этот комплекс так бы и не состоялся в те годы. Это был поистине прорыв: впервые была создана фазированная антенная решётка в 8-миллиметровом диапазоне.

Начиная с 2004 года, на заводе были разработаны и запущены в серийное производство ферритовые изделия и фазовращатели для радарной техники: для систем ПВО, таких как «Бук», «Тор», «С-300», «С-350», «С-400». И это массовое производство было развёрнуто на основе оборудования, оставшегося от советских времён и работавшего благодаря вложению души технологов и механиков завода.

Начиная с середины 2010-х, мощным стимулом для развития завода явилась программа импортозамещения, позволившая расширить номенклатуру выпускаемых изделий и осваивать новые технологии по созданию керамических и ферритовых материалов и изделий на их основе. Значительно расширились возможности завода по серийному производству компонентов, разработанных и освоенных по программе импортозамещения, осуществлённой под патронатом Минпромторга России. На заводе появилось новое прессовое оборудование для производства ферритов и магнитодиэлектриков, новые печи с цифровым управлением для обеспечения точно регулируемых режимов обжига ферритов, прецизионные шлифовальные станки для механической обработки ферритов и керамики.

В настоящее время завод обладает сквозным производственным циклом – от синтеза собственного сырья для производства высокооборотных материалов с продвинутыми характеристиками до выпуска широкой номенклатуры готовых функциональных изделий на их основе.

СВЧ-компоненты применяются и в миниатюрных приёмниках, и в мощных радиопередатчиках. Материалы и компоненты используются в системах мобильной связи, радарх, навигационных приёмниках систем ГЛОНАСС и GPS, а также в уникальной научно-исследовательской аппаратуре.

В 2020 году завод стал лауреатом конкурса «100 лучших товаров России» за «Катушки индуктивности высокочастотные КИВ 2520» и дипломантом конкурса за «Силовые металлопорошковые дроссели Д372», которые дополнительно были отмечены отличительным знаком «Новинка».

Дроссели и трансформаторы, производимые на основе собственных магнитных материалов, применяются в компактных высокоэффективных вторичных источниках питания мобильных радиоэлектронных систем, в том числе и в активных фазированных антенных решётках бортовых радаров самолётов и вертолётов.

В последние годы завод активно развивает инновационное производство, фактически став лидером научно-технического прогресса в направлении разработки новых СВЧ-приборов и освоения миллиметрового диапазона длин волн. Всё это позволило вывести на рынок новые марки ферритов, магнитодиэлектриков, керамики, высокотехнологичных изделий, повысило производительность труда, высвободило трудовые ресурсы, открыло на предприятии новые высокотехнологичные рабочие места.

Преобразование завода в предприятие наукоёмкого, творческого труда позволило заинтересовать и привлечь в ОАО «Завод Магнетон» молодых рабочих и специалистов.

194223, Россия, Санкт-Петербург,  
ул. Курчатова, д. 9.  
magneton@magneton.ru



# Телемеханика Александра Фёдоровича Шорина

## К 130-летию со дня рождения

Владимир Бартнев (bartvg@rambler.ru)

В статье рассказывается о научно-технических достижениях учёного и лауреата Сталинской премии Александра Фёдоровича Шорина, который известен не только как изобретатель звукового кино, но и как опередивший своё время создатель фантастических телемеханических устройств и систем на земле, воде и в воздухе.

### Предисловие

В этом году отмечается 50-летие посадки на Луну первого в мире дистанционно управляемого с Земли радио лунохода. Говоря об этом выдающемся достижении советской науки, нельзя не вспомнить о советских первопроходцах в области автоматики и телемеханики. Первым радиотехническим устройством, в котором использовалось дистанционное радиоуправление, конечно же, был радиоприёмник А. С. Попова.

7 мая (25 апреля по старому стилю) 1895 года произошло историческое событие, которое по достоинству было оценено лишь спустя несколько лет [1]. На заседании физического отделения Русского физико-химического общества (РФХО) выступил преподаватель Минного офицерского класса Александр Степанович Попов с докладом «Об отношении металлических порош-

ков к электрическим колебаниям». Во время доклада А. С. Попов демонстрировал работу устройства, предназначенного для приёма и регистрации электромагнитных волн. Это был первый в мире радиоприёмник. И не просто приёмник.

Чутко реагируя электрическим звонком на посылки электромагнитных колебаний, которые генерировались вибратором Герца, фактически прибор демонстрировал работу первой радиосистемы с автоматическим управлением. Звонком выполнял не только функцию исполнительного устройства, но и являлся элементом обратной связи – молоточком восстанавливал чувствительность когерера приёмника.

Опыты по сигнализации на расстоянии, то есть, по сути, по дистанционному управлению, проводились в начале 1895 года. К концу апреля Попов счёл возможным обнародовать результаты на заседании физического отделения РФХО. Так 7 мая 1895 года стало днём рождения радио – одного из величайших изобретений XIX века, которому в этом году исполнилось 125 лет.

Не менее важным в области телемеханики является ещё одно российское изобретение. В Интернете опубликована переписка русского профессора Н. Д. Пильчикова (1857–1908) с военным министром России [2]: «... принятые мною работы по вопросу о беспроводной электрической передаче энергии привели меня к результатам, которые я не считаю себя вправе эксплуатировать за границей, не представив их прежде всего на благоусмотрение Вашего Превосходительства. В то время как Маркони и Попов стремились достичь возможно большей

дистанции, я после довольно продолжительных теоретических и опытных изысканий остановился на той мысли, что прибор, воспринимающий действие электрических волн, должен быть непременно снабжён особым протектором, который, профильтровывая доходящие до него электрические волны, давал бы доступ к действующему механизму лишь тем волнам, в которм посланы нами. На моей публичной лекции 25 марта (1898 года) <...> мною были с помощью электронных волн, шедших сквозь стены зала, в которм стояли приборы, выполнены, между прочим, следующие опыты: зажжены огни модели маяка; вызван выстрел из небольшой пушки; взорвана мина в искусственном бассейне, устроенном в зале, причём затонула маленькая яхта; приведена в движение модель железнодорожного семафора».

Имя профессора физики Н. Д. Пильчикова в наше время известно немногим, хотя среди учёных-физиков Пильчиков занимает далеко не последнее место. Необычная судьба этого человека, странная участь его замечательных открытий и необъяснимая смерть до сих пор остаются загадкой. Продолжателями дела профессора Н. Д. Пильчикова в нашей стране стали изобретатели В. И. Бекаури и А. Ф. Шорин.

Владимир Иванович Бекаури – человек яркой и трагической судьбы [3]. 13 ноября 1920 года председатель Совнаркома В. И. Ленин сделал запрос в отдел изобретений НТО ВСНХ о поступивших изобретениях и состоянии их внедрения. Ленину было сообщено о важных изобретениях, имеющих народнохозяйственное значение, и в том числе – о радиоуправляемой мине В. И. Бекаури.

13 июля 1921 года Совет труда и обороны (СТО) ВСН заслушал доклад Бекаури. 18 июля 1921 года заместитель председателя СТО А. И. Рыков подписал Постановление № 231/276 об организации Технического бюро во главе с В. И. Бекаури для выполнения работ «по новому военному изобре-



А. Ф. Шорин (05.12.1890–21.10.1941)

*Все время работал и работал над изобретением обороны страны.*

нию». Малому Совнаркому предлагалось под смету, составленную Бекаури, выделить 25 млн рублей, определить штат Технического бюро в количестве 77 человек (50 рабочих, а также 27 специалистов и служащих). 9 августа 1921 года дополнительно к Постановлению СТО В. И. Бекаури получает мандат № 10197 за подписями: председателя СТО В. И. Ленина, председателя ВСНХ Н. П. Богданова и секретаря СТО Л. А. Фотиевой на создание Технического бюро и отдельной мастерской.

Мина Бекаури, патент на которую руководитель Остехбюро получил в 1920 году, после многих доработок и усовершенствований была принята на вооружение под названием «Мина образца 1926 года». За свои заслуги В. И. Бекаури был награждён Почётной грамотой Реввоенсовета, орденами Ленина и Красной Звезды. Во время Великой Отечественной войны с помощью радиоуправляемых мин, изготовленных в НИИ-20 (ныне АО «Всероссийский НИИ радиотехники»), были подорваны несколько важных объектов на оккупированной нацистами территории, в том числе ставка немецкого командования в Харькове.

Александр Фёдорович Шорин, которому посвящена эта статья, – учёный, изобретатель, д.т.н., лауреат Сталинской премии, создатель и руководитель крупных оборонных предприятий. Шорин изобрёл и сконструировал буквопечатающий радиотелеграфный аппарат, первые громкоговорящие радиоустановки, звуковое и цветное кино, а также аппараты оптической и механической звукозаписи, телевизионные кинопроекторы, радиоуправляемые военно-транспортные средства (катера, танки, самолёты) [4].

### **А. Ф. Шорин, опередивший время**

Александр Фёдорович Шорин – автор более 40 изобретений, однако при всей широте его изобретательских устремлений в области звукозаписи, телеграфии и медицины найти его изобретения, связанные с радиоуправлением различных видов вооружений на земле, воде и в воздухе, не представляется возможным. Может быть, поэтому большая часть исторической литературы посвящена изобретениям и устройствам Шорина для гражданского применения. Однако если внимательно ознакомиться с биографией учёного, можно убе-

диться в явной тенденции его научных интересов на протяжении всей научной деятельности к использованию радиосвязи для управления на расстоянии, то есть к телемеханике. В своей автобиографии Шорин писал: «Всё время работал и работаю над обороной страны».

А. Ф. Шорин родился 5 декабря 1890 года в Санкт-Петербурге. Окончил Петербургский электротехнический институт (1922 год). Доктор технических наук (1937 год). С 1919 по 1922 годы – начальник Нижегородской радиолaborатории, с 1923 по 1925 год – заместитель директора Электротехнического треста заводов слабого тока (ЭТЗСТ) по радио. С 1925 по 1926 год – начальник отдела на заводе им. Коминтерна. С 1926 по 1928 год – директор ЭТЗСТ по радио. С 1928 по 1931 год – директор Центральной лаборатории проводной связи (ЦЛПС) ВСНХ. С 1931 по 1934 год – заведующий кафедрой проводной связи в Военной электротехнической академии связи, с 1934 по 1936 год – заведующий кафедрой комплексной связи в Ленинградском электротехническом институте им. В. И. Ульянова (Ленина). По инициативе А. Ф. Шорина в соответствии с постановлением СТО и КО СССР № 877/264сс от 26.07.1932 осенью 1933 года создан Всесоюзный государственный институт телемеханики и связи (ВГИТиС НКТП). Ныне это Морской научно-исследовательский институт радиоэлектроники «Альтаир». В 1936 году институт передан в ведение НКОП и по приказу № Обсс от 30.12.1936 переименован в НИИ-10. По приказу № 262 от 31.07.1937 утверждено Положение о ГС НИИ-10 5ГУ. По приказу № 108с от 25.03.1938 НИИ-10 передан в ведение нового 20ГУ и по приказу № 328 от 29.08.1938 утверждён новый Устав института НИИ-10. С 1936 по 1939 год А. Ф. Шорин, как он пишет в своей автобиографии, «... был директором НИИ-10, где под моим руководством организован и построен институт. В 1939 году по собственному желанию оставил должность директора НИИ-10 для углубления и развития научно-технических работ...» Вполне возможно, что была и другая причина. Из 20ГУ в феврале 1939 года НИИ-10 был передан в ведение только что созданного Народного комиссариата судостроительной промышленности СССР (сокращённо НКСП). Поэтому с 1938 по 1940 год А. Ф. Шорин оставался

только консультантом и председателем научно-технического совета в НИИ-10.

С 1940 по 1941 год Шорин – начальник отдела, заместитель директора, директор Института автоматики и телемеханики АН СССР. Ныне это Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук (ИПУ РАН), который основан 16 июня 1939 года как Институт автоматики и телемеханики. В свою очередь, Институт автоматики и телемеханики (ИАТ) АН СССР был основан указом Совнаркома СССР на основе существовавшей с 1934 года Комиссии по телемеханике и автоматике АН СССР для проведения фундаментальных научных работ в области теории автоматического регулирования и создания автоматических устройств. Именно там с 1937 по 1938 год А. Ф. Шорин и был председателем комиссии по автоматике и телемеханике АН СССР. С началом войны Институт автоматики и телемеханики был эвакуирован в Ульяновск, где А. Ф. Шорин его возглавлял до своей смерти 21 октября 1941 года.

Уже из представленной краткой биографии можно увидеть, что оборонная тематика в области телемеханики преобладала в работах учёного. В частности, возглавив в 1925 году отдел специальной аппаратуры на заводе им. Коминтерна, Александр Фёдорович приступил к созданию радиоуправляемого катера. А в 1927 году, уже будучи директором по радио на ЭТЗСТ, начал работу по созданию радиоуправляемого танка. В 1930 году создана аппаратура радиоуправления катером Ш-4 с самолёта ЮГ-1. А 3 марта 1932 года приказом РВС № 11 приборы управления с самолёта торпедными катерами были приняты на вооружение. Также началось производство аппаратуры для телеуправления танками Т-18 и Т-26. За изобретения, способствующие укреплению обороноспособности страны, 22 февраля 1933 года Шорина наградили орденом Ленина.

Его идея создать НИИ телемеханики воплотилась в жизнь в 1936 году. Во Всесоюзном институте телемеханики и связи учёного назначили директором, после чего Шорин переехал в Москву.

У предприятия на улице Авиамоторной много названий: Всесоюзный государственный институт телемеханики и связи (ВГИТиС) НКТП, ГС НИИ-10 НКОП, НКСП, п/я 2435, Ордена Ленина НИИ № 10 МСП, ГКРЭ, МРП, Всесоюзный НИИ радиоэлектроники

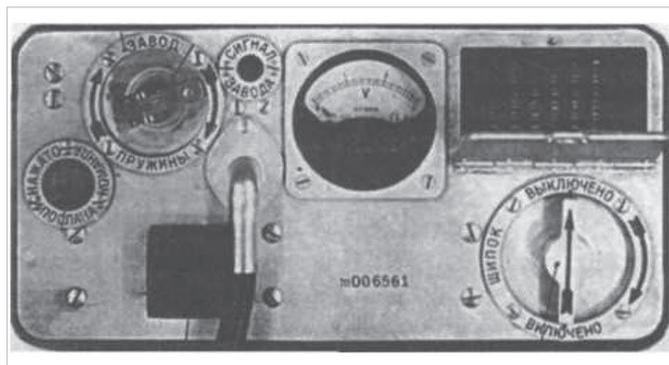


Рис. 1. Блок управления радиофугасом «Малютка»

(ВНИИРЭ) МСП, ВНИИ, НПО «Альтаир», А-1586, ГосНПО «Альтаир», ФГУП «НТК «Альтаир», ОАО «Морской НИИ радиоэлектроники (МНИИРЭ).

Строительство комплекса зданий было начато в 1934 году. Коллектив института формировался из сотрудников Остехбюро, Центральной лаборатории проводной связи (ЦЛПС) и Всесоюзного энергетического института (ВЭИ). Первоначально в составе института было три сектора: электрических процессов (разработка радиоаппаратуры для радиолиний управления объектами); электроакустики; телемеханики (разработка исполнительных механизмов для телеуправляемых объектов). В Москве построены три больших корпуса и вспомогательные постройки. Приказом № 020 от 3.02.1937 предписано к 1.01.1938 закончить строительство института. По приказу НКМ/НКОП № 311сс/425сс от 3/14.11.1938 – сдать лабораторный корпус к 1.12.1938.

В 1939 году Ленинградский филиал НИИ-10 был объединён с Ленинградским филиалом НИИ-20 в Институт морской телемеханики и автоматики (НИИ-49; ныне АО «Концерн «Гранит-Электрон»). Во то время как директором НИИ-10 был А. Ф. Шорин, по тематике телемеханики на этом предприятии проводились следующие работы: разработка радиолиний управления для танков и торпедных катеров на дециметровых (тема «Альфа») и средних волнах (тема «Штурвал»), а также создание радиолиний управления фугасными зарядами («Малютка», см. рис. 1) и систем наведения торпедного катера по ИК-лучам (тема «Луна»).

### Звуковое кино Шорина

В 1941 году были названы лауреаты Сталинской премии за выдающиеся изобретения. В Постановлении Совета народных комиссаров СССР от 14 марта 1941 года «О присуждении Сталинских премий за выдающиеся изобре-

тения» премия первой степени с суммой вознаграждения 100 000 рублей была присуждена Александру Фёдоровичу. Премию вручили за создание аппаратуры для записи и воспроизведения звуков на плёнке. Это была не только большая награда, но и признание огромного вклада учёного в создание звукового кино и развитие советской кинематографии и киноиндустрии.

Вспоминается высказывание В. И. Ленина о том, что «Важнейшим из всех искусств для нас является кино», которое для партийного руководства тогда было директивой.

Первый звукозаписывающий аппарат, изобретённый Эдисоном фонограф, появился ещё в 1877 году, однако вплоть до начала 20-го века запись звука, поступающего на диафрагму звукозаписывающей мембраны, был низким. Частично этот недостаток удавалось уменьшить, применяя рупоры, концентрирующие звуковые колебания, что усиливало звуковое давление при звукозаписи. И лишь появление ламповых усилителей и микрофонов в начале прошлого века позволило перейти от механической к электрической записи звука: в последнем случае акустические колебания с помощью микрофона преобразуются в электрические колебания, усиливаются ламповыми усилителями и подаются на рекордеры.

Для кино записанную рекордером информацию надо было синхронизировать с изображением. В 1926 году в первой массовой системе звукового кино «Витафон» (Vitaphone), использовавшейся компанией Warner Brothers, синхронизация обеспечивалась благодаря общему приводу, объединившему кинопроектор и граммофонный проигрыватель. Главный недостаток системы был в том, что требовалось немало усилий, чтобы обеспечить синхрон-

ность картинки и звука. Такие фильмы приобрели название «говорящих», но, строго говоря, они не были звуковыми.

Звуковыми стали системы Теодора Кейса «Мувиотон» (Movietone) с оптической записью звука на киноплёнке и «Фотофон» (Pallphotophone) Чарльза Хокси, который к 1932 году в General Electric создал наиболее совершенную по тем временам систему, использовавшую звуковую дорожку переменной ширины. В 1927 году на экраны США вышел первый полнометражный звуковой фильм «Певец джаза». Его выпустила компания Warner Bros. Однако фильм был снят по несовершенной технологии «Витафона»: звук записывался на отдельную пластинку.

Вернёмся в СССР. В 1926 году А. Ф. Шорин начал работы в области звукового кино. Уже в 1929 году 22 марта состоялся публичный просмотр фильмов, озвученных по системе Шорина. 5 октября 1929 года в Ленинграде открылся первый в СССР звуковой кинотеатр. Следует заметить, что создание отечественной системы звукового кино началось почти одновременно в Ленинграде Александром Фёдоровичем Шориным и в Москве Павлом Григорьевичем Тагером (см. рис. 2).

1 июня 1931 года в московском кинотеатре «Колосс» (Большой зал Московской консерватории) прошла премьера первого советского звукового полнометражного игрового фильма «Путёвка в жизнь». Фонограмма фильма была записана по системе П. Г. Тагера. Имелось отличие в способах записи фонограмм на плёнку и воспроизведения записанных фонограмм. Оптическая фонограмма Шорина имела переменную ширину дорожки записи, а фонограмма Тагера – переменную оптическую плотность. В основополагающем патенте Шорина [5], который в последующих его патентах многократно совершенствовался, приведён рисунок, поясняющий спо-

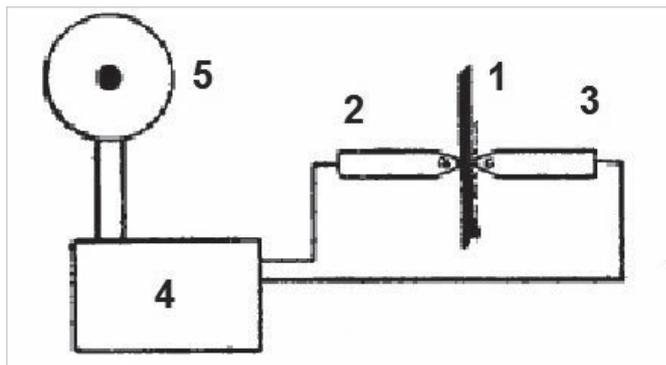


Рис. 2. Система воспроизведения звука с киноплёнки П. Г. Тагера

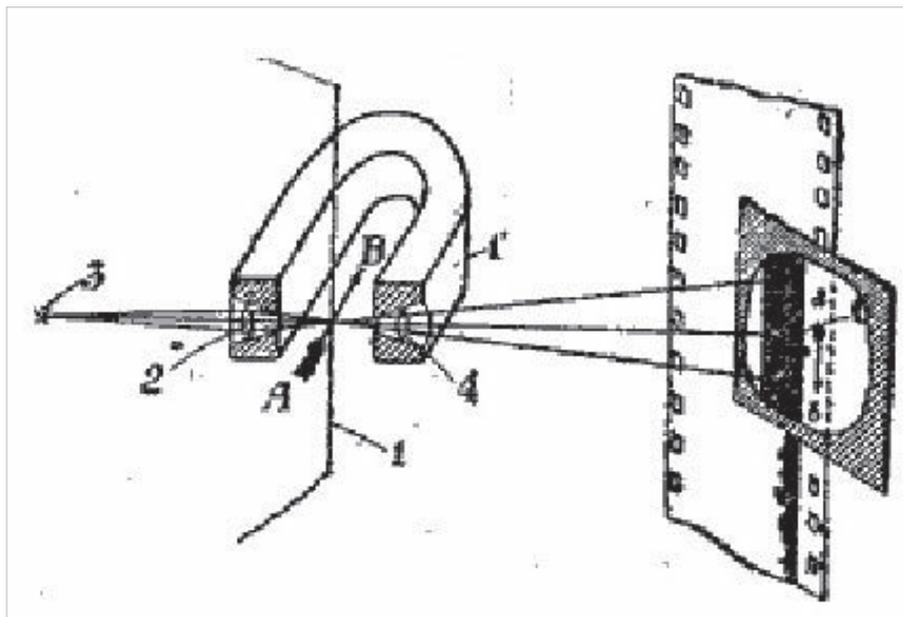


Рис. 3. Система записи звука на киноплёнку А. Ф. Шорина

соб записи звука на кинематографической ленте (см. рис. 3).

В данном способе используется металлическая струна (нить) 1, которая подключена к выходу усилителя низкой частоты и помещена в магнитное поле магнита 4. Нить начинает вибрировать при подаче на неё звуковых сигналов. Это вызывает модуляцию светового луча 3, который проектируется на киноплёнку в виде звуковой дорожки переменной ширины. Дальнейшее усовершенствование этого способа сводилось к использованию нескольких струн, применению более тонких струн из алюминия, отказу от использования отверстий в магните. Для воспроизведения звука во время демонстрации фильма звуковая дорожка модулировала световой поток, который считывался фотоэлементом и с которого электрический сигнал усиливался и воспроизводился громкоговорителем.

Система звукозаписи на плёнку Тагера использовала в качестве модулятора света ячейку Керра, что приводило к переменной оптической плотности звуковой дорожки. Как следует из одного из патентов [6], при воспроизведении записи в системе Тагера не требовался фотоэлемент.

На рисунке 2 изображён конденсатор переменной ёмкости, образованный с помощью двух металлических пластин 2 и 3 с помещённой и пропускаемой между ними светочувствительной кинолентой с записью 1. Изменение ёмкости происходит за счёт разной плотности, нанесённой на плёнку фотоэмульсии. Пластины подключены по типу конденсаторного микрофона

ко входу усилителя 4, на выходе которого включён репродуктор 5.

Хотя в первом звуковом полноформатном фильме «Путёвка в жизнь» был использован способ записи Тагера, тем не менее в дальнейшем более широкое распространение получил способ Шорина.

Этому способствовало также ещё одно его изобретение, которое получило название «шоринофон». Запись звука в шоринофоне производилась путём вырезания рубиновым или корундовым резцом волнообразной бороздки. При воспроизведении использовалась специальная рубиновая игла [4]. Звукозапись на шоринофоне осуществлялась тем же способом, что и на грампластинке, только вместо дисков использовалась свёрнутая в рулон киноплёнка или целлулоидные диски. Такой подход обеспечивает хорошую сохранность записи и большую её продолжительность.

В частности, на 35-миллиметровой плёнке можно расположить 50 аудиодорожек. Скорость записи, как и в установках звукового кино, составляла 465 мм/с. 300 м плёнки хватало на 8 ч работы. Целлулоидные диски обеспечивали время звучания до 3,5 минут.

В беседе журнала «Радиофронт» с Александром Фёдоровичем [7] отмечалось, что все виды записи звука (оптическая и механическая на плёнку, механическая на целлулоидные диски) полностью обеспечивают нужды радиовещания.

Шорин говорил: «Метод механической записи звука (шоринофон, см. рис. 4) имеет исключительное значение для местного радиовещания, так как записи целых опер в исполне-



Рис. 4. Шоринофон с возможностью записи звука на целлулоидные диски

нии лучших сил страны можно передавать на периферию. <...> Шоринофон последней конструкции, разработанный в ВГИТИС (авт. НИИ-10), имеет ряд усовершенствований. Они заключаются в наличии антишумовой системы и кассет для непрерывной записи звука в течение часа и более...»

## Заключение

Если проанализировать творческий путь Александра Фёдоровича Шорина, то бросается в глаза очень важная особенность. За свою короткую жизнь он сменил несколько мест работы и направлений деятельности.

Два примера. 1919–1922 годы, Нижегородская радиолaborатория. По личной просьбе А. Ф. Шорин освобождён от обязанностей управляющего НРЛ. Далее 1936–1939 годы, ВГИТИС (НИИ-10). Опять по личной просьбе Шорин освобождён от обязанностей директора. В обоих случаях он увольнялся по собственному желанию, без всякого сожаления расставаясь с креслом руководителя, имея положительные отзывы вышестоящего руководства. И это делалось не ради более высокого оклада или продвижения по карьерной лестнице, а исключительно ради науки. Чтобы с головой окунуться в решение новой научной или технической идеи, чтобы применить свою творческую энергию и инициативу на новом месте и в новом коллективе. Кажется, это помогло ему избежать репрессий 30-х годов. Ведь поводов для наказания у учёного было в то страшное время достаточно. В прошлом Шорин – белогвардейский офицер, да и много-

кратные заграничные командировки в советское время (в США – три раза, в Европу – пять раз) могли вызвать вопросы у бдительных органов НКВД. Но самое главное, что поражает в творческом пути Александра Фёдоровича, это широкий круг решённых им проблем. Буквопечатные радиотелеграфные аппараты, первые громкоговорящие радиоустановки, звуковая кинематография, аппараты оптической и механической звукозаписи, телевизионные кинопроекторы и, наконец, главное дело всей его жизни – радиоуправляемая телемеханическая военная техника.

Александр Фёдорович Шорин умер 21 октября 1941 года, находясь в эвакуации в Ульяновске. Похоронен на Воскресенском кладбище Ульяновска.

Эту статью автор начал с упоминания о 50-летнем юбилее посадки на Луну первого в мире управляемого (по радио) советского лунохода [8]. Можно рассматривать этот луноход, оставшийся на Луне после выполнения своей миссии, как своего рода вечный памятник всем тем большим коллективам учёных, инженеров и рабочих, совершивших научный подвиг. И, конечно же, как дань уважения первопроходцу телемеханики Александру Фёдоровичу Шорину.

### Литература

1. *Понов А. С.* Прибор для обнаружения и регистрации электрических колебаний. Журнал Русского физико-химического общества. Т. 27. 1895.

2. *Бартенев В. Г.* Об истории отечественной телемеханики. Современная электроника. 2017. № 5.
3. *Бартенев В. Г.* 90 лет Остехбюро. Современная электроника. 2011. № 4.
4. *Урвалов В. А., Шошков Е. Н.* Александр Фёдорович Шорин. М. Наука. 2008.
5. Пат. 12301. Шорин А. Ф. Устройство для записи звуков на кинематографической ленте. Заявл. 19.01.28. Выдан 31.12.29.
6. Пат. 11631. Тагер П. Г. Устройство для воспроизведения звуков, записанных на кинематографической ленте. Заявл. 28.06.28. Выдан 30.08.29.
7. *Шорин А. Ф.* Проблемы звукозаписи. Журнал «Радиофронт». 1937. № 5.
8. Энциклопедия «Космонавтика». Советская энциклопедия. М. 1985.



## НОВОСТИ МИРА

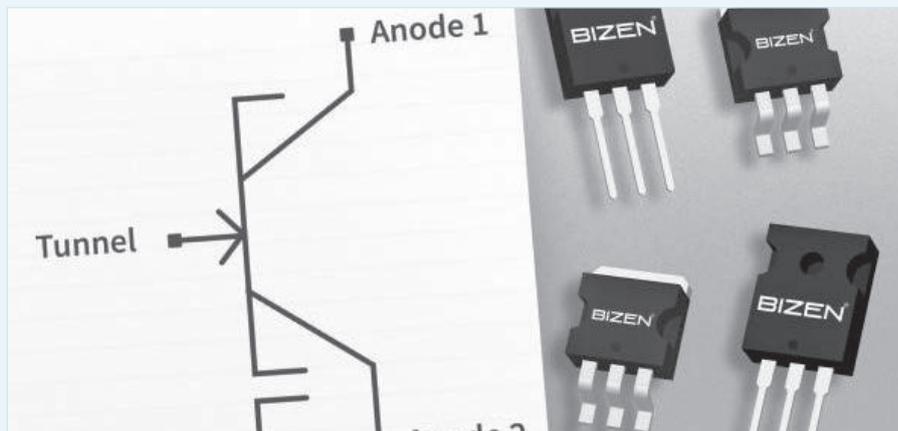
### Выпущены первые квантовые туннельные транзисторы BIZEN

Британский стартап отгрузит первые приборы на 1200 В с использованием новой кремниевой архитектуры под названием Bizen, которая подходит для корпусов TO247 или TO263.

Первые устройства на Bizen включают три компонента (на 1200 В / 75 А, 900 В / 75 А и 650 В / 32 А) и доступны в стандартных корпусах силовых полевых МОП-транзисторов TO247 и TO263. Транзисторы Bizen изготавливаются с использованием стандартных кремниевых подложек на линиях обработки кремния большей геометрии. Первоначальная пилотная линия для тестирования технологии Bizen была создана на производственной базе шотландской компании Semefab.

– Чтобы получить такой уровень производительности от традиционных полевых МОП-транзисторов на основе кремния, размер устройства должен быть намного больше. Эффективности 1200 В / 75 А в корпусе TO247 можно достичь, используя материалы с широкой запрещённой зоной, такие как карбид кремния. Однако этот подход имеет другие проблемы, – говорит Дэвид Саммерленд, генеральный директор и основатель Search For The Next (Ноттингем), компании-разработчика технологии Bizen.

Карбид кремния (SiC) требует гораздо больше времени для обработки и грязен с точки зрения углеродных выбросов, – добавляет Саммерленд. – Кроме того SiC не масштабируется, как кремний. Данные, которые мы получили в результате физических испытаний пластин, доказывают, что при использовании Bizen на кремниевых подложках наши



транзисторы обеспечивают те же характеристики, что и карбид кремния или нитрид галлия. Однако производственное оборудование, необходимое для изготовления QJT (Quantum Junction Transistor, квантового процессора с транзистором с p-n-переходами), точно такое же, как для стандартного кремниевого полевого МОП-транзистора, при этом процесс Bizen не усложняет производство.

Bizen применяет квантовое туннелирование в процессе изготовления биполярных пластин. В результате получается очень прочное и надёжное устройство, в основе которого лежит традиционная технология биполярного кремния. Bizen также сокращает время изготовления КМОП-транзисторов (но не МОП-транзистора на основе карбида кремния) с пятнадцати до двух недель и вдвое уменьшает количество технологических слоёв. QJT тоже используют восьмислойный биполярный процесс.

По словам Саммерленда, тесты пластин также показывают, что техпроцесс Bizen обеспечивает усиление по току более 1 млн. Это открывает возможность прямого соединения

силового транзистора QJT на 1200 В / 75 А с низковольтным слаботочным выходным портом ЦП, например ШИМ (широко-импульсной модуляции) в монолитной конструкции.

– QJT – первое силовое устройство в дорожной карте семейства Bizen. Вскоре будет создан PJT (Processor Junction Transistor), интегрированное устройство Bizen со своим собственным процессором, которое также может быть произведено за восемь дней производственного цикла, что знаменует новую эру интеллектуальных устройств питания, – добавил Саммерленд.

Были опубликованы сравнительные показатели производительности для компонента 1200 В / 100 А (в корпусе TO247), который также находится в краткосрочной дорожной карте. Потери при номинальном токе составляют четверть (<300 мВ) тех, которые демонстрирует SiC-устройство, входная ёмкость будет в четыре-пять раз меньше (<1 пФ). В июле Semefab начала производить диоды Шоттки на 1200 В на основе SiC, вскоре планируется серийное производство устройств на 1700 В.

[www.wafertrain.com](http://www.wafertrain.com)



ЖУРНАЛ

# «СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА» ПЕЧАТНАЯ ВЕРСИЯ

подписка с гарантированной доставкой

**ОНЛАЙН** подробная информация на сайте [www.soel.ru](http://www.soel.ru)  
позвоните в редакцию **+7 495 232-0087**  
напишите нам [info@soel.ru](mailto:info@soel.ru)

**НА ПОЧТЕ** по каталогу агентства «Урал-Пресс»  
почтовый индекс для печатной версии **36280**

**Физическим лицам** для получения печатной версии журнала в 2021 году предлагаем оформить подписку через подписное агентство «Урал-Пресс» (индекс на 1 год – 36280). В этом случае журнал будет гарантированно доставлен на указанный почтовый адрес Почтой России.

**Юридические лица** могут подписаться на печатную версию журнала «Современная электроника» на 2021 год, оплатив прилагаемый счёт. Каждый новый номер печатной версии журнала будет гарантированно доставляться заказной бандеролью по Почте России.

## Подписка только для юридических\* лиц

\*Выход каждого нового номера будет сопровождаться полным комплектом закрывающих бухгалтерских документов.

## Журнал «СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА» ПЕЧАТНАЯ версия

Издание	Назначение платежа	Периодичность выхода	Подписная цена, руб.
СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА	Подписка на 2021 год	9 номеров в год	7 920,00

ООО «СТА-ПРЕСС»  
ИНН: 7726208996, КПП: 772801001,  
ОГРН 1037739253100,  
ПАО АКБ «АВАНГАРД», БИК 044525201,  
к/сч 30101810000000000201,  
р/сч 40702810100070000708.

### Счет на оплату № ПЮ02-2021 от 01 декабря 2020 г.

Поставщик: ООО «СТА-ПРЕСС», ИНН: 7726208996, КПП: 772801001  
(Исполнитель): РФ, 117437, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 108, пом I ком 67, тел. + 7 (495) 234-06-35

Основание: Счет № ПЮ02-2021 от 01 декабря 2020 г.

№	Товары (работы, услуги)	Кол-во	Ед.	Цена	Сумма
1	Подписка на ПЕЧАТНУЮ версию журнала «СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА» на 2021 год	9	шт	880,00	7 920,00

Итого: 7 920,00  
В том числе НДС: 720,00  
Всего к оплате: 7 920,00

Всего наименований 1, на сумму 7920,00 руб.  
Семь тысяч девятьсот двадцать рублей 00 копеек

### Внимание!

При оплате счёта укажите в платёжном поручении в графе «Назначение платежа» полный адрес доставки (с почтовым индексом), телефон для связи (с кодом города), контактное лицо, e-mail.

Оплата данного счета означает согласие с условиями поставки товара.

Руководитель

Седов К. В.



## YouTube-канал журнала **СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**

Спешим поделиться хорошей новостью, коих в наше время не так много: журнал «Современная электроника» запустил собственный YouTube-канал о... современной электронике и технологиях автоматизации!

На канале «Современной электроники» вы познакомитесь с людьми и компаниями, занятыми в России разработкой электронных компонентов и технологий в области электроники.

В условиях пандемии и вынужденной ограниченности в контактах наш канал станет для вас дополнительным мостиком в мир электроники: с нашей помощью вы узнаете мнение участников ежегодной конференции Keysight Technologies, XI Форума дистрибьюторов электронных компонентов, выставок ChipEXPO-2020, Power Electronics, Testing&Control, NDT Russia и ExpoCoating, «СВЯЗЬ-2020» и «НАВИТЕХ-2020».

Недавно мы встретились и побеседовали с разработчиками из компании «ЭРЕМЕКС». В итоге получился ролик-интервью из которого вы узнаете много интересного о компании, о людях, непосредственно определяющих облик и функциональность САПР Delta Design и о планах по развитию продукта.

Также на канале можно посмотреть первое большое интервью с одним из постоянных авторов «Современной электроники» Ильёй Лебедевым, который рассказал о перспективах рынка конденсаторов в России.

Мы уже опубликовали более 40 интервью, из которых вы узнаете:

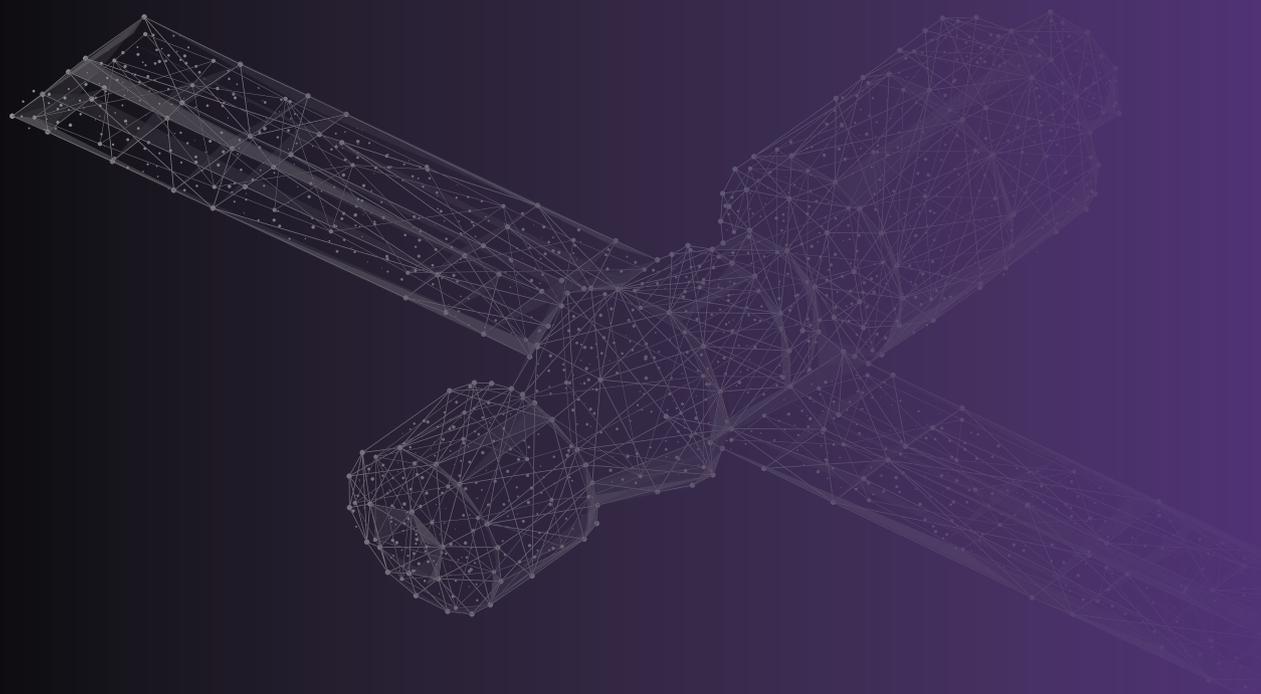
- кому и как помогли правительственные гранты, и есть ли в «Сколково» стартапы не для «освоения бюджета»;
  - какие российские производители могут работать и уже работают на зарубежных рынках;
  - работает ли импортозамещение, или воз и ныне там;
  - кто и как внедряет сети 5G в России
- и многое другое...

Канал «Современной электроники» – это площадка, на которой специалисты отрасли рассказывают о насущных проблемах, глобальных и локальных тенденциях рынка и делятся полезным опытом.

Подписывайтесь на наш канал и узнавайте новости первыми!



# Поверьте и настройте Ваши СИ в ЦСМ **Keysight**



Ваши технические системы, критически важные для решения ответственных задач, должны обеспечивать безотказную работу в любых условиях. Именно поэтому Центр Сервиса и Метрологии Keysight получил аккредитацию на право поверки СИ и готов обеспечивать комплексное ТО измерительных приборов Keysight, Agilent, HP.

Оригинальные запчасти, автоматизированные ПО для проведения полного тестирования, калибровки и настройки СИ по методике завода-изготовителя, опытный персонал - все это позволяет выполнять полное обслуживание СИ в соответствии с требованиями завода-изготовителя максимально качественно и в сжатые сроки. Будьте уверены в точности Ваших измерений и надёжности Вашей продукции!

Аттестат Аккредитации ООО «Кейсайт  
Текнолоджиз» (ЦСМ Keysight) на право  
поверки СИ № RA.RU.310579 от 02.02.2015

80  
лет

опыта в электронных  
измерениях

50  
лет

сотрудничества и  
инноваций в России

[www.keysight.com/find/poverka](http://www.keysight.com/find/poverka)



**KEYSIGHT**  
TECHNOLOGIES

Реклама