

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

9

2023

В номере:

О НЕНОРМАТИВНОЙ
ЛЕКСИКЕ В ЭЛЕКТРОНИКЕ:
как называют
соединитель

НЕ НАКЕРНИШЬ –
НЕ ПРОСВЕРЛИШЬ:
печатные платы
своими руками

ГОНКИ ПО ПАМЯТИ:
многозадачность
и многопоточность
в FX-RTOS



YouTube




Telegram



БОЛЬШЕ ПОРТОВ – БОЛЬШЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

Векторный анализатор
цепей серии «Иридиум»

SN9000



ADVANTIX

ПРОМЫШЛЕННЫЕ РАБОЧИЕ СТАНЦИИ



**ВЫСОКАЯ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ**



**ПОДДЕРЖИВАЕМЫЕ
ФОРМАТЫ ПЛАТ
ATX, MATX, PICMG 1.3**



**ФОРМ-ФАКТОРЫ
2U, 4U, TOWER,
WALLMOUNT**



**УСИЛЕННОЕ
ИСПОЛНЕНИЕ КОРПУСА**



**ВЫСОКАЯ
НАДЕЖНОСТЬ**



**ПОВЫШЕННАЯ
ЗАЩИТА ОТ ВНЕШНИХ
ВОЗДЕЙСТВИЙ**



**ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ
РЕБРА ЖЕСТКОСТИ**



**ГОРЯЧАЯ ЗАМЕНА
ПЫЛЕВЫХ ФИЛЬТРОВ**

- Промышленные системные платы повышенной надежности для работы 24/7
- Любые встраиваемые процессоры Intel 8 и 9 поколений
- Оперативная память до 64 ГБ nonECC или с поддержкой ECC
- Поддержка RAID 0, 1, 10, 5
- Хранение данных: SSD или HDD диски – внутренние или с горячей заменой
- Опции расширения: видеокарты, COM-порты, платы ввода-вывода и другие
- Поддержка Windows 10/11, а также российских ОС: Astra Linux, Alt Linux, РедОС



ЧИТАЙТЕ В КОМФОРТЕ



ПЕЧАТНАЯ ВЕРСИЯ ЖУРНАЛА «СТА»

подписка с гарантированной доставкой



онлайн: www.cta.ru • +7 495 234-0635 • info@cta.ru

на почте: по каталогу «Урал-Пресс» (на год – 81872, на полугодие – 72419)



Здравствуйте, уважаемые друзья!

Мы неоднократно говорили, что создание российских САПР в области машиностроения и радиоэлектроники является стратегически важной задачей. Посетив 17 октября конференцию консорциума Развитие, редакция журнала смогла воочию убедиться в том, что отечественный прогресс в таком ПО не застыл на месте, и по некоторым параметрам наши САПР даже превосходят зарубежные аналоги.

Гостям форума были представлены усовершенствованные и совсем новые программные продукты, анонсирована дорожная карта продвижения к полноценному сквозному PLM-решению для приборостроения, объединяющему множество инструментов – САПР, расчётных пакетов, инструментов для проектирования технологий изготовления, анализа качества, планирования работ, диспетчеризации производства. В решении будут задействованы продукты Delta Design, ЛОЦМАН:PLM, КОМПАС-3D, ПОЛИНОМ:MDM и другие. В связи с санкционным давлением большие усилия разработчики прилагают к портированию своих продуктов под российские ОС семейства Linux. И здесь имеются несомненные успехи. На конференции, к примеру, раньше заявленного срока была представлена полностью рабочая новая версия САПР Delta Design для Linux. Обо всём этом мы имели возможность побеседовать с разработчиками из компаний АСКОН и ЭРЕМЕКС. Смотрите на нашем YouTube-канале новые ролики – интервью с конференции.

Девятый номер «Современной электроники» традиционно подводит итог целому году жизни журнала. Как обычно, мы публикуем сводное содержание всех выпусков за 2023 год. Не упустите шанс ознакомиться с ним: возможно, вы обнаружите интересную статью, которую ещё не читали. Кстати, для вас мы выкладываем все опубликованные материалы в свободный доступ на сайты журналов издательства.

Мы рады, что вы остаётесь с нами, читайте с удовольствием. Всего вам доброго!

Юрий Широков, главный редактор

Журнал «Современная электроника»
Издаётся с 2004 года

Главный редактор Ю. В. Широков
Заместитель главного редактора А. В. Малыгин
Редакционная коллегия А. Е. Балакирев, В. К. Жданкин,
С. А. Сорокин, Д. А. Кабачник, 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 1/67/тех

Почтовый адрес: 117437, г. Москва,

Профсоюзная ул., 108

Тел.: (495) 232-00-87

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 «МЕДИАКОЛОР».

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

Тел./факс: (499) 903-69-52

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, 2023

ЧИТАЙТЕ
ЖУРНАЛ



в ЭЛЕКТРОННОЙ ВЕРСИИ
на сайте soel.ru
и
в ПЕЧАТНОЙ ВЕРСИИ
по подписке

СОДЕРЖАНИЕ 9/2023

РЕКЛАМОДАТЕЛИ

| | |
|------------------------------|------------------|
| AdvanteX | 5 |
| AdvantiX | 2-я стр. обл. |
| CIVILUX | 39 |
| LITEMAX | 41 |
| RAYSTAR | 45 |
| ВЗПП-С | 13 |
| ВОЛЬТБРИКС | 47 |
| КБ РЕШЕНИЕ | 4 |
| КОМПОНЕНТА | 4, 55 |
| ПЛАНАР | 1-я стр. обл. |
| СИММЕТРОН | 15 |
| Центр Профессиональной Обуви | 5, 4-я стр. обл. |
| ЭЛЕКОНД | 11 |

Читайте в «СТА» № 4/2023:

Я МИЛОГО УЗНАЮ ПО ПОВАДКАМ:
как ИИ меняет возможности биометрии

**MASTERSCADА ДЛЯ МАСТЕРА
АВТОМАТИЗАЦИИ:**
отечественное ПО в реальных проектах

**ХОРОШЕГО ПИТАНИЯ
МНОГО НЕ БЫВАЕТ:**
современные ИП для любых потребностей



Оформляйте подписку на журнал «СТА»
и читайте печатную версию
или электронную версию на www.cta.ru

РЫНОК

4 Новости российского рынка

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

6 Заглянем под капот FX-RTOS

Дмитрий Алексеев

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

10 Отечественная и зарубежная техническая информация о радиочастотных соединениях. Терминология и не только

Кива Джурицкий

14 Современные алюминиевые, полимерные, гибридные конденсаторы и ионисторы компании LELON Electronics

Юрий Петропавловский

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

20 Проблематика влагостойкости РЭА. Усиление защиты доступными способами

Андрей Ласорла

30 Функциональный модуль на базе программируемого реле для управления актуатором, моторизованным затвором и многооборотным электроприводом

Сергей Шишкин

36 Современный способ изготовления двусторонних печатных плат с высоким разрешением своими силами. Часть 2

Алексей Кузьминов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

40 Методы расчёта волнового сопротивления линий передач на печатных платах

Виктор Ухин, Вячеслав Кухарук, Дмитрий Коломенский, Ольга Смирнова

43 Сравнение результатов расчётов волнового сопротивления линий передач на печатных платах

Вячеслав Кухарук, Виктор Ухин, Дмитрий Коломенский, Ольга Смирнова

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

46 Импедансный подход к анализу индуктивных компонентов

Александр Емельянов

КОМПЕТЕНТНОЕ МНЕНИЕ

50 Истории инженера-технолога: борьба с контрафактом

Ильдар Закиров

57 Как КНР развивает элементную базу и РЭА в космосе

Андрей Кашкаров

62 Новые ворота в Азию: обзор возможностей переноса производства РЭА во Вьетнам

Андрей Кашкаров

68 СВОДНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛА ЗА 2023 ГОД

Новости российского рынка

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

Применение качественных электронных компонентов

При создании электронных устройств используют электронные компоненты разной сложности и стоимости, при этом в текущих условиях возникают большие риски приобретения продукции контрафактного происхождения.

Использование контрафакта в электронном устройстве может привести к негативным последствиям: выход из строя, некорректная работа, случайные ошибки и много другое. Чтобы предотвратить применение контрафактных компонентов, необходимо проверить работоспособность и убедиться, что компонент не был ранее использован либо перемаркирован для продажи.

Испытательная лаборатория АО «КБ РЕШЕНИЕ» предоставляет услуги по проведению исследований на наличие признаков контрафакта (перемаркировки), а также проверке параметров (функционирования) электронных компонентов.

Для проверки на контрафакт используют два основных метода: акустическая микроскопия и рентгенотелевизионный контроль. Применяя их вместе, можно быть уверенным, что контрафакт будет выявлен. Метод акустической микроскопии по-

РЕШЕНИЕ

зволяет определить признаки перемаркировки на корпусе электронного компонента, такие как следы механического и химического воздействия, нанесение маскирующего покрытия и новой маркировки. Рентгенотелевизионный контроль позволяет определить дефекты внутренних элементов: повреждение сварных соединений конструкции, наличие скрытых трещин в материале корпуса, расслоение (пустоты) в сварочном шве, наличие посторонних частиц (материалов) внутри корпуса.

Параметрический контроль (включая проверку функционирования) позволит убедиться, что электронные компоненты исправны и работают так, как указывает производитель. Испытательная лаборато-

рия имеет опыт и возможность проводить параметрический контроль для всех типов электронных компонентов, включая самые сложные, например, СВЧ-устройства, высокоскоростные ПЛИС (в части GTN, GTX), микропроцессоры.

Помимо указанных выше, испытательная лаборатория АО «КБ РЕШЕНИЕ» предоставляет услуги по проведению сертификационных, дополнительных, механических, климатических испытаний электронных компонентов, устройств и аппаратуры.

АО «КБ РЕШЕНИЕ»

Москва, Ленинский пр., д. 51, стр. 3

office@kbr.su

www.kbr.su

+7 (495) 128-55-79

1,54-дюймовый квадратный IPS TFT-дисплей 240×240

Raystar подготовила к выпуску две новые модели TFT ЖК-модулей серии Square с диагональю экрана 1,54 дюйма. Данные дисплейные модули обладают широкими углами обзора (80/80/80/80) и улучшенной цветопередачей за счёт используемой в них IPS-матрицы. Дисплеи поддерживают широко распространённый управляющий интерфейс SPI, что позволяет пользователям легко их интегрировать в любое устройство или проект. Модули подойдут для их использования в различных приложениях, таких как беспроводные микрофонные системы, кофейные весы, персональные пульсоксиметры.



Основные характеристики модели RFA401540A-AAH-DSN:

- размер диагонали – 1,54 дюйма;

- разрешение – 240×240 точек;
- размер модуля – 31,52×33,72 мм;
- активная область – 27,72×27,72 мм;
- интерфейс – SPI;
- IC – ST7789T3-G4-1;
- яркость – 850 кд/м².

Основные характеристики модели RFA401540A-AAW-DSN:

- размер по диагонали – 1,54 дюйма;
- разрешение – 240×240 точек;
- размеры модуля – 31,52×33,72 мм;
- активная область – 27,72×27,72 мм;
- интерфейс – SPI;
- IC – ST7789T3-G4-1;
- яркость – 380 кд/м².

www.komponenta.ru

+7 (495) 150-21-50

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

«Центр Профессиональной Обуви» расширяет производство антистатика

ООО «Центр Профессиональной Обуви», созданное в 2000 году, специализируется на выпуске рабочей и защитной обуви под собственной торговой маркой «ЦПО». Более 10 лет назад Центр первым в России начал выпускать антистатическую обувь, предлагая своим клиентам уникальную продукцию, прошедшую самые серьезные испытания на соответствие ключевым требованиям по безопасности средств индивидуальной защиты, а также защите электронных устройств от электростатических явлений (ESD). Обувь ЦПО сертифицирована на соответствие требованиям ТР ТС 019/2011, ГОСТ 12.4.124-83, ГОСТ Р ЕН ИСО 20345-2011, ГОСТ ИЕС 61340-5-1-2019, ГОСТ ИЕС 61340-4-3-2020, ГОСТ ИЕС 61340-4-5-2020, ГОСТ Р 12.4.187-97, ГОСТ 28507-99.

Линейка антистатической обуви ЦПО на сегодня включает уже более 20 базовых моделей (сабо, сандалии, полуботинки, ботинки, берцы, сапоги) с верхом из натуральной кожи на подошве из антистатического полиуретана. Каж-



дая пара обуви подвергается тщательному выходному контролю на специальных стендах контроля сопротивления, по результатам которого обувь маркируется ESD-символом и товарным знаком «ЦПО». Антистатическая обувь ЦПО поставляется широкому кругу потребителей, в число которых в первую очередь входят предприятия радиоэлектронной отрасли, включая структуры Минобороны, Минпромторга, Ростеха и Роскосмоса.

Растущие требования к современным «чистым» производствам, где выпускается чувствительная к воздействию ESD продукция радиоэлектроники, машиностроения и приборостроения, на фоне



решения актуальных задач замещения импортной продукции отечественными аналогами делают антистатическую продукцию ЦПО всё более востребованной. В связи с опережающим ростом потребительского спроса на антистатическую обувь в 2023 году компания серьезно расширила производство антистатика, добавив к обувной фабрике во Владимирской области новую площадку в Тверской области и доведя ежемесячный объем выпуска ESD-обуви до 10 тыс. пар. К концу текущего года этот объем планируется удвоить.

www.proshoes.ru
proshoes@mail.ru
 +7 (495) 380-11-05

IF/RF & Microwave Design
Advantex

WWW.ADVANTEX.RU

РАЗРАБОТАНО
 И ПРОИЗВЕДЕНО
 В РОССИИ

**ШИРОКОПОЛОСНЫЕ
 СИНТЕЗАТОРЫ ЧАСТОТ**
 с непрерывным шагом до 21 ГГц
 и контрольно-измерительные приборы



ЭЛЕКТРОННЫЙ
 КАТАЛОГ



+7(495) 721-4774 • info@advantex.ru
 Москва, ул. Красноказарменная, д.13, стр. 1

Реклама

Заглянем под капот FX-RTOS

Дмитрий Алексеев (ЭРЕМЕКС)

Многозадачность – ключевая функция операционных систем и главный фактор их возникновения как класса ПО. Использование операционных систем во встроенном программном обеспечении микроконтроллеров широко распространено, но полемика вокруг целесообразности этого подхода ведётся до сих пор, а сама тема сохраняет атмосферу загадочности. В статье разбирается многозадачность на примере ядра российской ОСРВ с открытым исходным кодом FX-RTOS Nanokernel Lite [1]. Рассматриваются технические решения, которые реализованы для удовлетворения потребностей систем реального времени. В данной статье практически не затрагивается взаимодействие потоков, прерывания, программные таймеры и другие аспекты. Но модульная архитектура позволяет, абстрагируясь от других компонентов, последовательно изучить каждую подсистему по мере необходимости. Понимание логики работы внутренних механизмов ОС, реализующих многозадачность, необходимо, чтобы создавать корректные и эффективные программы.

Введение

В этой статье будет говориться о многозадачности как о многопоточности в том смысле, что на каждую задачу приходится один или несколько потоков исполнения. Поток исполнения (или «нить», от англ. thread) – часть программы, выполняющаяся непрерывно, как будто на отдельном «виртуальном» процессоре параллельно другим потокам. Текущее состояние процессора характеризуется содержимым его регистров, называемым контекстом. Смена потока достигается за счёт переключения контекста (Context Switch). В ходе исполнения нить неоднократно вытесняется и продолжается с того места, где была прервана (рис. 1). Набор правил, который определяет порядок выполнения задач, называется алгоритмом планирования. Процедура выделения процессора для потока, выбранного алгоритмом планирования, называется диспетчеризацией [2, 3].

Программная реализация отдельных процессов, как правило, не применяется в микроконтроллерных ОС ввиду отсутствия аппаратной поддержки виртуальной памяти и ограниченности ресурсов, и управление задачами сводится к планированию нитей. Потоки находятся в едином физическом адресном пространстве, взаимодействуя через программные объекты, расположенные в совместно используемой памяти. Рассмотрим классический паттерн производитель – потребитель для двух нитей: один поток (назовём его «производитель») снимает информацию с датчика, обрабатывает и записывает её в определённую структуру. Второй поток (потребитель) периодически считывает эту структуру и отображает в текстовом виде на дисплее. Допустим, такая схема взаимодействия работает безошибочно 99% времени, но в редких случаях на экране возникают ошибки вследствие того, что поток-

потребитель забирает данные, когда они ещё не полностью записаны. Про такой алгоритм взаимодействия говорится, что он содержит гонки или условия гонок (*Race Condition*). Для того чтобы обеспечить корректность доступа к общим данным, необходимо упорядочить поведение потоков с помощью специальных объектов, предоставляемых ядром ОС: примитивов синхронизации. Один из таких объектов называется «семафор» – по аналогии с железнодорожным семафором, сигнализирующим о занятом участке пути [4]. Любые обращения потока к примитивам синхронизации, как и к другим службам ядра, выполняются через специальные процедуры: системные вызовы. Системный вызов может вернуть ответ одновременно либо заблокировать поток в ожидании запрошенного ресурса.

Политики планирования

Определением следующего потока исполнения и момента времени диспетчеризации занимается компонент ядра ОС – планировщик. Алгоритмы планирования исходят из критерия выбора следующего потока, наиболее применимого в конкретном случае. Самые распространённые политики планирования: первым поступил – первым обслужен (FIFO), по наименьшему остающемуся времени до дедлайна (EDF), циклическое планирование (Round-Robin), частотно-монотонное планирование (RMS) [5]. Разработчики ОСРВ реализуют наиболее унифицированные алгоритмы, базирующиеся на вытеснении текущего потока наиболее высокоприоритетным и распределении времени между потоками одного приоритета. Такие планировщики называются вытесняющими. Одновременно может происходить передача управления между потоками одного приоритета по собственной инициативе (кооперативное планирование). Если код потока инициирует передачу управления или блокируется в ожидании некоторого события, диспетчеризация происходит незамедлительно, планировщик выбирает следующий поток с наивысшим приоритетом либо первый в очереди среди потоков с одинаково высоким приоритетом (рис. 2).

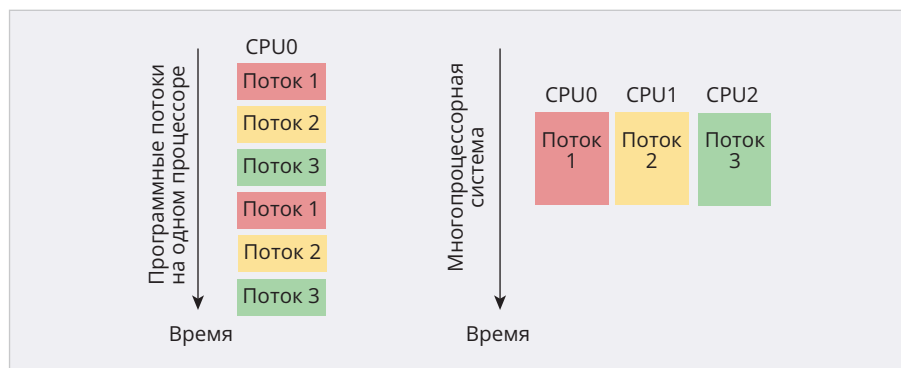


Рис. 1. Разделение процессорного времени между задачами создаёт абстракцию параллельности их выполнения

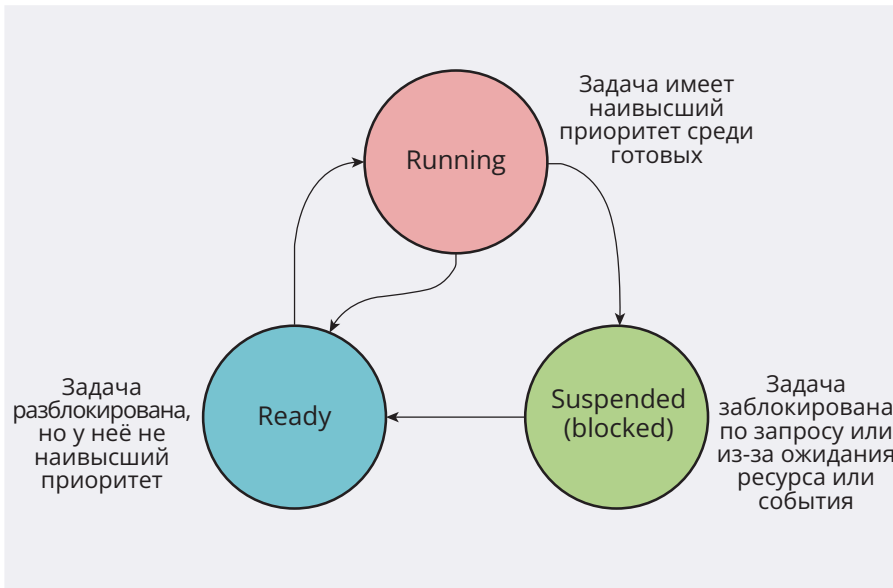


Рис. 2. Диаграмма состояний выполняющейся задачи

В FX-RTOS реализован алгоритм планирования MLQ (Multi-Level Priority Queue), действующий согласно следующим принципам.

1. Неактивные, но готовые к выполнению потоки группируются в отдельные очереди с одинаковым приоритетом. Количество очередей равно количеству приоритетов потоков, определённых в системе. Заблокированные потоки отсутствуют в очередях (рис. 3).
2. Первой обрабатывается очередь с наивысшим приоритетом до полного исчерпания потоков, готовых к выполнению.
3. Диспетчеризация потоков внутри одной очереди может быть устроена по порядку (FIFO) либо с разделением по времени (Round-Robin).
4. При активации более приоритетного потока выполняется незамедлительное вытеснение менее значимого.
5. Приостановленные потоки в планировании не участвуют.

К основным недостаткам данного подхода можно отнести отсутствие со стороны планировщика гарантий выполнения потоков с наименьшими приоритетами при повышенной активности высокоприоритетных.

Структура исходных текстов FX-RTOS

Модули FX-RTOS можно классифицировать по группам: FX (кроссплатформенные высокоуровневые компоненты ОСРВ), RTL (библиотека универсальных алгоритмов и структур данных), HAL (слой реализации низкоуровневых функций ОС для раз-

личного аппаратного обеспечения), HW (низкоуровневые функции для взаимодействия с аппаратурой через регистры процессора). Далее внимание будет уделяться файлам с префиксами *fx_thread*, *fx_sched*, *fx_spl*, *hal* и *hw*. Иерархическая структура системы показана на рис. 4.

Синхронизация внутри ядра и блокировки

Многопоточный код обязан отвечать требованиям надёжности (отсутствие ошибок и целостность данных как в примере производителя и потребителя) и жизнеспособности (способности всех взаимодействующих потоков завершить работу). Ядро FX-RTOS является вытесняемым, то есть допускающим прерывания без нарушения целостности управляющих структур данных и алгоритмов. Естественно, само ядро не имеет возможности использовать примитивы синхронизации, предоставляемые в пользовательском API, а использует более низкоуровневые механизмы. В однопроцессорной системе источником асинхронности являются прерывания и смена контекста выполняющихся потоков. Например, системный вызов, прерванный в момент модификации очереди к объекту, приведёт к неопределённому поведению при обращении к тому же объекту из другого потока.

Запрещение прерываний в однопроцессорных системах обеспечивает взаимное исключение как с потоками, так и с обработчиками прерываний. Этот простой способ, выполняемый

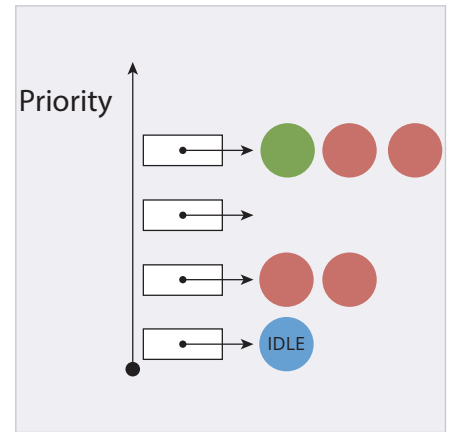


Рис. 3. Схема работы алгоритма планирования MPQ. Зелёным кругом обозначен выполняющийся активный поток, красные круги – потоки, ожидающие в очередях. Синий круг – системный idle-поток

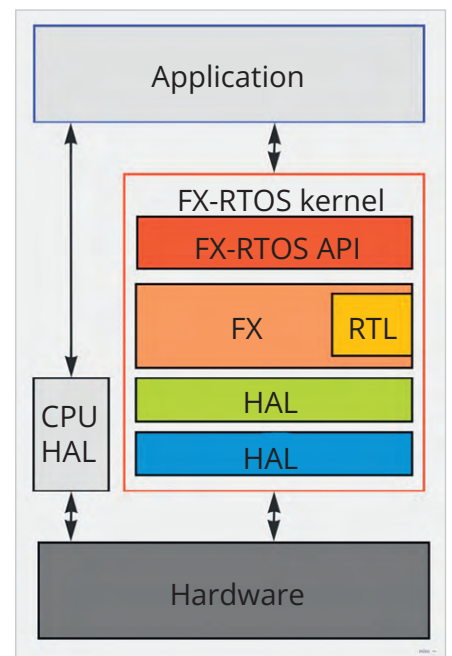


Рис. 4. Иерархия компонентов FX-RTOS во встроенном приложении

за 1 инструкцию, имеет высокую粒度, так как не позволяет выполняться в том числе и тем потокам, которые не используют защищаемый ресурс. В FX-RTOS используется концепция *приоритета системы по отношению к асинхронным событиям (SPL)*. Различные сервисы ОС должны выполняться на минимальном уровне SPL, достаточном, чтобы в это время не могли выполняться другие потоки, пользующиеся теми же управляющими структурами. Запрещение всех прерываний осуществляется на самом высоком уровне, в терминах HAL называемом SPL_SYNC [6]. В системах реального времени продол-

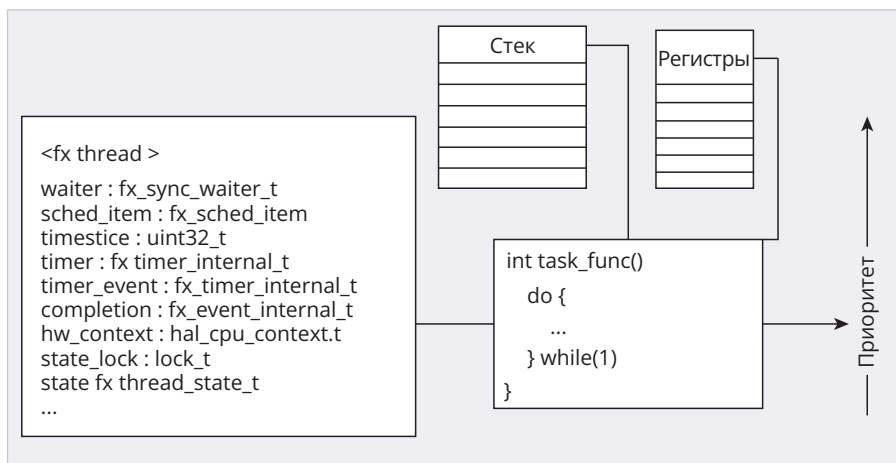


Рис. 5. Параметры потока

жительность выполнения секции кода при запрещённых прерываниях должна быть строго ограничена константой, чтобы разработчик мог рассчитать заранее, сможет ли задача среагировать на событие с заданной максимальной задержкой [7]. Уровень SPL_SYNC используется при изменении данных центральных сервисов ядра, таких как планировщик. Исполнение пользовательских нитей происходит на уровне SPL_LOW, позволяющем прерываться любыми источниками. За консистентность данных пользовательских приложений отвечают примитивы синхронизации, предоставляемые ядром. В некоторых конфигурациях FX-RTOS возможно использование дополнительных промежуточных уровней SPL, что усложняет реализацию, но позволяет гибче и быстрее реагировать на события.

Помимо управления прерываниями, при наличии аппаратной поддержки используются более сложные механизмы, такие как неблокирующая синхронизация с атомарными инструкциями и спин-блокировки в симметричных многопроцессорных системах (SMP).

Реализация потоков

Входом в ядро является функция `fx_kernel_entry`, вызывающая `fx_thread_init`, где инициализируются контейнеры системных объектов: список планируемых потоков, список таймеров. Создаётся и добавляется в очередь планировщика поток `idle` с уникальным, наименьшим приоритетом из возможных. Поток `idle` необходим для корректного функционирования ОС, чтобы замещать пользовательские потоки при отсутствии активных задач. Перед входом в нормальный режим работы устанавливается пользовательский уровень `SPL_LOW`. Это означает, что обработка любых прерываний разрешена, и потоки будут вытесняться другими потоками и прерываниями. На заключительном шаге инициализации вызывается функция `fx_app_init()`, которую определяет программист для создания начальных пользовательских объектов и задач.

Каждая нить имеет персональные секции под код и стек. Указатели на функцию входа и область, выделенную под стек, передаются в конструктор потока `fx_thread_init`, который создаёт контекст в памяти, инициа-

лизирует структуру `fx_thread_t`, хранящую состояние нити. Здесь хранятся параметры планирования (приоритет, квант), ссылка для подключения в очередь ожидания, структуры для манипуляций программным таймером, контекст (рис. 5).

Глобальная переменная `g_current_thread` хранит указатель на структуру `fx_thread_t` текущего активного потока.

Архитектура планировщика

Планировщик обладает внутренним состоянием `fx_sched_context_t`, адресуемым глобальной переменной `global_domain`. Экземпляр хранит ссылку на планировочную структуру активного потока, ссылку на очереди готовых потоков (`g_domain`) и другие поля (рис. 6).

Атрибут `g_domain` типа `fx_sched_container_t` содержит информацию обо всех потоках, готовых к выполнению, и их приоритетах. Массив из очередей потоков использует структуру `rtl_queue`, реализующую абстрактный связный список, способный содержать любые объекты [8]. Двухуровневая битовая карта приоритетов хранит все номера приоритетов (0...1023 в 32-битной системе) готовых потоков и позволяет за кратчайшее время определить наиболее приоритетную очередь (рис. 7).

При добавлении нового потока его приоритет отмечается единичными битами в `Map1` и `Map2` с индексами:

$$Idx_{map1} = Priority / Bitwidth_{int}$$

Процедура планирования (вызов `fx_sched_container_get`) сводится к определению приоритетнейшей непустой очереди и извлечению первого элемента из неё. Необходимо заметить, что фактический приоритет обратно пропорционален его номеру. Наивысший приоритет определяется по самым

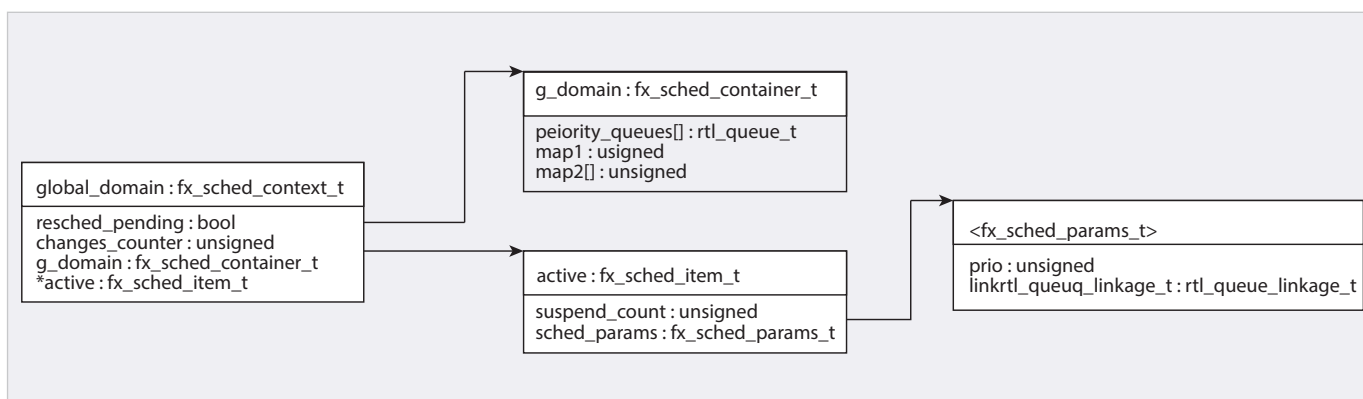


Рис. 6. Диаграмма классов управляющих структур планировщика

РЕШЕНИЕ

ВАШ НАДЕЖНЫЙ ПАРТНЕР В ОБЛАСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

АО «КБ РЕШЕНИЕ» это:

- Входной и параметрический контроль ЭКБ
- Проверка на наличие признаков контрафакта ЭКБ
- Сертификационные и другие испытания
- Организация проведения сертификации в ФСС КТ
- Проверка ЭКБ на надежность
- Испытания изделий на климатические и механические факторы

ВРЕМЯ ПРИНЯТЬ РЕШЕНИЕ

АО «КБ РЕШЕНИЕ» +7 (495) 128-55-79
119333, г. Москва, Ленинский проспект, д.51, стр.3

office@kbr.su
www.kbr.su

РЕШЕНИЕ

ВАШ НАДЕЖНЫЙ ПАРТНЕР В ОБЛАСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ



АТТЕСТАЦИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

в соответствии с ГОСТ Р 8.568-2017 и ГОСТ РВ 0008-002-2013,
от разработки программы и методики аттестации до выдачи
аттестата на испытательное оборудование



МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

в области обеспечения единства измерений, для документации
любой сложности



ВРЕМЯ ПРИНЯТЬ РЕШЕНИЕ

младшим установленным битам в Map1 и Map2:

$$Idx_{SchedQueue\ max} = Idx_{map1\ max} \times BitWidth_{int} + Idx_{map2\ max}$$

Для определения наименьшего установленного бита используется процессорная инструкция CTZ (*Count Trailing Zeroes*), реализованная в слое HW, считающая число нулевых битов в регистре после последнего единичного. Таким образом, планирование выполняется за константное время, не зависящее от числа всевозможных приоритетов и потоков, что является критической характеристикой для систем жёсткого реального времени.

Диспетчеризация

Планировщик вызывается каждый раз при изменении состояния объектов, влияющих на выполнение потоков. Необходимость планирования может возникнуть в результате системного вызова или внешнего события. Пример: чтобы заблокировать поток в ожидании ресурса, системный вызов обращается к функции `fx_sched_item_suspend()`, которая удаляет поток из очереди планировщика, а затем устанавливает флаг `resched_pending` и делает запрос программного прерывания. Обработчик программного прерывания отработает не сразу, а когда приоритет системы будет понижен с `SPL_SYNC` до `SPL_LOW` (рис. 8).

При входе в прерывание контекст потока сохраняется в стек, обработчик прерывания выполняется на отдельном стеке. Затем вызывается функция `fx_dispatch_handler()`, где проверяется флаг `resched_pending` и вызывается планировщик. Глобальная переменная `g_current_thread` перезаписывается указателем на TCB нового потока. Указатель на стековый фрейм с сохранёнными регистрами подменяется на сохранённый стек другого потока. При выходе из прерывания в регистры будет загружен уже контекст нового потока (или прежнего, если он остался самым приоритетным).

Типичное аппаратное прерывание – от системного таймера, отсчитывающего фиксированные периоды времени, «тики». По завершении каждого такого периода индексируются значения счётчиков, отмеряющих кванты работы потоков и определяющих моменты срабатывания программных таймеров. По окончании обработки вызывается

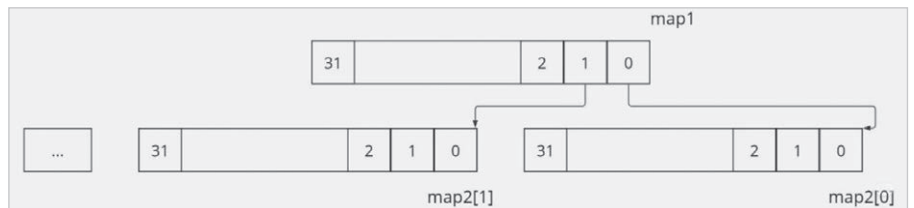


Рис. 7. Структура двухуровневой карты приоритетов

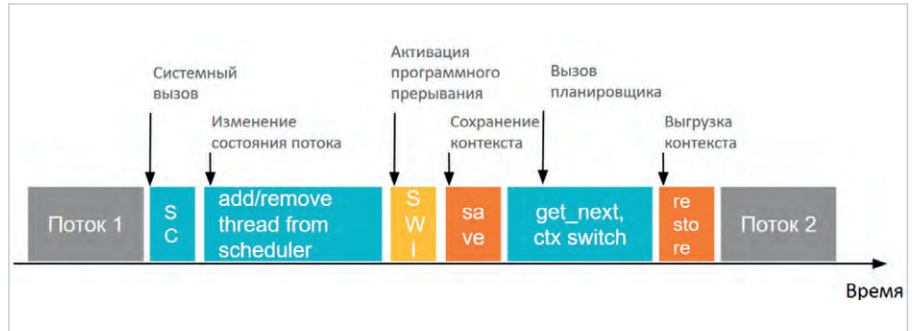


Рис. 8. Последовательность системного вызова, диспетчеризации и смены контекста

диспетчеризация, как в предыдущем случае.

Во время работы планировщика могут возникать другие прерывания, меняющие состояние потоков. Чтобы их учитывать, в вызовах функций планировщика присутствуют точки синхронизации, где прерывания разрешены и планировщик может быть вытеснен. Таким образом, возможно неоднократное вхождение в функцию планировщика, в результате корректной работы которой управление будет передано наиболее приоритетному потоку, первому в очереди.

Заключение

Ядро операционной системы – это программное обеспечение, которое управляет временем процессора, реализуя абстракцию параллельного выполнения потоков, управляющих объектами окружающей среды. Одни задачи реального мира имеют периодический, другие – аperiodический характер. При работе с гибридными наборами задач основная цель ядра – гарантировать планирование всех потоков реального времени в наилучших условиях и обеспечить достаточно хорошее среднее время отклика для действий, выполняемых не в жёстких ограничениях. Гарантия своевременной обработки аperiodических задач, вызываемых событиями, может быть достигнута только путём принятия правильных предположений о минимальном промежутке времени между двумя последова-

тельными экземплярами событий. В OCPB FX-RTOS применены все современные архитектурные и технические решения для решения задач жёсткого реального времени. Исследуемый в статье исходный код версии Lite предоставлен в свободном доступе [1]. Полный набор конфигураций ядра OCPB FX-RTOS доступен на сайте компании-разработчика.

Литература

1. Исходные тексты и примеры OCPB FX-RTOS Lite // URL: <https://github.com/Eremex/fxrtos-lite>.
2. Столлингс В. Операционные системы. Внутренняя структура и принципы проектирования. 9-е издание. М.: Диалектика-Вильямс, 2020.
3. Дейкстра Э. Языки программирования / пер. с англ. под ред. В.М. Курочкина. М.: Мир, 1972.
4. Downey A. Little book of semaphores // URL: <https://greenteapress.com/semaphores/LittleBookOfSemaphores.pdf>.
5. Buttazzo G.C. Hard Real-Time Computing Systems. Predictable Scheduling Algorithms and Applications. Third Edition. Springer, 2011.
6. FX-RTOS. Руководство по эксплуатации // URL: <https://www.eremex.ru/products/fx-rtos/#database>.
7. Разработка встроенных операционных систем реального времени // URL: https://www.eremex.ru/upload/iblock/eb6/rtos_dev_book.pdf.
8. Объяснение работы абстрактного списка list_entry // URL: <https://stackoverflow.com/questions/5550404/list-entry-in-linux>.



Отечественная и зарубежная техническая информация о радиочастотных соединениях. Терминология и не только

Кива Джурицкий

Автор данных заметок более 40 лет занимается изучением отечественной и зарубежной литературы о радиочастотных соединениях. За это время у него накопился ряд соображений о необходимости совершенствования терминологии этой области и по некоторым другим вопросам.

Соединитель или разъём?

В любой радиоэлектронной аппаратуре используется большое количество соединений между элементами печатной платы, между радиочастотным кабелем и выводом энергии, между выводами энергии. За рубежом поступают просто: всё, что является средством соединения, обозначают словом *connector* – соединитель. В отечественной литературе не только менеджеры (им простительно), но и специалисты применяют слово *разъём*. Термин «соединитель» определяется ГОСТ 21962-76 «Соединители электрические. Термины и определения»: «Соединитель – электромеханическое устройство для осуществления соединения электрических проводников». Обычно он состоит из вилки и соответствующей ей розетки. Часто вилку и розетку называют соответственно словами «папа» и «мама». Эти названия не являются официально признанными терминами, поэтому такое словоупотребление ненормативно, и их применение в технической литературе неприемлемо [1].

Рассмотрим соединители на примере широко применяемых соединителей типа SMA – рис. 1.

На рис. 1 показана часть соединителя, которую можно считать разъёмом. Остальная часть соединителя служит для установки радиочастотного кабеля или для соединения с печатной платой.

Вилка или розетка?

И в отечественной, и в зарубежной литературе вилка и розетка – это обозначения мужского или женского «пола» (*gender*) соединителя. Отсюда и зарубежные: вилка – *male, plug*, розетка – *female, jack, socket*. Соединение вилки и розетки – (*plug and jack connection*).

Законченная конструкция соединителя представляет собой сочетание пары «вилка и розетка». Принято считать, что вилка – это часть пары, которая имеет штыревой центральный контакт (*pin, male*), а розетка – гнездовой контакт (*female, socket*). Это не вызывает сомнений в случае соединителей, выполненных с резьбой на корпусе. Существует и другое определение

«пола» соединителя. «Пол» определяется не видом центрального контакта: штырь или гнездо, а исключительно видом резьбы на корпусе соединителя. Согласно этому все резьбовые радиочастотные соединители с внутренней резьбой на корпусе являются соединителями «вилка», а с резьбой на внешней части корпуса – соединителями «розетка», независимо от их полярности [2].

Однако с появлением микроминиатюрных соединителей SMB и SSMB, MCX, MCX, MMCX, SMP и др., в которых вместо резьбового соединения вилки и розетки выполнено соединение защёлкиванием (*snap-on*), понять, какая часть вилка, а какая – розетка, стало непросто. Вилкой обычно называют подвижную часть соединения пары вилка – розетка, и поэтому вилка может иметь гнездовой контакт, а розетка – штыревой центральный контакт. В качестве примера на рис. 2 показан соединитель компании AEP №2002-1541-009: «SMB / Female plug straight for cable 0,085”» – SMB прямая вилка с гнездовым центральным контактом, предназначенная для работы с полужёстким кабелем 0,085 [2].

Однако другие компании, например Rosenberger, Telegartner, придерживаются традиционного определения вилки как соединителя со штыревым контактом.

Внутренний проводник коаксиальной линии соединителя

Внутренний проводник коаксиальной линии соединителя представляет собой либо гнездовой контакт с упругими ламеллами (*socket contact with lamellas*), либо штыревой контакт (*pin contact*). Однако первые измерительные соединители, например, 14 mm (GR900), 7 mm (APC-7) были разработаны с одинаковыми внутренними подпружиненными контактами вилки и розетки, поэтому «пол» соединителей вилки и розетки был одинаков.



Рис. 1. Соединители SMA: кабельный (а), приборный коаксиально-микроразъёмный соединитель (б), соединитель для поверхностного монтажа на печатную плату (в)



Рис. 2. Соединители SMB – вилка с гнездовым контактом и розетка со штыревым контактом

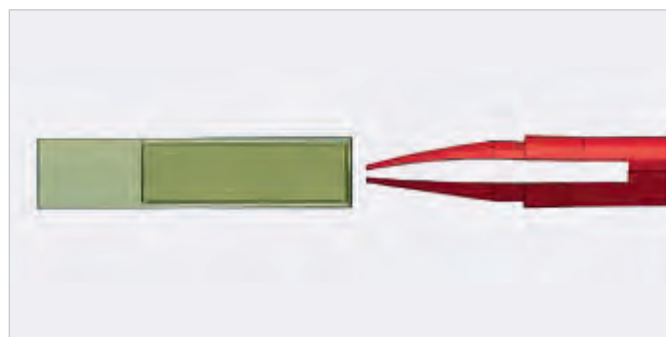


Рис. 3. Центральные проводники соединителя 0,8 мм

За рубежом такие соединители называли hermaphrodite (гермафродиты), sexless (бесполые). Но нельзя это применять в отечественной технической литературе. У нас есть своё правильное название таких соединителей – *униполярные соединители*.

Как только не называют зарубежные разработчики созданные ими контакты соединителей. Билл Олдфилд для соединителей с предельной частотой 145 ГГц предложил сделать гнездо с наружным диаметром 0,35 мм без прорезей и с очень тонкой стенкой, а штырь увеличенного диаметра сделать разрезным (с ламелями) с шириной прорезей 0,05 мм – рис. 3 [3, 4].

| | | | |
|--------------------------|---|--------------|---|
| | | | |
| SMA вилка | SMA розетка | RP-SMA вилка | RP-SMA розетка |
| Резьба на корпусе | Центральный проводник – штырь | | Центральный проводник – гнездо |
| Внутренняя | SMA вилка (SMA male) | | SMA вилка обратной полярности (RP SMA male) |
| Наружная | SMA розетка обратной полярности (RP SMA female) | | SMA розетка (SMA female) |

Рис. 4. Соединители SMA прямой и обратной полярности

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ЭЛЕКОНД

оксидно-электролитические алюминиевые конденсаторы
 K50-15, K50-17, K50-27, K50-29, K50-37, K50-68, K50-77, K50-80, K50-81, K50-83, K50-84, K50-85, K50-86, K50-87, K50-88, K50-89, K50-90, K50-91, K50-92, K50-93, K50-94, K50-95(чип), K50-96, K50-97(чип), K50-98, K50-99, K50-100, K50-101(чип), K50-102, K50-103, K50-104, K50-105, K50-106

объемно-пористые танталовые конденсаторы
 K52-1, K52-1М, K52-1БМ, K52-1Б, K52-9, K52-11, K52-17, K52-18, K52-19, K52-20, K52-21, K52-24, K52-26(чип), K52-27(чип), K52-28, K52-29, K52-30

оксидно-полупроводниковые танталовые конденсаторы
 K53-1А, K53-7, K53-65(чип), K53-66, K53-68(чип), K53-69(чип), K53-71(чип), K53-72(чип), K53-74(чип), K53-77(чип), K53-78(чип), K53-79(чип), K53-80(чип), K53-82

ионисторы (суперконденсаторы)
 K58-26, K58-27, K58-28, K58-29, K58-30, K58-31

накопители электрической энергии на основе модульной сборки суперконденсаторов
 МИК, МИЧ, ИТИ, НЭЭ

КОНДЕНСАТОРЫ
разработка и производство

Россия, 427968, Удмуртская Республика, г. Сарапул, ул. Калинина, 3
 Тел.: (34147) 2-99-53, 2-99-89, 2-99-77, факс: (34147) 4-32-48, 4-27-53
 e-mail: elecond-market@elcudm.ru, www.elecond.ru

Реклама



Рис. 5. Кабельная сборка и кабель

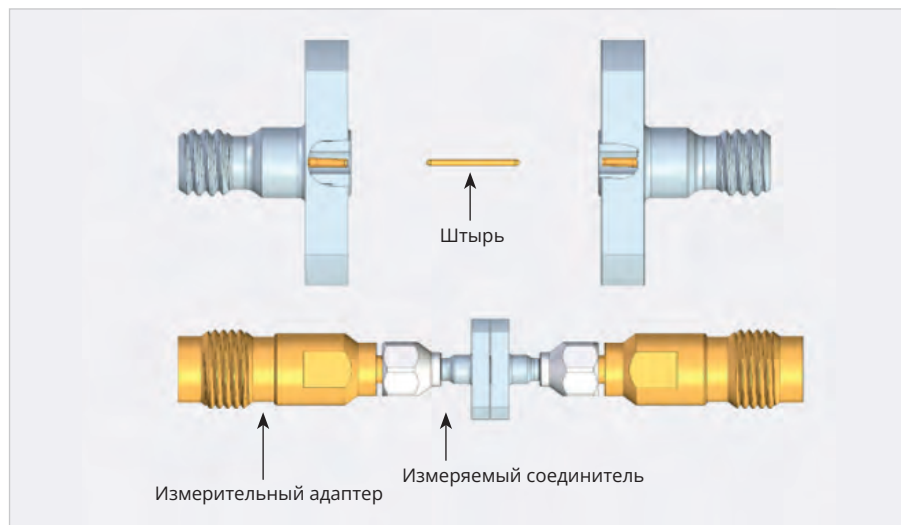


Рис. 6. Иллюстрация метода Back-to-Back измерения параметров соединителей. Этот метод не приведен в отечественном стандарте

Этот контакт он назвал the lobster claw («коготь омара»).

А другой свой оригинальный контакт для соединителей мм-диапазона длин волн (с предельной частотой 60 ГГц) Билл Олдфилд назвал «арбузное семечко» (a watermelon seed contact). Ему простительно, так как он был выдающимся создателем радиочастотных соединителей.

«Пол» и полярность радиочастотного соединителя

Правильная идентификация радиочастотного соединителя включает в себя определение двух независимых друг от друга понятий: «пол» и «полярность». После определения «пола» соединителя можно установить его полярность. Подчеркнём, что для соединителей понятия прямая и обратная полярность относятся только к интерфейсу их центрального проводника, но не к полярности сигнала. Более того, нет никакой разницы в электрических параметрах стандартных соединителей и их аналогов обратной полярности. Термин «обратная полярность» (reverse polarity – RP), по сути, означает только смену «пола». Из-за этого нередко возникает путаница, так как обычно подразумевается, что это электрическая полярность.

Для определения полярности надо посмотреть на центральный проводник соединителя. Если центральный проводник штыревой, то соединитель – вилка. Если центральный проводник гнездовой, то это розетка. При совпадении «пола» соединителя, определённого по виду резьбы на корпусе, и по виду центрального проводника соединитель имеет стандартную полярность, если совпадения нет – обратную полярность.

Подведём итоги:

- стандартный соединитель вилка прямой полярности имеет корпус с внутренней резьбой и штыревой центральный проводник;
- соединитель вилка обратной полярности имеет корпус вилки и гнездовой центральный проводник;
- стандартный соединитель розетка прямой полярности имеет корпус с наружной резьбой и центральный гнездовой проводник;
- соединитель розетка обратной полярности имеет корпус розетки и штыревой центральный проводник.

Таким образом, резьбовые соединители обратной полярности и стандартные соединители имеют одинаковые корпуса, но центральный проводник в них изменяется на противоположный: штыревой контакт в розетке обрат-

ной полярности и гнездовой контакт в вилке обратной полярности.

Соединители обратной полярности имеют и второе название – реверсивные соединители (RP connectors – reverse polarity connectors).

В качестве примера на рис. 4 показаны соединители SMA вилка и розетка стандартные (прямой полярности) и реверсивные (обратной полярности) [4].

Адаптер или переход?

Переходное устройство с различным сочетанием соединителей розетка и вилка для одного или разных сечений коаксиального канала называют в зарубежной технической литературе адаптером (adapter), в отечественной литературе – переходом, переходником. Адаптеры применяют для электрической связи радиотехнических устройств, имеющих на выходе соединители в случаях, когда эти соединители отличаются друг от друга:

- размерами коаксиального канала;
- типом разъёма: розетка или вилка;
- способом соединения с ответной частью: резьбовое, байонетное, защёлкиванием или униполярное;
- видом резьбы на корпусе: метрическая или дюймовая;

Кроме того, адаптеры применяют для предохранения выходных соединителей от износа и поломки в процессе настройки радиотехнического устройства, если требуются многократные соединения и рассоединения устройства [6].

Набор адаптеров одного сечения канала называют одноканальными (in-series adapters), разных сечений – межканальными (between-series adapters).

Переходы, переходники применяют в вышеперечисленных случаях, но они могут выполнять и другие функции: коаксиально-полосковые переходы, коаксиально-микрополосковые переходы, коаксиально-волноводные переходы, которые конструктивно и по назначению отличаются от адаптеров. Поэтому целесообразно было бы называть переходные устройства для измерений адаптерами, а все остальные переходные устройства – переходами.

Кабельная сборка или кабель?

Термин «cable assembly» пришёл к нам из зарубежной технической литературы, где уже давно используется в стандарте МЭК (Международной электротехнической комиссии) [7]. В этом стандарте приведено следующее определение кабельной сборки: «Кабельная сборка – сочетание кабеля и соединителя(ей) с дополнительной защитой и маркировкой либо без них, имеющее установленные тех-

нические характеристики». Однако в отечественном классификаторе ЕСКД термин «кабельная сборка» отсутствует. Поэтому в конструкторской документации приходится использовать разрешённый классификатором термин «кабель» (код классификационной характеристики 685671). Это приводит к смысловой несуразнице – *кабель, изготовленный из кабеля* – рис. 5.

Вполне очевидно, что уже давно назрела необходимость введения в классификатор ЕСКД термина «кабельная сборка».

Отечественные стандарты в области радиочастотных соединителей

Их всего три: ГОСТ 20465–85 «Соединители радиочастотные коаксиальные. Общие технические условия», ГОСТ РВ51914–2002 «Элементы соединения СВЧ трактов электронных измерительных приборов. Присоединительные размеры» и ГОСТ 13317–89 «Элементы соединения СВЧ трактов радиоизмерительных приборов. Присоединительные размеры». Эти ГОСТы давно уже не соответствуют международным стандартам как по параметрам соединителей, так и по методикам их измерения. В частности, за рубежом, а теперь уже и в нашей стра-

не, КСВН и потери соединителей измеряют методом Back-to-Back – рис. 6 [8].

Были проблемы с введением в ГОСТ РВ51914–2002 коаксиального тракта 2,92/1,27 мм с диапазоном рабочих частот 0–40 ГГц. В нашей стране велись разработки модулей СВЧ в Ка-диапазоне частот. Ранее широко применявшиеся соединители типа SMA (тип IX по ГОСТ РВ51914–2002) с предельной частотой 18 ГГц и тип 3.5 мм с предельной частотой 33 ГГц уже не обеспечивали работу в Ка-диапазоне частот (0–40 ГГц). Для работы в этом диапазоне частот необходимы были зарубежные Ка-соединители, но их применение не было разрешено отечественным стандартом. И только благодаря совместным усилиям АО «Микран» и АО «НПП «Исток» им. Шокина» не так давно удалось добиться внесения этого канала в ГОСТ РВ51914–2002.

Заключение

Нет сомнения, что наши опытные разработчики изделий СВЧ-техники могли бы высказать и ряд своих замечаний. И это было бы на пользу делу. Может быть, последуют изменения в лучшую сторону.

Литература

1. Электрический соединитель // URL: <https://clck.ru/WctdT>.
2. Дрю ринский К. Б. Радиочастотные соединители, адаптеры и кабельные сборки. М.: ООО «ВАШ ФОРМАТ», 2018. 400 с.
3. Charles Tumbaga, Anritsu Co. 0.8 mm Connectors Enable D-Band Coaxial Measurements. Microwave Journal, 2019, № 3 (March).
4. Кищинский А. А., Дзюринский К. Б. Твердотельные усилители СВЧ-диапазона. Новые радиочастотные соединители. М.: ООО «ВАШ ФОРМАТ», 2022. 432 с.
5. Oldfield B. Backside Connections. Microwave Journal, 1997, March.
6. Дрю ринский К. Миниатюрные коаксиальные радиокомпоненты для микроэлектроники СВЧ. Соединители, коаксиально-микроразветвляющие переходы, адаптеры, СВЧ-вводы, низкочастотные вводы, изоляционные стойки, фильтры помех. М.: «Техносфера», 2006. 216 с.
7. IEC 60966-1 ed.2.0 (1999). International standard. Radio frequency and coaxial cable assemblies. Part 1: Generic specification – General requirements and test methods.
8. Microwave Products Division – Southwest Microwave // URL: southwestmicrowave.com. ©



АО «ВЗПП-С»

vzpp-s.ru / (473) 223-6951 / market@vzpp-s.ru

РАЗРАБОТАНО
И ПРОИЗВЕДЕНО
В РОССИИ

НОВЫЕ СЕРИЙНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

Двухканальные драйверы управления затворами ДМОП и БТИЗ:

- К5342ЕХ014 и К5342ЕХ015

7÷35 В, 4/-4 А, 50/50 нс, с функцией UVLO и ENABLE. Корпус: 4320.8-А, 5205.8-2



- серии К1347 (6 типоминалов)

6÷20 В, 2/-2 А, 70/75 нс. Корпус: 4320.8-А, 2101.8-1



- серии 1347 (6 типоминалов)

6÷20 В, 2/-2 А, 70/75 нс. Корпус: 5205.8-2, 2101.8-7



Кремниевый ДШ КДШ159А9 и диодная сборка КДШ159АС9

30 В; 0,5 А; (2 × 0,5) А; 0,6 В. Корпус: КТ-46



Кремниевые радиационно-стойкие симметричные n-канальные полевые транзисторы 2П623А9 и 2П623А91

20 В; 40 мА; -1 нА; 0,8 нВ/√Гц. Корпус: КТ-98-1, КТ-46



Полевые транзисторы КПЕ119А9 и КПЕ119Б9

30/-30 В; 2,5/-1,7 А; 0,085/0,100 Ом. Корпус: КТ-46



Современные алюминиевые, полимерные, гибридные конденсаторы и ионисторы компании LELON Electronics

Юрий Петропавловский

Данная статья подробно рассказывает о тайваньской компании LELON, которая является одним из крупнейших производителей алюминиевых электролитических конденсаторов. В статье приводится подробный обзор линеек конденсаторов и ионисторов, выпускаемых компанией LELON, – рассматриваются их преимущества, сферы применения и особенности.

Электролитические конденсаторы (E-Cap) широко применяются в самой различной электронной аппаратуре, в том числе специальной, промышленной электронике и автоматике, силовой электронике, автомобилях и других транспортных средствах, компьютерной и офисной технике, медицинском оборудовании и многих других отраслях. Существенный вклад в мировое производство электролитических конденсаторов вносит группа LELON Group.

LELON (штаб-квартира в г. Тайчжун, Тайвань) ведёт свою деятельность с 1976 года, когда г-н У Дэцзюн (Wu Dejun, или T. C. Wu) основал компанию Lilong Electronics, впоследствии переименованную в LELON Electronics Corporation. Все последующие годы компания уверенно развивалась, наращивая производственные мощности и создавая новые предприятия и компании.

В последние годы LELON начала внедрять в производства новые виды продукции. В 2021 году введены в строй предприятия по производству полимерных конденсаторов в Хойчжоу (HZ, рис. 1). В 2022 году введено в строй новое предприятие

по производству Al E-Cap в Хучжоу (SZ, рис. 2).

В настоящее время LELON является одним из крупнейших мировых производителей алюминиевых электролитических конденсаторов и находится в одном ряду с такими известными производителями, как ELNA, Rubycon, Nichicon, TDK и другими. LELON Group по-прежнему возглавляет основатель компании T. C. Wu, а главным исполнительным директором (CEO – Chief Executive Officer) является господин Jimmy Wu. Большая часть персонала LELON из 2500 человек работает на предприятиях в КНР. На Тайване занято 122 сотрудника. В последние годы годовой доход компании уверенно растёт (кроме периода коронавирусных ограничений), на рис. 3 показана диаграмма доходов LELON в млн USD. Компания и её производства сертифицированы по стандартам ISO-9001, 14001.

LELON производит широкую номенклатуру алюминиевых электролитических конденсаторов общего назначения (рис. 4):

- цилиндрические (Radial) на напряжения от 4 В до 500 В – с малыми потерями (Low ESR), высоконадёж-

ные (High Reliability), с повышенными рабочими температурами 105/130/150°C; для поверхностного монтажа (SMD CAP, V-Chip) на напряжения 4...450 В – Low ESR, вибростойкие, с повышенными рабочими температурами 125/150°C;

- с монтажными клеммами (Snap-in) – с защитой от возгорания (Flame Retardant), с рабочей температурой 105°C;
- с винтовым креплением (Screw) – с напряжением до 525 В, с рабочими температурами 85/105°C;
- силовые аксиальные (Power Axial) – помехоподавляющие для работы с большими пульсациями тока (High Ripple Current), Low ESR, на напряжения 25...100 В, вибростойкие, с рабочими температурами 125/150°C.

Компания также производит продукты для автомобильной электроники, её предприятия в КНР сертифицированы по стандартам IATE и AEC-Q200. Производство располагает оборудованием для различных испытаний продукции, в том числе на ударопрочность (Shock Test), вибростойкость (3D-Vibration Test) и испытания на воздействие высоких и низких температур (Temperature Circle Test).

Силовые аксиальные конденсаторы компании для автомобильных приложений (AE Application) могут применяться в системах управления двигателями, вентиляторами охлаждения радиаторов двигателей внутреннего сгорания, рулевых приводах, автомобильных насосах, вентиляторах охлаждения батарей, контроллерах коробок



Рис. 1. Предприятия по производству полимерных конденсаторов в Хойчжоу

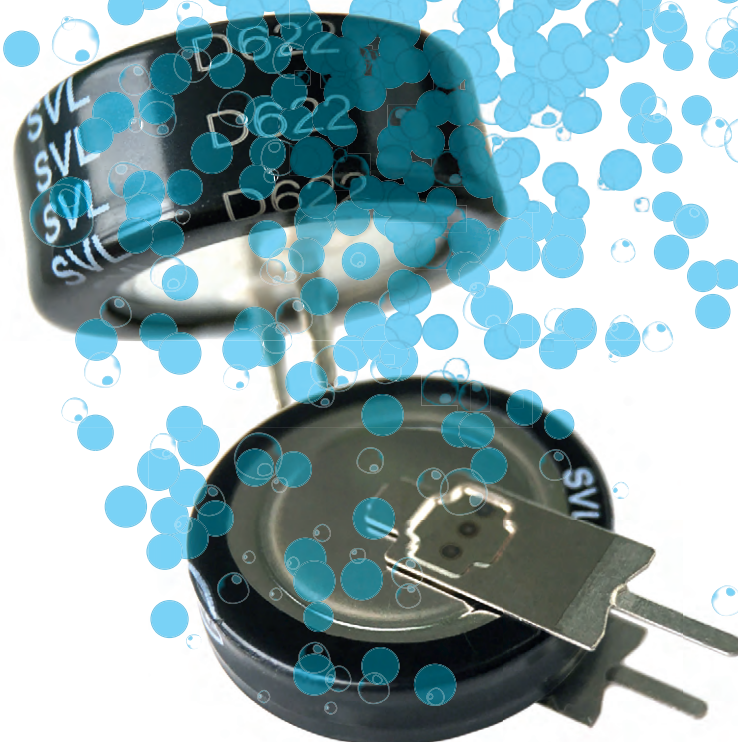


Рис. 2. Новое предприятие по производству Al E-Cap в Хучжоу



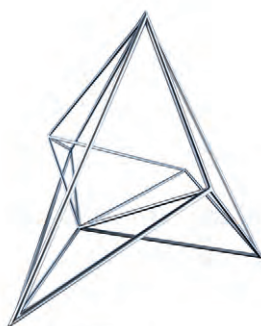
РЕЗЕРВНОЕ ПИТАНИЕ: ТАБЛЕТКИ СО СКЛАДА

Ионисторы (суперконденсаторы) производства компании Lelon



- Полная линейка ёмкостей (от 0,47 до 1,5 Ф) в форм-факторе Coin («таблетка»)
- Радиальные ионисторы с ёмкостями до 10 Ф
- Версии для применения при пониженных (-40 °С) и повышенных (+85 °С) температурах в корпусах типа С (горизонтальные) и V (вертикальные).
- Быстрый цикл зарядки/разрядки
- Высокое качество изготовления и сборки
- Проверенная временем надёжность легендарного производителя

Подробная информация, заказ образцов
и техподдержка: connectors@symmetron.ru



Symmetron

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

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

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



www.symmetron.ru

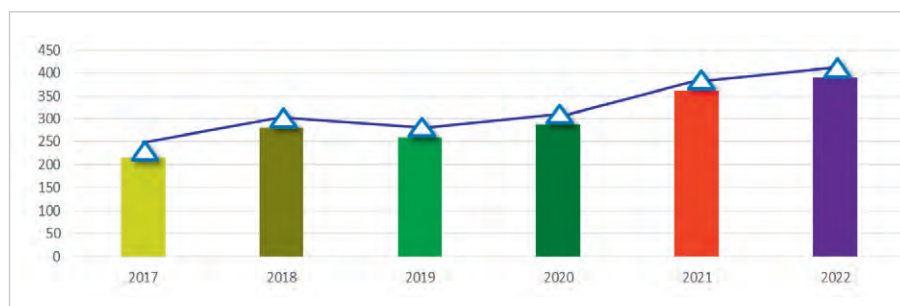


Рис. 3. Диаграмма доходов LELON в млн USD по годам



Рис. 4. Номенклатура алюминиевых электролитических конденсаторов LELON

передач. Приведём краткие характеристики некоторых серий аксиальных конденсаторов:

- серии TUR/TSR – Low ESR, вибростойкие, устойчивые к пульсациям тока, 25...400 В, 1400...10 000 мкФ, 125°C;
- серии TUK/TSK – Low ESR, вибростойкие, устойчивые к пульсациям тока, срок службы 5000 ч, 25...100 В, 220...10 000 мкФ, 125°C.

Конденсаторы LELON находят применение и в различных системах гибридных автомобилей с напряжением питания 48 В, например, в стартер-генераторах с ременным приводом (Belt Starter Generator/BSG), интегрированных стартер-генераторах (Integrated Starter Generator/ISG), DC-DC преобразователя напряжения 12 В / 48 В, блоках литий-ионных аккумуляторов (рис. 5).

LELON выпускает большую номенклатуру полимерных и гибридных конденсаторов двух типов – конденсаторы

на основе проводящего органического полимера (Organic Conductive Polymer Capacitors) и гибридные полимерные конденсаторы (Conductive Polymer Hybrid Capacitors). Коротко рассмотрим в общем виде устройство и особенности полимерных и гибридных конденсаторов.

Первые конденсаторы на основе проводящих полимеров начали

выпускаться в начале 90-годов, с тех пор технологии их производства претерпели значительные изменения. Компания LELON начала массовое производство полимерных конденсаторов в 2021 году на своём новом заводе в Хойчжоу (рис. 1). Существует несколько основных разновидностей полимерных конденсаторов, включая гибридные. Каждый тип отличается материалами электролита и электродов, корпусом и областью применения.

Многослойные полимерные алюминиевые конденсаторы, в которых в качестве электролита используют проводящий полимер и алюминиевый катод (рис. 6). Такие конденсаторы охватывают диапазон напряжений от 2 до 25 В и диапазон ёмкостей составляет от 2,2 до 560 мкФ. Отличительными электрическими характеристиками этих конденсаторов являются



Рис. 5. Применения конденсаторов LELON

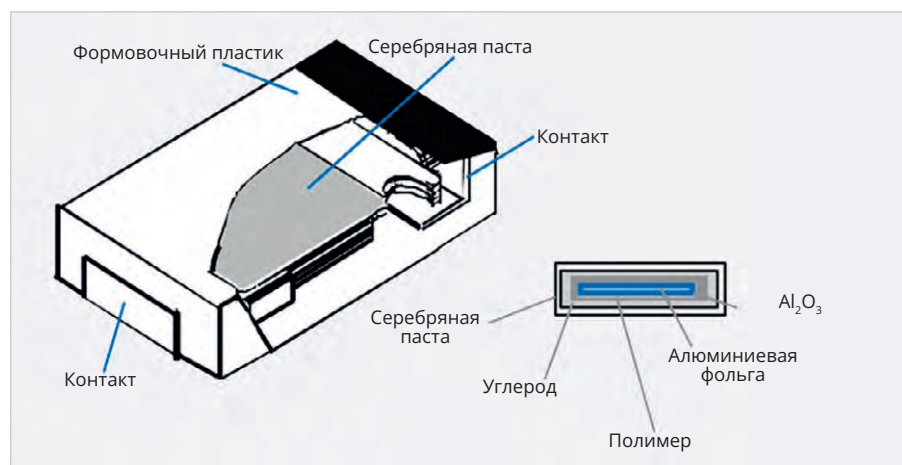


Рис. 6. Многослойный полимерный алюминиевый конденсатор

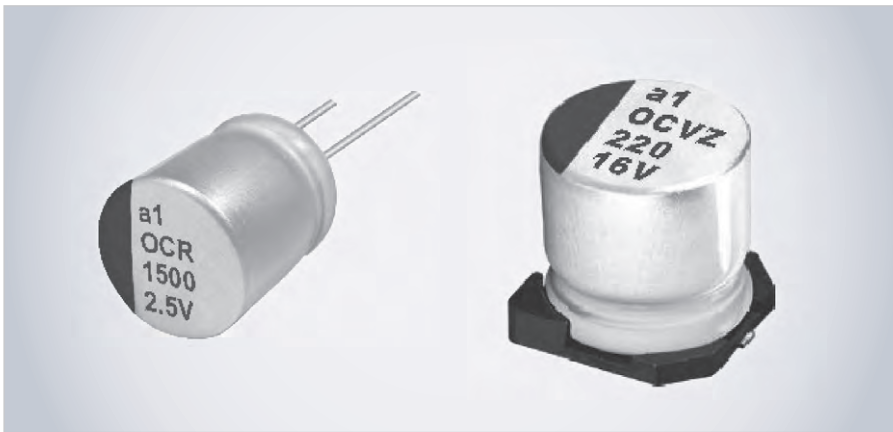


Рис. 7. Плёночные конденсаторы на основе проводящего органического полимера

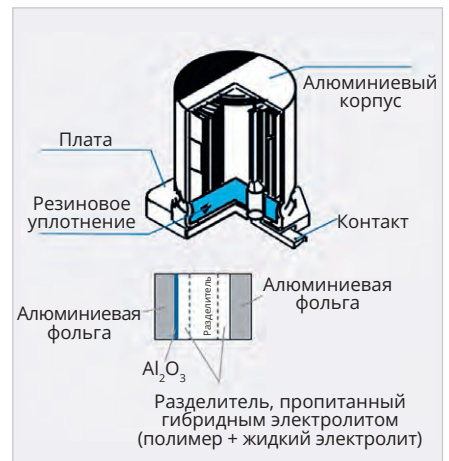


Рис. 8. Полимерный гибридный аллюминиевый конденсатор



Рис. 9. Гибридные полимерные конденсаторы

очень малое эквивалентное последовательное сопротивление (ESR), порядка нескольких мОм, и большая удельная ёмкость на кубический сантиметр. Конденсаторы выпускаются в низкопрофильных компактных пластиковых корпусах для поверхностного монтажа очень малых размеров, что допускает их применение в различных портативных электронных устройствах, а также других приложениях, где требуется малая высота компонентов (LELON многослойные полимерные конденсаторы не выпускает).

Плёночные полимерные аллюминиевые конденсаторы также основаны на проводящих полимерах и аллюминии, но их фольговые обкладки свёрнуты в рулон. По сравнению с другими типами полимерных конденсаторов плёночные конденсаторы покрывают более широкий диапазон напряжений (2,5...100 В) и ёмкостей (3,3...2700 мкФ). Как и многослойные полимерные конденсаторы, конденсаторы плёночного типа имеют исключительно низкие значения ESR. Плёночные конденсаторы также могут изготавливаться в корпусах для поверхностного монтажа, хотя и не столь компактных, как у многослой-

ных конденсаторов. Компания LELON выпускает плёночные конденсаторы на основе проводящего органического полимера (Organic Conductive Polymer Capacitor, рис. 7). Основные особенности и характеристики конденсаторов: отсутствие электролита, ультрамалое ESR, высокая устойчивость к пульсациям тока, длительный срок службы, соответствие директиве RoHS (допустима температура пайки 260°C), отсутствие галогенов; диапазон рабочих напряжений 2,5...63 В; диапазон рабочих температур -55...+125°C; диапазон ёмкостей 6,8...2700 мкФ; размеры от 5×4,4 мм до 10×20 мм, долговечность от 2000 до 20 000 ч.

В танталовых полимерных конденсаторах в качестве электролита используется проводящий полимер, а материалом катода служит тантал. Конденсаторы ёмкостью от 2,7 до 680 мкФ выпускаются на рабочие напряжения от 1,8 до 35 В. Значения их ESR также низки, и у некоторых из них составляют всего 5 мОм. Выпускаемые в корпусах из формованного пластика, танталовые полимерные конденсаторы являются одними из самых компактных (LELON не выпускает танталовые полимерные конденсаторы).

Полимерные гибридные аллюминиевые конденсаторы. Как следует из их названия, в этих конденсаторах в качестве электролита используется комбинация жидкости и проводящего полимера (рис. 8), а в качестве катода – аллюминий. Идея, лежавшая в основе этого технического решения, заключалась в объединении лучших свойств обоих материалов: использование полимеров обеспечивает высокую проводимость и, соответственно, низкое ESR, при этом жидкая составляющая электролита может выдерживать более высокие напряжения и позволяет получать более высокие значения ёмкости благодаря большой эффективной площади поверхности. Гибридные конденсаторы могут иметь диапазон рабочих напряжений от 25 до 80 В, а ёмкостей – от 10 до 330 мкФ. Значения ESR у гибридов выше, чем у других типов полимерных конденсаторов, но, принимая во внимание более мощные приложения, для которых они предназначены, всё же достаточно низкие – от 20 мОм до 120 мОм.

LELON также выпускает гибридные полимерные конденсаторы (рис. 9), отличающиеся высокой надёжностью, большим сроком службы (4000–10 000 ч) и вибростойкостью (до 10g), что позволяет их использование в автомобильных приложениях. Конденсаторы выпускаются на напряжения от 16 до 80 В, диапазон ёмкостей от 10 до 470 мкФ, диапазон рабочих температур -55...+135°C, размеры от 6,3×5,8 мм до 10×12,5 мм. Обеспечивается поддержка директивы RoHS и температуры пайки до 260°C.

Все типы полимерных конденсаторов отличаются великолепными частотными характеристиками. Бла-



Рис. 10. Корпус конденсатора Coin Type

годаря сверхнизким значениям ESR они имеют низкий импеданс вблизи точки своего резонанса. А более низкий импеданс уменьшает пульсации переменного тока в силовых цепях. Различные испытания показывают многократное снижение амплитуды пульсаций в цепях с полимерными конденсаторами по сравнению с обычными танталовыми конденсаторами с низким значением ESR.

Характеристики полимерных конденсаторов остаются стабильными в течение долгого времени, эта стабильность важна для промышленных и автомобильных приложений, где, как правило, происходят значительные колебания рабочих температур. Повышенные температуры могут вызывать потерю до 90% и более эффективной ёмкости обычных электролитических конденсаторов, а это означает, что обычные конденсаторы не обеспечивают должных характеристик в реальных условиях эксплуатации. Гибридные конденсаторы добавляют к стабильности ёмкости ещё одно измерение. В типичных условиях эксплуатации их ёмкость остаётся неизменной – и на высоких частотах, и при низких температурах – факторах, уменьшающих ёмкость конденсаторов с обычным жидким электролитом.

Для обычных электролитических конденсаторов характерны проблемы безопасности, способные привести к их короткому замыканию и выходу из строя. Угроза безопасности возникает, когда электрические или механические напряжения создают дефекты или разрывы в оксидной плёнке, образующей диэлектрик конденсатора. Полимерные же конденсаторы способны к самовосстановлению, которое устраняет этот аварийный режим. В случае гибридных конденсаторов начинает действовать дополнительный механизм самовосстановления,

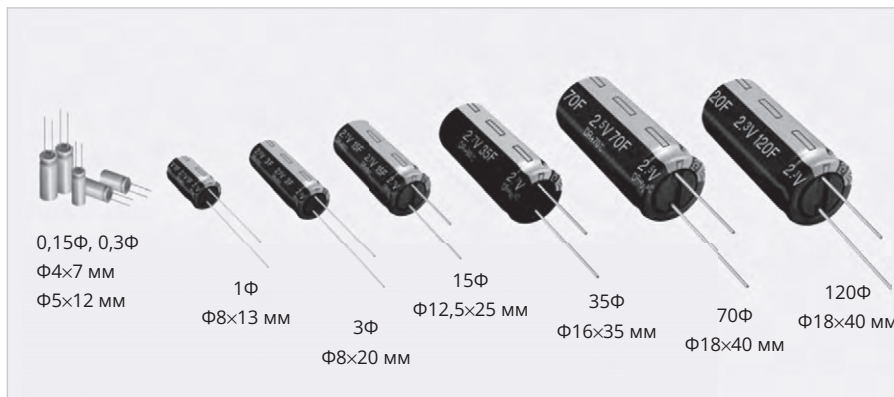


Рис. 11. Обычные корпуса конденсаторов

так как жидкий электролит вызывает поток тока вблизи дефекта, восстанавливая оксидный слой алюминия. Повышенная безопасность полимерных и гибридных конденсаторов имеет большое значение как с технической точки зрения, так и с финансовой. Для безопасной эксплуатации разработчики, как правило, используют обычные танталовые конденсаторы при напряжениях на 30–50% ниже их номинального напряжения. Это общепринятое в инженерной практике занижение номинальных параметров ведёт к необходимости использования конденсаторов больших размеров и стоимости. Напротив, для полимерных конденсаторов можно рассчитывать на работу при 90% от номинального напряжения.

В 2017 году LELON начала выпуск двухслойных электролитических конденсаторов EDLC (Electrolytic Double Layer Capacitor), другие названия – суперконденсаторы или ионисторы. Приборы выпускаются в корпусах в виде «монеты» (Coin Type, рис. 10) и обычных корпусах Radial, Snap-in с ёмкостями до 120 Ф (рис. 11). EDLC находят применение в самых различных отраслях промышленности, автомобилях и других транспортных средствах, энергетике, в бытовых приборах и так далее, области применения EDLC, рекомендуемые компанией LELON, приведены на рис. 12.

Коротко рассмотрим устройство и особенности применения суперконденсаторов. В настоящее время получили широкое распространение устройства, потребляющие высокую мощность в течение короткого времени, например, реле, электродвигатели, импульсные излучатели и другие устройства и системы. Для них не всегда можно использовать аккумуляторы, так как в них могут возникнуть сложности с

формированием мощных кратковременных токов. Для таких ситуаций стали использовать суперконденсаторы, которые можно устанавливать вместо аккумулятора или в комбинации с ним. Для изготовления этих элементов и применяется технология EDLC. Суперконденсаторы представляют собой электролитические конденсаторы с большими показателями удельной мощности. Они отличаются лучшими техническими характеристиками, чем аккумуляторы. Эти элементы быстрее заряжаются и разряжаются, схематично устройство ионистора показано на рис. 13. Основные характеристики ионисторов: внутреннее сопротивление (измеряется в мОм), максимальный ток (А), номинальное напряжение (В), ёмкость (Ф), параметры саморазряда. В качестве электродов в приборах применяется активированный уголь или углерод на вспененной основе. Эти компоненты помещаются в электролит. Сепаратор предназначен для защиты устройства от короткого замыкания электродов. Существуют и другие варианты конструкций ионисторов, выпускаемых различными производителями.

Суперконденсаторы могут накапливать заряды в тысячи и миллионы раз больше, чем обычные электролитические конденсаторы, и работают быстрее эмуляторов. Это обусловлено тем, что суперконденсаторы создают статистические заряды на твёрдых телах, а батареи зависят от медленно протекающих химических реакций. Батареи характеризуются более высокой плотностью энергии, а ионисторы – более высокой плотностью мощности. Суперконденсаторы способны функционировать при довольно низких напряжениях, а для получения большего напряжения их нужно последовательно соединить. Такой вариант



Рис. 12. Возможные сферы применения конденсаторов и ионисторов

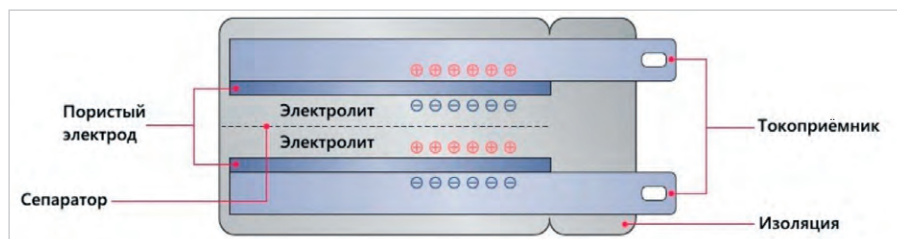


Рис. 13. Устройство ионистора

необходим для более мощного оборудования.

Двухслойные суперконденсаторы состоят из пористых электродов, разделённых сепаратором. Электрический заряд в таких устройствах определяется ёмкостью двойного электрического слоя. Электролит является соединяю-

щим проводником с ионной проводимостью.

Компания LELON выпускает более десятка серий EDLC, каждая из которых насчитывает не один десяток типов приборов. Приведём основные характеристики некоторых серий ионисторов компании:

- SCL (корпус Coin) – номинальное напряжение 5,5 В, ёмкость от 0,22 до 1,5 Ф, диапазон рабочих температур $-25...+70^{\circ}\text{C}$;
- SVL (Coin) – 5,5 В, от 0,22 до 1,5 Ф, $-40...+70^{\circ}\text{C}$;
- SVLT 3,6/5,5 V (Coin) – 3,6/5,5 В от 0,22 до 1,5 Ф, $-25...+85^{\circ}\text{C}$;
- SCLT 3,6/5,5 V (Coin) – 3,6/5,5 В, от 0,22 до 1,5 Ф, $-40...+85^{\circ}\text{C}$;
- SRL 2,7/3 V V (Radial) – 2,7/3 В, от 1/3 до 100/50 Ф, $-40...+70^{\circ}\text{C}$.

LELON поставляет свою продукцию множеству известных компаний мира, работающих в различных сферах деятельности. Это как нельзя лучше иллюстрирует надёжность и высокую репутацию компании.



НОВОСТИ МИРА

В российской компьютерной технике пропишутся CPU Loongson из Китая

Стало известно о том, что российский бренд «Норси-Транс» собирается производить компьютерную технику, построенную на китайских центральных процессорах торговой марки Loongson. Причём первая партия, составляющая около сотни китайских CPU, уже закуплена для выпуска тестовых образцов.

По словам гендиректора «Норси-Транс» Сергея Овчинникова, сказанном на форуме «Микроэлектроника» в Сочи, компания готовится к запуску производства техники на базе процессоров от китайской Loongson. Это серверы и СХД, а также персональные компьютеры с ноутбуками.

Кроме того, Алексей Смирнов, один из топ-менеджеров российского разработчика «Базальт СПО», дополнил эту информацию тем, что в этом направлении они

являются партнёром компании «Норси-Транс» и адаптируют свои операционные системы семейства «Альт» под чипы Loongson.

Нужно отметить, что и другие российские компьютерные бренды задумываются о выпуске ПК и серверного оборудования, основанных на платформах Loongson, так как китайские партнёры официально разрешили ввоз в Россию процессоров на фоне включения Loongson в американские санкции.

techcult.ru

Проблематика влагостойкости РЭА. Усиление защиты доступными способами

Андрей Ласорла

Проблема влагостойкости и надёжности радиоэлектронной аппаратуры не решается быстро из-за разрозненности информации о современных разработках. При попадании воды в корпус электронных конструкций и даже при повышенной влажности воздуха, способствующей конденсации влаги, происходит ухудшение диэлектрических свойств изоляционных материалов, контактных площадок, соединений и печатных проводников – важных конструктивных элементов современной РЭА. Электронные устройства для бытового назначения по определению не предназначены для использования в средах с повышенной влажностью, температурой, а также в водной среде, и неминуемо приходят в негодность, если перед эксплуатацией не провести их специальной обработки. В статье дан анализ современных методов влаго- и аквазащиты РЭА, а также рассматриваются доступные варианты защиты радиоэлементов и устройств на примере производств КНР и Великобритании.

Рисковые факторы влажности

Нормальной влажностью условно считается относительная влажность 60...75% при температуре +20...+25°C. От прямого воздействия влаги стационарная и транспортируемая РЭА бытового назначения, как правило, не защищена и не должна эксплуатироваться в таких условиях. Однако даже на такое оборудование регулярно при эксплуатации воздействуют пары влаги окружающего воздуха. Выпадение росы (конденсация на холодных поверхностях конструкции) вызывается понижением температуры – это естественное состояние во время эксплуатации и после отключения питания и последующего хранения РЭА без специальной консервации. К примеру, если в течение суток эксплуатации среднее значение влажности внутри РЭА составило 70%, то «точка росы» оказывается на 5°C ниже температуры внутри РЭА. Длительное воздействие высокой влажности вызывает коррозию металлических конструкций, деформацию элементов корпуса и даже гидролиз органических материалов. Продуктом гидролиза являются органические кислоты, разрушающие органические материалы и вызывающие интенсивную коррозию металлических несущих конструкций. Наличие во влажной атмосфере промышленных газов и пыли приводит к прогрессирующей коррозии. В результате создания

«благоприятных условий» для образования плесени воздействие влаги многократно усиливается.

Влагозащитные покрытия должны обеспечивать защиту РЭА, в том числе от случайного замыкания в открытых и в разъёмных соединениях проводников посторонними токопроводящими предметами, и надёжную работу электронных изделий в течение всего срока службы радиоэлектронной аппаратуры в жёстких условиях эксплуатации при воздействии таких факторов, как:

- влага;
- агрессивные химикаты, включая кислоту;
- соляной туман;
- температурные колебания (перепады температуры, приводящие к возникновению механических напряжений, низкое атмосферное давление);
- механические факторы (вибрации, удары, линейные ускорения, акустические шумы);
- микробиологическая коррозия (органические образования – грибки, бактерии).

Интенсивное нагревание переохлаждённой аппаратуры перед приведением её в рабочее состояние приводит к конденсации влаги на элементах конструкции [8]. Капли конденсата собираются в местах «ловушек влаги», поэтому и в этом случае нельзя исключать регулярное, а иногда и постоянное воздействие влаги на корпус и элементы РЭА. Существенно влияние влажности

на электрические соединения приводит к коррозии проводников, появлению «налётов» на разъёмных контактах, ухудшающих качество соединений. При загрязнении (пылью и влагой) отказывают и паяные соединения, окисная плёнка в гнездовых контактах соединителей приводит к отказам РЭА. Сложность также в том, что неисправность может быть «трудноопределимой», «плавающей», нестабильной, вести к необоснованному длительному времени ремонтно-восстановительных работ или к замене целиком дорогостоящих блоков РЭА. При поглощении влаги изменяют качественные параметры и слоистые диэлектрики, в результате на печатных платах образовывается водяная плёнка, а это способствует снижению сопротивления изоляции диэлектриков, появлению токов утечки, электрическим пробоям, механическим разрушениям вследствие изменения форм-фактора материала. Страдает также электрическая прочность, что особенно сказывается на работоспособности высоковольтных узлов. Влажность ускоряет разрушение лакокрасочных покрытий, нарушает герметизацию и целостность заливки элементов влагозащитными материалами. Всё это – реальная проблематика явления.

Обоснование метода повышения влагостойкости

Волокнистые органические материалы, каким является дешёвый китайский пластик, склонны к быстрому старению, особенно при повышенных температурах и влажности. Старение происходит из-за термической деструкции целлюлозы, нарушения внутримолекулярных химических связей, что приводит к ухудшению эластичности, уменьшению механической прочности материалов, а также к ухудшению диэлектрических свойств. Целлюлозные материалы из-за большого количества макроскопических и субмикроскопических пор имеют большую поверхность соприкосновения с воздухом (106 см²/г), поглощают влагу из окружающего воздуха, в результате снижаются даже электрические

свойства изоляции. Пропитка целлюлозных материалов лаками или компаундами уменьшает поверхность пор и тем самым способствует уменьшению и замедлению окислительных процессов, а также затрудняет проникновение влаги внутрь корпуса устройств.

Образовавшаяся на поверхности корпуса плёнка лака или компаунда предохраняет изоляцию от разрушительного действия кислорода воздуха и значительно повышает её сопротивляемость воздействию влаги. Электрическая прочность и теплопроводность непропитанных электроизоляционных материалов невысока, так как в основном они определяются электрической прочностью и теплопроводностью воздуха, находящегося между волокнами электроизоляционных материалов. Пропитка лаками или компаундами обеспечивает заполнение этих воздушных промежутков и прослоек составом, имеющим высокую электрическую прочность, увеличивает электрическую прочность материала и всей конструкции в целом. В данном случае при работе электронного устройства не выделяется тепло, которое должно бы свободно отводиться, поэтому заполнение воздушных зазоров, кроме подвижных частей, пропитывающим составом, теплопроводность которого выше теплопроводности воздуха, создаёт условия для решения проблемы. Почему так происходит и зачем защищать электронные конструкции от влаги?

Абсолютная герметизация РЭА и, наоборот, технологическая открытость корпуса при постоянной продувке осушённым воздухом лишь крайние случаи из многообразия методов. Сегодня доступны наполненные эпоксидные или эпоксидно-акрилатные композиции, не содержащие растворителей и не нуждающиеся по технологии в последующем отверждении. Они используются для герметизации заливкой небольших по размерам печатных узлов в сборе. И хотя отработка рецептуры и режимов отверждения компаундов для конструкций индивидуальна, в результате мы получаем общий недостаток метода: неремонтопригодность электронных устройств [5].

Практическая влагозащита: история и реальность

Нередко, когда говорят о влагозащите, подразумевают «лаковое покрытие». К примеру, нанесение полимер-

ного покрытия на печатную плату полвека назад было основным и универсальным методом влагозащиты. Затем по популярности и эффективности его превзошли двухкомпонентные системы эпоксидно-уретановых лаков типа УР-231, раствора алкидно-эпоксидной смолы Э-30, изготовленной на смеси тунгового и льняного масел, и отвердителя (70% раствора уретана ДГУ в циклогексаноне), Urethane-71, акрилового изоляционного Plastic-70, кремнийорганического Silisol-73 и др. Но использование влагозащитных покрытий на кремнийорганической основе жидкости 136-41 (ГКЖ-94), рекомендованной при лёгких и средних условиях эксплуатации, тоже анахронизм эпохи. Это объясняется низкой гидролитической устойчивостью полисилоксановых полимеров и сравнительно большим коэффициентом их влагопроницаемого эффекта. Силоксановое покрытие «универсал», в отличие от жидкости 136-41, – однокомпонентная система (раствор полимера в органическом растворителе), которая обладает удельным объёмным сопротивлением покрытия в 1,1015 Ом/см. Эпиламирующие составы содержат раствор фторсодержащих поверхностно-активных веществ в специально подобранных растворителях – так, фторсодержащее поверхностно-активное вещество адсорбируется поверхностью и образует тонкую плёнку. Плёнка обладает высокими гидрофобизирующими свойствами, химической и термической стабильностью. Подробнее об этом в [3].

Сегодня в распоряжении разработчиков средств влагозащиты современной электроники имеются более совершенные методы. Наносимый в жидком состоянии с помощью аэрозоля композит покрывает поверхность полнее, чем густой лак, сухой «плёночный» композит; это особенно полезно при высокой рельефности плат.

Что предпочтительнее с точки зрения влагостойкости РЭА в условиях небольших рисков и требований по влагозащите? Гидрофобизирующие жидкости, в том числе способные вытеснять воду. Для этой цели применяют FLUID 101/200 – распыляемое водоотталкивающее защитное покрытие – универсальный и экономичный метод по сравнению с заливкой изделий полимерными компаундами. Полимерное покрытие работает как диффузионный барьер на пути вла-

ги к поверхности печатной платы и её элементам, а эффективность барьера тем выше, чем ниже его диффузионная проницаемость. Кроме диффузионного барьера полимерное покрытие выполняет не менее важную функцию защиты элементов устройства от загрязнений и даже случайных замыканий проводников в условиях детонации, подвижности конструкции. При «полимеризационном наполнении» дефекты структуры пластикового корпуса и (или) в печатной плате заполняются жидкой композицией с условно высокими электроизоляционными свойствами. А если жидкость обладает высокими электроизоляционными и гидрофобными свойствами, как композиция, из которой производятся пластмассовые DIP корпуса микросхем, нет надобности её отверждать. Поэтому после обработки РЭА сразу готова к эксплуатации и не нуждается в термической обработке, подсушке. После рекомендованной обработки конструкция защищена от влаги: брызг, конденсата – в течение не менее полугода, вплоть до нового регламентного обслуживания. Особенности технологии и состав композиции исключают избыточную полимеризацию на поверхности корпуса и контактных площадках печатного монтажа. Кроме того, применение технологии повышает сопротивление изоляции в несколько раз. На рис. 1 представлен пример обработки корпуса светильников производства КНП аэрозолем FLUID 101/200.

Таким же методом, распылением аэрозоля в течение 2–3 минут непрерывно, обрабатывается печатная плата устройства внутри корпуса, контактные площадки элементов питания и корпус с тыльной стороны (со стороны отсека элементов питания). Как показал эксперимент, проведённый летом 2023 года, такой метод – удачное решение проблемы защиты поверхности простых электронных конструкций. Он позволяет не наносить дополнительные лаковые покрытия. После обработки устройство не отказало – и это при ежедневном нахождении в той же влажной среде. Средство также полезно для автовладельцев во время «смены сезонов» и в условиях повышенной влажности. Нанесение средства на клеммы автомобильной АКБ и другие контакты в силовых цепях обеспечивает надёжность работы силового и бортового оборудования автомобиля; проверено на практике морозной зимой.



Рис. 1. Иллюстрация обработки корпуса светильников китайского производства аэрозолем FLUID 101/200

Таблица 1. Описание степени защищённости РЭА от влаги и воды в разных критических условиях (IP)

| Уровень IP | Защита от воды | Описание |
|------------|---|--|
| X | – | Данные для определения степени защиты по критерию отсутствуют |
| 0 | – | Защита отсутствует |
| 1 | Вертикальные капли | Вертикально капающая вода не нарушит работу устройства |
| 2 | Вертикальные капли под углом до 15° | Вертикально капающая вода не нарушит работу устройства даже при его отклонении от исходного положения на угол до 15° |
| 3 | Падающие брызги | Защита от дождя и брызг: вертикальных или под углом до 60° к вертикали |
| 4 | Брызги | Защита от любых брызг |
| 5 | Струя воды | Защита от струй воды под давлением в 30 кПа на корпус с любого направления |
| 6 | Мощная струя воды | Защита от мощных струй воды под давлением в 100 кПа на корпус с любого направления |
| 6K | Мощная струя воды высокого давления | Защита от мощных струй воды с любого направления под повышенным давлением в 1000 кПа |
| 7 | Погружение до 1 м не более 30 мин. | Только при кратковременном погружении попавшая вода не нарушает работу устройства |
| 8 | Погружение более 1 м | Устройство может работать в погружённом режиме в течение времени и на глубине, согласованной с производителем (как правило, до 3 м) |
| 9 | Струя воды высокой температуры | Стабильная работа в условиях высокотемпературной мойки водой высокого давления |
| 9K | Мощная струя воды условно высокой температуры | Защита от брызг под высоким давлением и температурой: 14–16 литров в минуту с давлением 8–10 МПа на расстоянии 0,10–0,15 м с температурой 80°С |

Технологические возможности влагоизоляции

Широкое применение в качестве связующих и изолирующих материалов для современной электроники имеют специальные клеи, обладающие изоляционными свойствами и высокой адгезией к металлу. Они предназначены для склеивания изоляционных материалов между собой, для приклеивания их к металлу, а также для склеивания металлических поверхностей между собой. Современные требования в части влаго- и аквазащиты, предъявляемые к клеям, – быстрое высыхание при окружающей температуре, цементация между склеиваемыми поверхностями, высокие диэлектрические свойства, отсут-

ствие размягчения при последующем или возможном нагреве.

Назначение заливочных компаундов – заполнение промежутков между отдельными элементами, стыками корпусов электронных устройств для создания монолитной, влаго- и водонепроницаемой, механически и электрически прочной конструкции. Заливочные компаунды обладают вязкостью, высокими диэлектрическими свойствами (электрической прочностью и электрическим сопротивлением) в рабочих условиях; механической прочностью (к статическим и динамическим воздействиям); малой аква- и влагопоглощаемостью; термическим коэффициентом расширения (ТКР), близким к ТКР материала изолируемого изделия; малой усадкой при отвер-

ждении; хорошей адгезией к изолируемому материалу.

Назначение обмазочных компаундов – создание защитного электроизоляционного слоя, непроницаемого для воды, влаги и масла на поверхности корпусов электронных устройств. Обмазочные компаунды (изоляционные замазки, пасты) применяют для заполнения промежутков и неровностей между элементами конструкций в процессе изготовления для их цементации. Обмазочные компаунды обладают адгезией к наносимой поверхности; способностью к полному затвердеванию в толстом слое; высокой цементующей способностью и механической прочностью, ибо эффективно скрепляют отдельные элементы конструкции; электроизоляционными свойствами; стойкостью против действия влаги, воды и масла; имеют длительный ресурс эксплуатации, что важно для термореактивных компаундов холодного отверждения.

Повышают электроизоляционные характеристики независимо от исходного состояния корпуса, используя «полимеризационное наполнение». Дефекты структуры устраняют методом порозаполнения: с помощью полимеризационной композиции на основе бифункциональных мономеров, содержащих инициаторы полимеризации. Полимеризационное наполнение не исключает использование дополнительного лакового покрытия и (или) даже паяльной маски. Поскольку полимеризационное наполнение используют даже для микроминиатюризации печатного монтажа, доступны аэрозольные химические препараты для сервисного обслуживания электронного оборудования: растворители, лаки, смазки под разными торговыми марками, к примеру, Cramolin, Kontakt Chemie, Chemtronics и др. Но для получения влагозащитного полимерного покрытия не обязательно использовать лакокрасочные материалы. Уместен альтернативный метод вакуумной пиролитической полимеризации.

Первые сообщения об использовании полипараксилиленовых (париленовых) покрытий, формируемых таким образом, относятся к 80-м годам XX века. Метод использовали для нанесения покрытий на корпуса часов, в производстве военной и космической техники. Привлекательность метода обусловлена получением покры-

тия одинаковой толщины (от единиц Ангстрем до десятков мкм) одновременно на всей поверхности и даже в труднодоступных местах (щелях, глухих и сквозных отверстиях). Такое преимущество одновременно является и недостатком, усложняя защиту контактных поверхностей на печатных узлах и разъёмах.

Характеристики влагозащищённости РЭА

В табл. 1 представлено описание степени защищённости РЭА от влаги и воды в разных критических условиях.

Уплотнение для обеспечения герметичности корпуса необходимо, начиная с пятого уровня в соответствии с табл. 1 [1].

Четыре особенности (критерия) надёжности РЭА

В разных источниках, особенно в Интернете, предлагается много информации по теме расшифровки значений водозащищённости, указанной производителем в документации к конкретным электронным устройствам. В этой связи надо чётко понимать, что, во-первых, эти данные неточны и подчас противоречивы, а иногда и ангажированы коммерческими интересами продавцов (реализации), то есть некорректны. Во-вторых, необходимо понимать назначение электронного оборудования. Если это условный «ширпотреб», то он не рассчитан на погружение в воду, даже если в сопроводительной «документации» указано допустимое давление 10 бар. Если это специальное электронное оборудование для профессиональных целей (в том числе спорт, военная промышленность), то надёжность электронного устройства в разы выше. Но и цена оборудования условно кратна надёжности. В-третьих, есть существенная разница, где выпускалось электронное устройство, страна-производитель, на какой элементной базе (РЭА) и по какой технологии, а главное, с каким контролем (ISO) соблюдения таковой. Разработчики и специалисты осведомлены о том, что каждый элемент РЭА имеет собственные характеристики, в том числе наработки до отказа, рекомендуемые и критические условия среды эксплуатации, поэтому, как говорят во флоте, «скорость эскадры определяет самый тихоходный корабль»: в данном случае выражение верно и в отношении надёжности РЭА.



Рис. 2. Многофункциональные смарт-часы Forerunner 965 (2023 г.): фронтальный и тыловой виды

Если производство, равно как и соблюдение технологий, под контролем Великобритании, даже при том, что завод в Сингапуре, то документация более-менее можно верить, и такое устройство намного надёжнее «ширпотреба» из КНР, где большинство сведений в описании и «паспорте изделия» надо «делить на 10». Поясним на примере. Значимый и популярный показатель влагозащиты в носимых устройствах РЭА – сила давления. В качестве единиц используются атмосферы (АТМ). Когда принято считать, что значение «1 атмосфера» условно обеспечивает защиту от воды на глубине погружения 10 метров, электронное устройство с влагозащитой 10 АТМ может выдерживать погружение в воду на глубину до 100 метров. Однако на практике заявленный показатель не означает допустимую глубину погружения. Особо важно, что обозначение аква- и влагоустойчивости не является панацеей от рисков отказов электронного оборудования, поэтому надо относиться к этим сведениям условно, и если, к примеру, в документации на популярные многофункциональные смарт-часы Forerunner 965 от Garmin (рис. 2) указана возможность погружения в 5 АТМ, это значит, что плавать в них можно, но погружаться даже на 5 метров нежелательно (до 5 допустимо).

Устройство класса HUAWEI WATCH Ultimate кроме водозащищённости оснащено качественным корпусом, керамическим безелем и сапфировым стеклом. При выборе надёжной РЭА желательно обращать внимание на показатели водоустойчивости. Чем они выше, тем больше вероятность, что электронное устройство переживёт экстремальные ситуации из-за падения в воду, воздействия сильного ливня или забывчивости пользователя о снятии с себя часов перед погружением тела в бассейн или иную акваторию на отдыхе. Даже такой гаджет сегодня оценива-

ется в \$600, и приобрести его в России без накрутки посредников затруднительно. А профессионалам, постоянно занимающимся водным спортом, подойдут ещё более серьёзные модели с защитой 10 АТМ и выше с соответствующим софтом и датчиками, определяющими глубину, температуру воды, скорость перемещения и автоматическим расчётом NDL (максимально возможного времени на глубине до возникновения декомпрессии).

Как работают поставки качественного оборудования сегодня

Сегодня сервисы заказа РЭА через Интернет стали как никогда доступными, и весьма популярно китайское направление. Не рекламируя без необходимости эти каналы (их несколько, причём с филиалами, складами и офисами в Москве), уместно отметить, что получить электронное оборудование обычного потребительского уровня можно даже с бесплатной доставкой или, по крайней мере, с существенной на неё скидкой. Например, если вы новый пользователь, то первые 3–4 покупки вам могут обойтись заметно дешевле, чем последующие. Чтобы сэкономить, достаточно стать «новым пользователем», то есть снова зарегистрироваться с другим номером сотового телефона. Затем номер телефона из базы, как и сам аккаунт, можно удалять, и через 30 дней (по условиям большинства сервисов) снова применять в новом аккаунте. Эта информация для тех, кто экономит свои средства, в том числе в сервисе доставки. Так можно заказывать из любого уголка России всё: от книг до небольшой мебели для самостоятельной сборки. А далее полезные сведения для тех, кто желает получить качественную РЭА не из КНР в условиях «санкционного давления».

Сегодня, когда привычная и десятилетиями действующая логистическая







| ATM | METERS |  |  |  |  |  |  |
|-----|--------|---|---|---|---|---|--|
| 3 | 30 | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ |
| 5 | 50 | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ |
| 10 | 100 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ |
| 30 | 300 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

Рис. 3. Условная таблица рекомендуемых эксплуатационных действий для РЭА бытового назначения при соответствующем обозначении влагозащиты

цепочка нарушена, особенно ценны личные или взаимовыгодные коммерческие отношения. Большинство уважающих себя фирм, в том числе в нашей области поставок РЭА зарубежного производства, адаптировались в течение 2022 года к новым вызовам времени и поступают так. А кто не поступает – анализируйте, пожалуйста, этот никому не навязываемый опыт. На почтовый адрес гражданина ЕС, согласно его заказу, из Великобритании поставляется оборудование РЭА. Как правило, с предварительной оплатой заказа, но не обязательно, ибо ID-карта европейца уже является его гарантией платежеспособности. Заказать можно, разумеется, всё: от таблеток для повышения работоспособности до кроссовок и электроники. Получив заказ, европейец или россиянин, проживающий в ЕС, перемещает его личным или иным транспортом на территорию России, где по договоренности фирма-заказчик с удовольствием принимает товар, оплачивает комиссионные услуги и издержки, выгодные всем в логистической цепочке, и затем... заменяет упаковку, чтобы соответствовать российским требованиям, вкладывая также инструкцию на русском языке. Цены обычно местные предприниматели ставят европейские в соответствии с курсом СКВ, прибавляя около 36% «интереса»: такова типичная практика. Именно поэтому лучше иметь свой канал поставки: международные личные связи стали ещё более ценными в наше турбулентное время.

Международные стандарты защищённости IP

Наиболее распространённые рейтинги защиты определяет Международная электротехническая комиссия (IEC). Чаще всего водонепроницаемость выражает показатель ATM (сила давления в атмосферах) или код IP. Поми-

мо приведённых в пример популярных рейтингов, существуют ещё два стандарта Международной организации по стандартизации (ISO). Первый, ISO 22810, подходит для обычных моделей и гарантирует влагозащиту на гарантийный срок службы. А второй, ISO 6425, используется в профессиональных устройствах для дайвинга, рассчитанных на погружение на глубину свыше 100 метров.

Классы водонепроницаемости по силе давления разделяют на несколько видов:

- 1 ATM (10 метров): РЭА выдерживает попадание брызг, капель дождя и обильное выделение пота человека;
- 3 ATM (30 метров): РЭА не боятся прогулок под дождём и мытья рук;
- 5 ATM (50 метров): РЭА защищено от рисков повреждения при плавании (занятия водными видами спорта) и в проточной воде (в душе);
- 10 ATM (100 метров): кроме сказанного выше допустимо погружение на глубину 15–20 м;
- 20 ATM (200 метров): РЭА специализированного назначения подходит для погружения на глубину до 50 метров и постоянного нахождения в воде не дольше двух часов;
- 30 ATM и выше (от 300 метров): РЭА специализированного назначения, в том числе для глубоководного погружения с аквалангом.

В характеристиках некоторых умных гаджетов указывают соответствие нескольким рейтингам. К примеру, может быть указана водонепроницаемость 10 ATM по стандарту ISO 22810:2010. Это значит, что в часах можно плавать, заниматься водными видами спорта и нырять на мелководье.

IP – международный стандарт, определяющий степень устойчивости электронного устройства к внешним воздействиям. Типичный вид маркировки

таков: IPXX, где XX – уровень защиты. Первая цифра от 0 до 6 – свидетельствует об уровне защиты от проникновения песка и пыли, где 0 – нет защиты, а 6 – полная пыленепроницаемость. Со степенью защиты в части пыленепроницаемости можно ознакомиться в том числе в [4]. Вторая цифра в рейтинге IP – степень влагозащищённости РЭА по шкале от 0 до 9, где 0 – нет защиты от воды, а 9 – устройство выдерживает погружение и мощные потоки даже условно горячей воды.

Всё чаще производители РЭА используют показатель IP в сочетании с данными о силе давления; так удобно сразу информативно заявить о защите модели от проникновения песка и пыли. К примеру, бытовое устройство со степенью защиты IP6X предполагает полную пыленепроницаемость и практически лишено рисков, как в пустыне Каракумы, так и на ближайшем пляже.

На рис. 3 представлена условная таблица рекомендуемых эксплуатационных действий для РЭА бытового назначения при соответствующем обозначении влагозащиты.

Тем не менее большинство производителей используют общепринятые обозначения водоустойчивости РЭА: давление, при котором корпус изделия не подвержен деформации, и глубина, на которую возможно погружение ходиков. Поэтому водостойкость измеряется в барах, метрах или футах. К примеру, обозначение «wr 30» или «water resist 30 m» предполагает, что РЭА может исправно работать на глубине 30 метров или при давлении 3 бар.

Действенные методы влаго- и аквазащиты

Один из самых популярных методов производства корпуса – многокомпонентное литьё. Технология позволяет комбинировать несколько термопластов внутри одной литьевой формы. Это выгодно и оправдано по двум причинам: не требуется сборка, ибо компоненты корпуса «спекаются» прямо в пресс-форме, а это, соответственно, упрощает и удешевляет технологию, делая в итоге электронное устройство конкурентным на рынке условных аналогов. Так, при сборке корпуса для крепежа используют металлические резьбовые вставки или специальные винты по пластмассе. При выборе важно оптимальное соотношение: материал должен быть достаточно эластичным для нажатия



Рис. 4. Пример создания пластикового корпуса посредством ТПА

кнопки и герметизации, но иметь достаточную твёрдость для сопротивления истиранию от тактильного воздействия извне. В реальной технологии производства и оттиска пресс-формы учитывают, что подложка успеет остыть и измениться в размерах из-за усадки материала. Пока деталь не успевает остыть, достигается хорошая адгезия материала. При производстве таких корпусов используются специальные термопластавтоматы (ТПА) с двумя резервуарами и двумя шнеками для разных материалов. Но при впрыске второго компонента подложка может смещаться, поэтому её нужно зафиксировать по габаритам детали или предусмотреть дополнительные элементы: отверстия для фиксации на штифтах во второй форме [1].

На рис. 4 представлен вид создания пластикового корпуса для РЭА посредством ТПА.

На рис. 5 представлен горизонтальный станок ТПА для многокомпонентного литья полимеров тайваньской компании Jonwai по производству двухкомпонентного корпуса из гибкого пластика для РЭА модели JM-180TCSi5H.

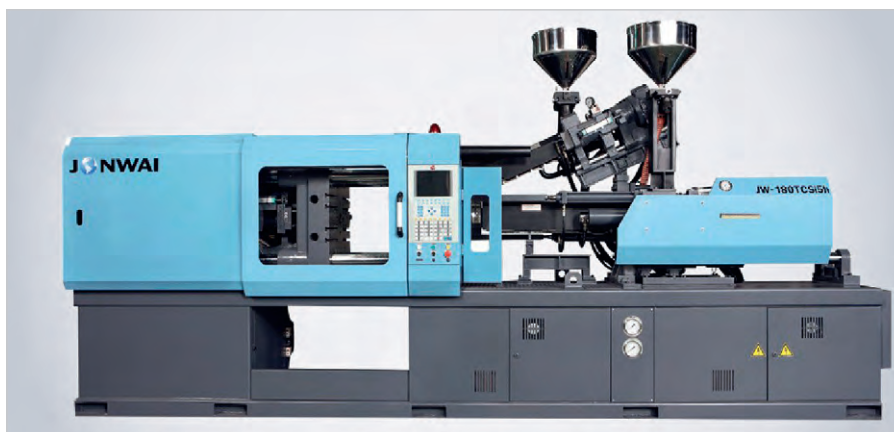


Рис. 5. Станок по производству двухкомпонентного корпуса из гибкого пластика для РЭА-модели JM-180TCSi5H

В процессе литья автомат впрыскивает расплав одного материала, поворачивает пресс-форму за счёт специального модуля и добавляет в неё расплав второго материала.

Поворотная форма для многокомпонентного литья создаётся по технологии, позволяющей отказаться от прокладки уплотнителя и отлить его прямо в корпусе в качестве второго материала. Так получается герметичный пластмассовый корпус с хорошей адгезией, т.е. сцеплением материалов. Схематический вид проекта моделирования корпуса представлен на рис. 6.

Затем производится заливка уплотнителя методом многокомпонентного литья: заливка детали по контуру эластичным материалом. Вид результата операции представлен на рис. 7.

А ещё многокомпонентное литье позволяет реализовать любые фантазии дизайнера с разными материалами, цветами и фактурой. Конечно, при этом усложняется и сама разработка пресс-формы для корпуса: инженерам

и технологам нужно учитывать узлы впрыска, а производителю – настраивать систему управления. Пластик поддается формовке, что иллюстрирует рис. 8 с пояснениями: «1» – форма общая, «2» – формовка в области места скрепления корпуса.

Практические примеры влаго- и аквазащищённого оборудования

Полезный функционал имеется в разрешённой к свободной продаже «экшн-камере». Много лет любители экстремального туризма пользуются такими электронными устройствами для контроля подводной акватории. Внешний вид камеры представлен на рис. 9.

Такие устройства выпускаются в КНР, номинально имеют разные названия (фирм-производителей), но обладают сопоставимыми характеристиками. Подобное электронное устройство герметично по степени защиты IP68, а корпус снабжён противоударной защитой. Это даёт возможность виде-

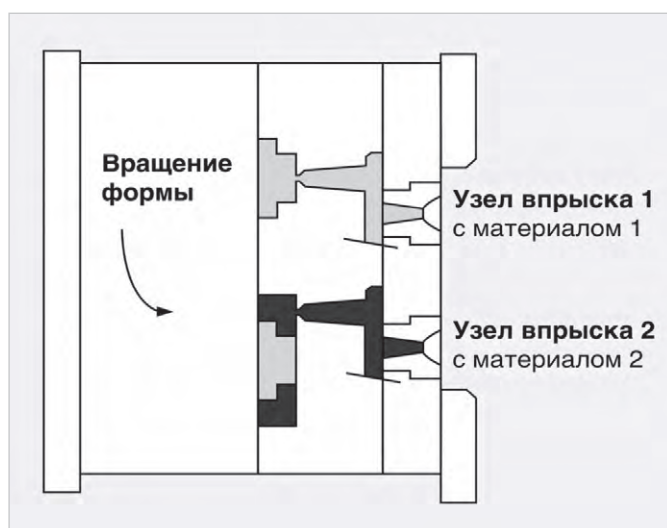


Рис. 6. Схематический вид проекта моделирования корпуса

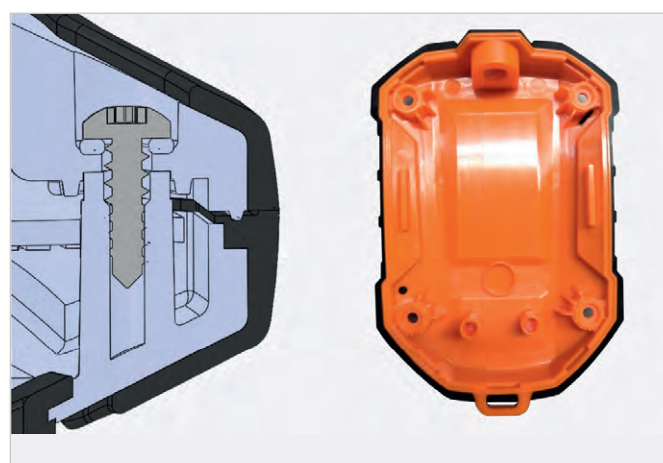


Рис. 7. Результат заливки уплотнителя методом многокомпонентного литья – заливка детали по контуру эластичным материалом

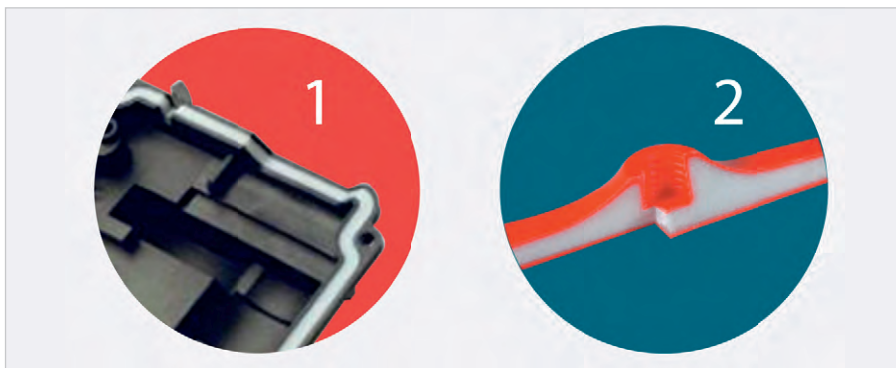


Рис. 8. Иллюстрация формы в месте скрепления (фиксации) частей корпуса



Рис. 10. Иллюстрация видеосъемки мест скопления рыбы



Рис. 11. Место и особенности установки видеокамеры для подводного наблюдения акватории

осъемки под водой. Максимальная глубина, при которой производитель гарантирует исправность электронного устройства, составляет 6 метров. Это вполне допустимо для применения в условиях любительской рыбалки, а также охоты в дождливую погоду.

Цифровая рация с MP3-плеером для сёрфинга, кайтсёрфинга и виндсёрфинга с MP3-плеером для водных видов спорта нуждается в обеспечении высокой защиты от внешних воздействий по стандарту от IP67 и выше. Для реализации этих требований в корпусе электронного устройства требуются минимальный вес и габариты, простое кнопочное управление и, возможно, лишь одна аварийная кнопка. Для этого применяют эластичный материал для герметичных кнопок и бамперов на фронтальной и боковых сторонах, а для герметизации периметра и динамической головки используют уплотни-

тели. Корпус водозащищённой радиостанции представлен на рис. 4.

Вкратце особенности корпуса устройства и технологии защиты от влаги и воды таковы. Используется специальный разъем с защитой IP67. Уплотнитель разъёма заходит с натягом в отверстие корпуса. Заливка фронтальных кнопок эластичным материалом проходит через клеёный срез эластичного шнура, как показано в позиции «1» на рис. 8. Прозрачная подложка заливается эластичным материалом. Этот же эластичный материал используется для герметичных кнопок, достижения ударопрочности и в качестве уплотнения между деталями.

Инженерная задача была реализована на практике так: стекло из материала ПММА используется в качестве закладной детали, а сверху заливается пластик (РС). Полученная пластиковая деталь со стеклом обливается резиной (TPU), которая также формирует эластичные кнопки, служит защитным бампером и обеспечивает герметичность корпуса при сборке с нижней деталью, которая производится по аналогии (тоже с закладными деталями, но уже без «стекла»). Уплотнители также используются для разборных корпусов, подлежащих ремонту или содержащих сменные элементы питания. Для неразборных герметичных систем применяются иные адаптированные технологии, такие как сварка, склейка и др. Примеры уплотнителей следует привести отдельно. Варианты могут быть такими:

- прямоугольное резиновое уплотнение закладывается в канавку;
- круглое резиновое уплотнение закладывается в канавку;
- уплотнение слоем с натягом;
- уплотнение с клейким слоем.

Если путь прокладки уплотнителя длинный, то используют шнур. Концы шнура обрезают под острым углом, что-



Рис. 9. Камера для видеосъемки под водой

бы увеличить площадь среза, а затем склеивают эластичным клеем [1].

Автор испытал устройство (рис. 9) осенью 2022 года в Ленинградской области и ранее в Финляндии на озёрах и реках. Эффективность видеокамеры можно подтвердить при разведке мест скопления рыбы (рис. 10, рис. 11).

На рис. 10 показан скан с видеоизображения, полученного видеокамерой, установленной на глубине 1,8 метра на р. Вуоксе (Ленинградская область, Приозерский район) в 22 часа в один из летних дней. Дата автоматически фиксируется также и на фото.

Камера устанавливается под водой в месте необходимой рекогносцировки, закреплённая на шесте или ином подходящем предмете (рис. 11), или опускается под воду с лодки на шесте или верёвке.

В последнем случае пользователь может столкнуться с «ненужным» вращением устройства (вокруг оси), что затрудняет управление подводной съёмкой. Поскольку верёвка, трос, канат не являются устойчивыми «штативами», намного лучше закреплять устройство с помощью жёсткой фиксации: поставляемый в комплекте ремень крепко притягивает камеру к шесту (рис. 9, рис. 11), затем заточенный с одной стороны под конус шест опускают в воду на необходимую глубину и с усилием вонзают в дно водоёма.

Другая особенность экшн-камеры в том, что при выборе пользователем соответствующего режима устройство передаёт изображение в режиме онлайн: то, что «видит», то и передаёт по каналу Wi-Fi. Таким образом, на смартфон или планшетный компьютер с поддержкой Wi-Fi на расстоянии до 50 метров устройство передаёт изображение в реальном времени.

Предварительно включают камеру и оборудование (ПК, планшет, смартфон

с функцией Wi-Fi) для просмотра картинки в реальном времени. После установки камеры необходимо подождать до получаса, и затем в спокойной для рыбы обстановке «мониторить» картинку под водой. При необходимости в месте размещения камеры можно сделать прикорм для рыбы: несколько заранее заготовленных «шариков» глины вперемешку с хлебом и бойлы с анисовым маслом. Если крупная рыба реагирует на прикорм, пользователь это увидит и примет решение о рыбалке в данной местности. Качество картинки, которую экшн-камера, установленная под водой, даёт оператору-рыболову, вполне удовлетворительное (рис. 10).

С помощью смартфона или планшетного компьютера можно управлять видео- и фотосъёмкой установленной под водой камеры дистанционно и без проводов. Изменить режим съёмки с видео на серию фотокадров, включить/выключить ИК-подсветку для съёмки в темноте, установить режим активации съёмки только при появлении в зоне объектива движущегося объекта – в данном случае рыб. Камера оснащена встроенным аккумулятором, время работы 60 минут. Затем устройство подзаряжают на суше или устанавливают сменный аккумулятор. Для тех, кто не имеет возможности контролировать «подводную картинку» в режиме реального времени, не имеет смартфона или планшетного компьютера, рекомендуется время от времени (1 раз в 20 минут) извлекать камеру, просматривать записанное изображение на встроенном дисплее или (если нужна масштабная картинка) переустанавливать карту памяти в смартфон или ноутбук и так просматривать запись. На практике 20 минут для рекогносцировки «подводного царства» вполне достаточно.

Это водозащищённый инструмент для разведки под водой для определения эффективности рыбалки в конкретном месте. На зимней рыбалке 2023 года при температуре воды 0°C камера подтвердила работоспособность, однако заряда аккумулятора хватало примерно на 30 минут (летом в 2 раза больше). Наиболее хорошие результаты подводной разведки получаются в местах с небольшим течением, в заводях рек, а также на озерах и прудах. Несмотря на компактный размер, цифровой портативный видеорекордер является универ-



Рис. 12. Внешний вид устройства подсветки с ПДУ производства КНР

сальным (в части возможных задач) и надёжным помощником. Управление записью осуществляется одной кнопкой, её нажатие приводит к немедленному началу или окончанию записи. Это выгодно отличает устройство от большинства аналогов.

Выбор других примеров

Устройство, представленное в начале статьи на рис. 1, характеризуется подсветкой на светодиодах с автономным питанием в виде 3 последовательно соединённых батарей или аккумуляторов типа ААА с суммарным напряжением 4,5 или 3,6 В. На рис. 12 представлено устройство аналогичного предназначения, которое включается как непосредственно нажатием на корпус, так и с помощью ПДУ (рис. 12 – справа), с предусмотренным режимом выключения с помощью таймера.

В устройстве применяется светодиодная матрица, в которой на печатной подложке последовательно соединены светодиоды в SMD-исполнении. При таком подключении и напряжении питания нет необходимости ограничивать ток в цепи. Конструктивно устройство выполнено в разборном пластиковом корпусе «плоской» формы толщиной 20 мм. Задняя крышка корпуса открывает доступ к элементам питания, закручивается по часовой стрелке и фиксируется в трёх местах. На ней же предусмотрен элемент крепления к поверхности посредством ленты с двусторонним липким слоем; это крепление на липкой основе довольно надёжно благодаря относительно малому весу «подсветки», однако предназначено для одноразового использования. Такое устройство автором выбрано для эксперимента «влагостойкости» в связи с подходящими условиями эксплуатации: лучше освещает пространство, световой поток не сконцентрированный, как в фонаре, а рассеянный, что удобно

именно для подсветки в помещениях с недостаточной освещённостью. Также это может быть полезно при полном отсутствии света, например, при авариях в осветительной сети, для обеспечения бытовых задач. Кроме прямого назначения подсветка весьма удобна как дешёвый, мобильный и автономный источник света. Отличительная особенность устройства в том, как организовано его включение/выключение: путём нажатия на корпус, защитную пластиковую пластину в месте расположения светодиодов. Защитная прозрачная пластина по одной стороне соприкасается с выключателем без фиксации, установленном на небольшой печатной плате. Выключатель соединён с электронным триггером. Таким образом, каждое последующее нажатие переводит устройство в «обратный» режим: от включения к выключению. Разумеется, моделей разных много, и включение подобных устройств может быть организовано и другим способом, без триггера.

Всё было бы хорошо, если бы не условия применения в относительно влажной среде, для которых устройство не предназначено. Не только погружение в воду лишает работоспособности, но и брызги воды, попадающие в негерметизированный корпус, высокая температура сауны и (или) парилки, провоцирующая конденсацию снаружи и внутри корпуса, – всё это приводит к тому, что устройство перестаёт нормально работать, и возникает необходимость его доработки в части герметизации корпуса. Если с потерей из-за неисправности, проникновения влаги в случае с простым устройством можно смириться, то более сложное устройство с ДУ просто жалко выбрасывать без реанимации. Однако после того, как корпус устройства был обработан для герметизации, оно стало пригодным и для подводного применения (до 3 часов нахождения под водой на глу-

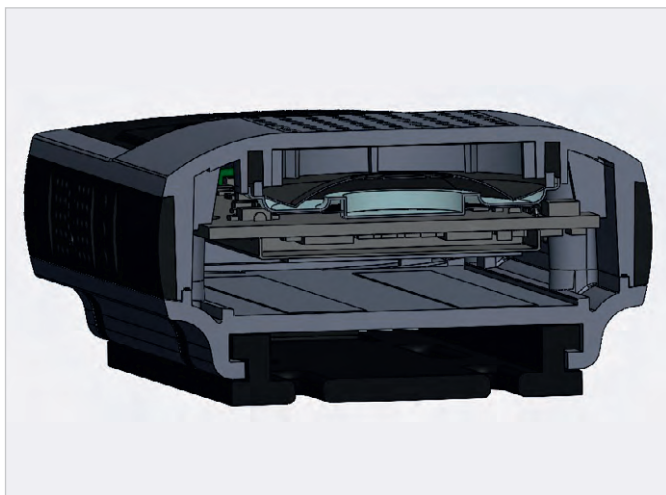


Рис. 13. Иллюстрация герметизации динамической головки

бине до 1 метра). Сделано это с помощью покрытия эпиламом.

Для мелкосерийных и одиночных изделий с невысокими требованиями к пыли- и влагозащите можно заливать их внутренности двухкомпонентным силиконом небольшой твёрдости (10...20 единиц по Шору). Несмотря на то что силикон плохо проводит тепло, этот метод для бытовых устройств РЭА представляется более удобным и рентабельным, чем заливка эпоксидной смолой, делающая конструкцию «одноразовой» и неремонтопригодной. Эпоксидной смолой на практике пользуются, в частности, при монтаже РЭА в устройствах нагнетания давления в фонтанах и насосах разного назначения.

То же касается и залитых компаундом изделий, в том числе заливочного теплопроводящего компаунда, превосходящего в разы по цене типичный силикон для тех же задач. В этом сравнении (силикон или теплопроводный компаунд Номакон КПТД-1, тот же силикон, но с керамическим наполнителем) многое зависит от конкретных задач и назначения РЭА. Можно применять, к примеру, вибростенд. Но можно и иначе: к примеру, силикон можно обработать для качественного процесса с помощью ультразвука, чтобы создать однородную массу материала (герметика) без полостей воздуха (пузырей) или сделать это в условиях вакуума на производстве, под воздействием сжатого воздуха, поданного из компрессора. Также в опытных вариантах можно рекомендовать «Силагерм 2112» марки А (Б и В – иной вязкости), особенно тогда, когда нет необходимости в отводе тепла. Коэффициент теплопроводности

порядка 1,2 в зависимости от марки и партии.

Под уплотнения печатную плату с обычными разъёмами на торцах или с площадками под пайку проводов на одном торце заливают «кольцами». Надо вспомнить, что силикон выделяет кислоту при высыхании и может способствовать окислению проводников. Для высокочастотной РЭА с GSM/GPS модулем это нежелательно. Важно понимать, что плёнка чистого силикона растягивается раз в 5–6, плёнка КПДТ – рвётся почти сразу. К примеру, в Беларуси КПДТ-1 стоит примерно в 3 раза дороже оловянного силикона и в 2 раза дороже платинового. Так что, если не нужно особо отводить тепло, силикон вполне имеет право на жизнь.

Если говорить о примере с корпусом влагозащищённой портативной радиостанции (рис. 4, рис. 7), использовалась динамическая головка с майларовым конусом и защитой IP67. Так, в канавке корпуса радиостанции заложен резиновый уплотнитель, упирающийся в выступ корпуса динамической головки. Это иллюстрирует рис. 13.

Дополнительно клеили мелкую сетку в корпус для защиты от пыли и мелких камушков. Сетка защищает от воды. На качество звука такая герметизация не повлияла.

Прозрачная вставка из материала ПММА используется в качестве закладной детали, а сверху заливается пластик (РС). Полученная пластиковая деталь со стеклом обливается «резиной» (TPU), то есть термопластичным полиуретаном. Стекло имеет штифты, которые предохраняют от сдвига и коробления в процессе заливки вторым компонентом. Стекло или прозрачный пластик (под информа-

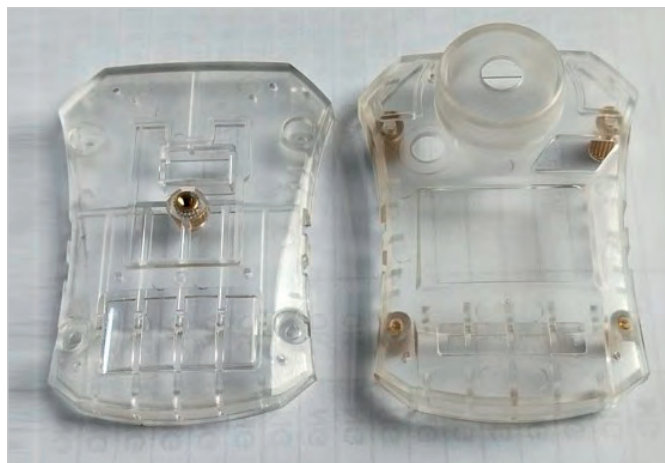


Рис. 14. Одна из форм корпуса с закладными металлическими винтами

тивный дисплей) устанавливается между штифтами одной группы и прижимается штифтами другой группы, но сам прозрачный материал штифтов не имеет (или имеет только отверстия под штифты в соответствии с конфигурацией конкретного оборудования). В корпусе подобного формфактора важны и особенности строения бобышек под специальные винты: «заходная» зона и соответствующий квадратный тип отверстия. Литьевая пресс-форма (из двух половинок – матрицы и подвижной части ползуна) при смыкании образуют полость в форме нужной детали. То же уместно применять во всех случаях для герметизации вокруг подвижной вставки ползуна, когда он необходим в конкретном исполнении. Иллюстрация создания такого корпуса представлена на рис. 14.

Стоит отдельно рассказать об эпиламах. Это растворы фторсодержащих поверхностно-активных веществ (ПАВ) – перфторполиэфиров. Они не изобретены сегодня, но два десятка лет назад использовались исключительно в узлах трения. Толщиной до нескольких Ангстрем гидрофобные покрытия – эпиламы значительно изменяют энергетическое состояние на поверхности твёрдого тела. Молекулы ПАВ ориентируются под действием поля твёрдого тела и, взаимодействуя с молекулами масла, препятствуют растеканию последнего из зоны трения. Вследствие происходит снижение коэффициента трения и, соответственно, увеличение ресурса работы узлов [1].

Эпиламирующие составы пригодны для обеспечения влагозащиты микросборки и печатных плат. К преимуществам

Таблица 2. Характеристики некоторых полезных технологий влагозащищённости РЭА

| Метод герметизации | Оборудование | Преимущества | Недостатки |
|---------------------------|---|--|---|
| Многокомпонентное литьё | ТПА с двумя узлами впрыска и дорогая оснастка | Низкая стоимость при массовом производстве, нет доп. затрат на герметизацию | Неэффективно при малых сериях. Нужно дорогое оборудование, оснастка и персонал высокой квалификации |
| Овермолдинг | ТПА и несколько комплектов оснастки | Альтернатива многокомпонентному литью. За счёт более простого оборудования технология дешевле на малых партиях | Затраты на манипулятор или ручной труд |
| Использование уплотнителя | Не требуется | Низкая стоимость, не нужно дополнительное оборудование | Дополнительная операция при сборке (установка уплотнений), нужен крепёж в зоне уплотнения |

ствам эпилирующих влагозащитных покрытий разработчики относят:

- гидрофобность;
- химическую и термическую стойкость;
- флюсующие свойства и ремонтпригодность;
- возможность эксплуатации в закрытых объёмах.

Кроме того, покрытие эпиламом рассматривают как использование нанотехнологий в области влагозащиты печатных плат; этот метод также называют нанопокрытием.

В табл. 2 представлены характеристики некоторых полезных технологий влагозащищённости РЭА.

Выводы

Согласно мнению автора многих опубликованных работ по теме влагозащиты РЭА В. Уразаева, «вывод – это место в размышлениях, где вы уже устали думать» [7]. Это, конечно, был философ из профессионального цеха, что заметно по всей его деятельности, публикациям и смелым выражениям: «Любая цитата, которая может быть искажена, будет искажена». После Уразаева в части наработок и публикаций влагозащищённости РЭА выросло новое поколение талантливых разработчиков, но его авторитет спустя годы остаётся незыблемым.

Разработчики РЭА обоснованно привыкли уделять внимание влагостойкости элементов и печатных плат, и «за кадром» активного обсуждения появилась проблематика совершенствования влагостойкости и защищённости корпусов как фактор дополнительной надёжности электронных устройств.

На выбор идеального метода герметизации РЭА влияет множество факторов: требования к конструкции, возможности производства, размер партии, предполагаемая стоимость, условия эксплуатации и другие. Эти методы можно комбинировать.

Влияние влаги на диэлектрические свойства электроизоляционных мате-

риалов вполне изучено в соответствии с физическими процессами водопоглощения и влагопроницаемости для большинства электроизоляционных материалов. Проблема повышения влагостойкости РЭА – комплексная проблема. Результат определяется оптимальным сочетанием конструктивно-технологических характеристик устройства, соблюдением рекомендованной технологии обработки, в том числе функциональной гибкости для работы с широким диапазоном покрытий, включая твёрдые материалы non-VOС. В современном производстве принято исходить из разных видов герметизации по назначению РЭА. Даже изготовленный по качественной технологии пластик при склейке, уплотнении, многокомпонентном литье и переформовке ведёт себя неодинаково.

От многокомпонентного литья метод овермолдинга отличается тем, что материалы соединяются не в одном производственном цикле, а в двух последовательных. Для такой переформовки используют оборудование для литья под давлением, но производят две формы: в первой форме получают основную деталь – подложку, а затем перекалывают её во вторую форму с дополнительной полостью, где поверх заливают другой компонент. Перспективную технологию овермолдинга часто используют для соединения двух половин корпуса или изготовления кнопок. Метод хорош тем, что отливку кнопок можно комбинировать с заливкой эластичного материала вокруг корпуса, повышая таким образом ударопрочность изделия. В овермолдинге используют термопласты, резины или один материал разных цветов. Кроме того, для герметизации конструкций особой надёжности, в том числе военного и космического назначения, практикуют более 5 видов сварки не только для металлов (элементов корпусов), но и для термопластов. Речь идёт о таких видах, как сварка горячей плитой, электромаг-

нитная, вибрационная, ультразвуковая, лазерная и др.

Следует помнить и о том, что влажностные константы определены для диэлектрических материалов в исходном состоянии; соответствующие материалы в процессе обработки подлежат влиянию различных производственных факторов. Именно так изготавливаются элементы конструкций РЭА. При этом исходные свойства диэлектриков могут значительно изменяться, как правило, в худшую сторону.

Литература

1. Герметизация корпусов для электроники. Часть 1: пластик и резина // URL: <https://habr.com/ru/articles/586112/>.
2. Защита аппаратуры от воздействия влажности // URL: <https://studfile.net/preview/8950038/page:12>.
3. *Кашикар А.П.* Увеличение влагозащищённости многослойных конструкций // *Электрик*. 2021. № 12. С. 23.
4. Маркировка степеней защиты пыленепроницаемости // URL: https://4pda.to/2023/06/26/414846/kak_ponyat_chto_vashi_chasy_zaschischeny_ot_vody/.
5. *Новиков М.И., Фёдоров А.М.* Влагостойкость радиоэлектронной аппаратуры // URL: <https://www.elec.ru/library/nauchnaya-i-tehnicheskaya-literatura/novikov-vlagostojkost-rea/>.
6. Охлаждающая способность эмали // *Журнал Европейского керамического общества*. / Т. 43, вып. 11, ожидание публикации – сентябрь 2023. С. 5014–5025 // URL: <https://www.journals.elsevier.com/journal-of-the-european-ceramic-society%20/recent-articles>.
7. *Уразаев В.Г.* Влагозащита печатных узлов. М.: Техносфера, 2006.
8. *Чуйкова Л.* Влагозащита радиоэлектронной аппаратуры. Компоненты и технологии // URL: <https://kit-e.ru/vlagozashhita-radioelektronnoj-apparatury/>.
9. Больше подробностей про начинку устройства в этом проекте // URL: <https://promwad.ru/case-studies/razrabotka-cifrovoy-racii-dlya-vodnyh-vidov-sporta>.



Функциональный модуль на базе программируемого реле для управления актуатором, моторизованным затвором и многооборотным электроприводом

Сергей Шишкин (г. Саров)

В публикации рассмотрен пример построения функционального модуля на базе программируемого реле ПР200 для управления следующего оборудования: актуатором LAM3, моторизованным затвором 8MDS-70 Standa и многооборотным электроприводом AUMA SAR 07.2-F10. Приведён пример управляющей программы.

Приведём коротко работу исполнительных устройств, приведённых в аннотации, которыми необходимо управлять, используя при этом аппаратные и программные ресурсы программируемого реле ПР200.

В большинстве случаев актуаторы (приводы линейного перемещения) применяются как составные части механизмов управления шторами, люками, крышами, дверями в оптических, метеорологических и др. системах. А также для перемещения объектов видеонаблюдения, автома-

тическом, технологическом и промышленном оборудовании. Приведём короткий обзор актуатора типа LAM3. На отечественном рынке представлены данные актуаторы с длиной хода штока L, мм: от 50 до 300. Пример обозначения при заказе актуатора с напряжением питания двигателя 24 В, длиной хода штока 200 мм и усилием 750 Н: LAM3-S3-200-ROE-DC24V. Фотография актуатора LAM3-S3-200-ROE-DC24V (далее актуатор) в механизме управления крышкой люка приведена на рис. 1.

Принципиальная схема актуатора приведена на рис. 2.

Актуатор работает следующим образом. Пусть его шток находится в среднем положении. Концевые выключатели SA1, SA2 замыкают соответственно диоды VD1, VD2. Меняя полярность подаваемого напряжения на электродвигатель M1, можно перемещать шток актуатора в крайнее левое или соответственно в крайнее правое положение (а также в зависимости от того, как расположен актуатор – крайнее верхнее положение или крайнее нижнее положение). Как только шток достигнет до крайнего положения, толкатель

нажмёт на кнопку концевого выключателя, выходные контакты которого размыкаются, тем самым включая в цепь управления двигателя диод, который блокирует работу двигателя. Для того чтобы шток пошёл в обратном направлении (в другое крайнее положение), необходимо изменить полярность напряжения, подаваемого на электродвигатель актуатора. Применительно для механизма управления крышкой люка будем считать, что если шток выдвинут, то актуатор находится в положении «открыт». Соответственно, если шток втянут в актуатор, то он «закрит». Понятно, что перемещение штока ограничено положениями концевых выключателей (на рис. 2 не показаны). На рис. 3 приведена принципиальная схема релейного модуля A1 с подключённым к нему блоком актуатора A2.

Применение данного модуля управления позволяет «разгрузить» аппаратную часть ПР200.

Переключатели кнопочные S1, S2 – внешние (выносные) по отношению к актуатору M1. То есть внутренние переключатели SA1, SA2 (рис. 1) будут не задействованы. Кнопки SB2, SB3 позволяют осуществлять ручное управление актуатором. SB1 – кнопка аварийного останова. В зависимости от длины выходного штока (от модификации LAN3) и расположения внешних концевых выключателей время перемеще-

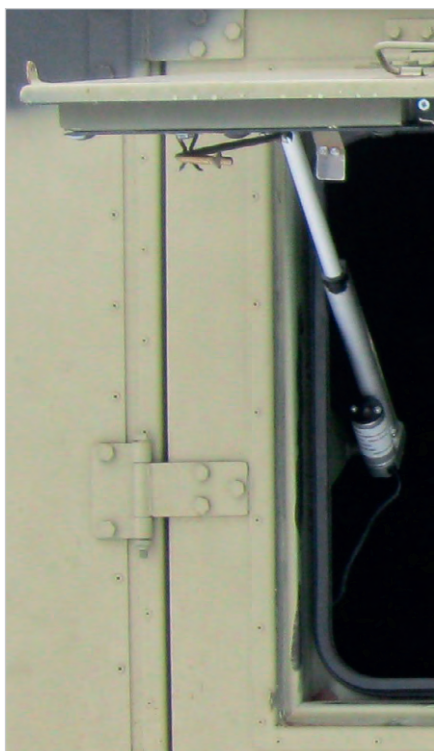


Рис. 1. Актуатор LAM3-S3-200-ROE-DC24V в механизме управления крышкой люка

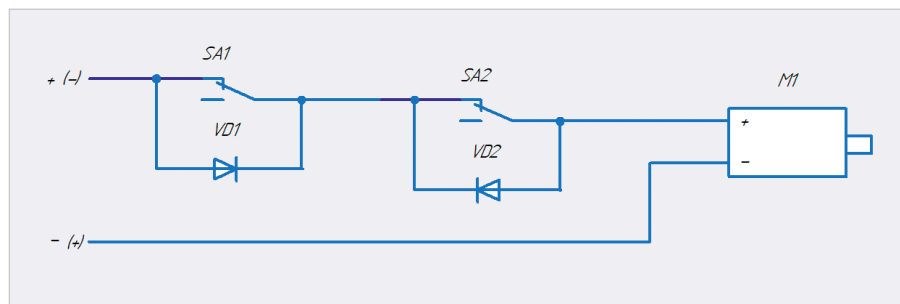


Рис. 2. Принципиальная схема актуатора

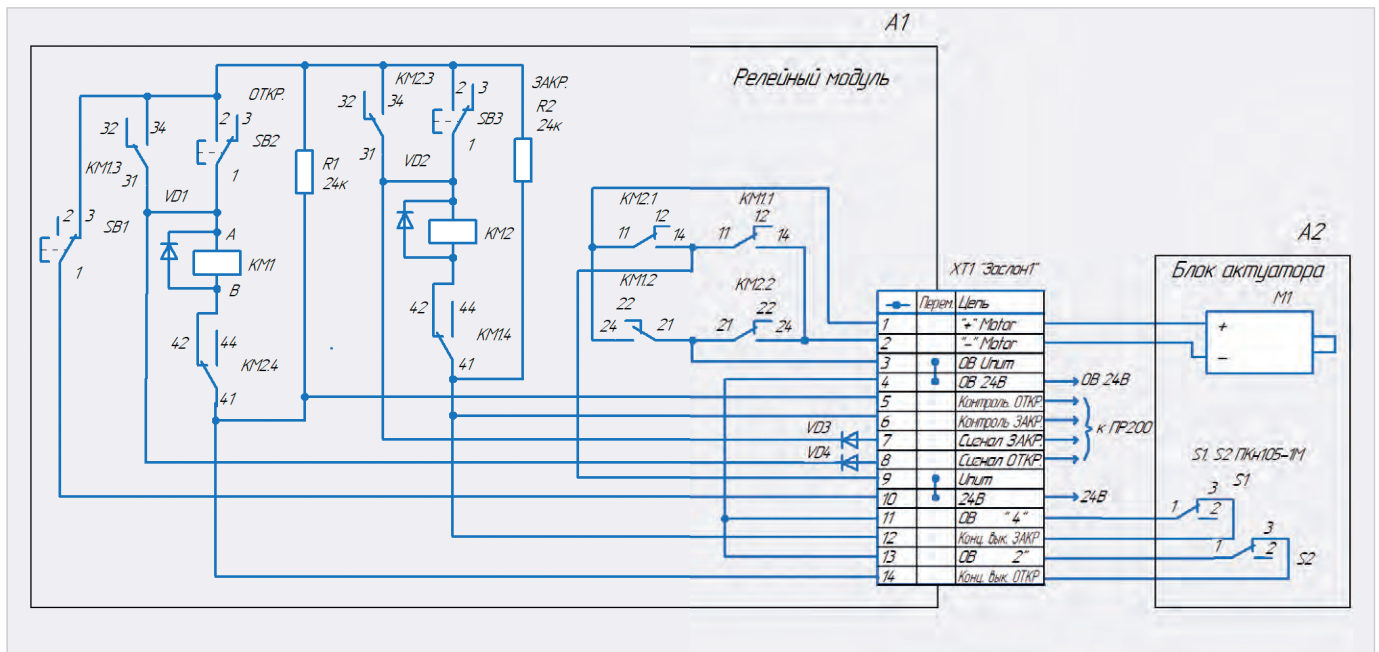


Рис. 3. Принципиальная схема релейного модуля управления актуатором



Рис. 4. Внешний вид моторизованного затвора 8MDS-70 Standa

ния штока из одного положения в другое может быть от единиц до нескольких десятков секунд.

На рис. 4 приведён внешний вид моторизованного затвора 8MDS-70 Standa (далее – затвор 8MDS-70). На рис. 5 приведена принципиальная схема затвора 8MDS-70.

Данные затворы применяются в оптических системах, а также в оптических трактах лазерных систем. Например, для защиты видеокамер, юстировочных лазеров и др. элементов, в силовом канале лазера. Будем считать, если заслонка затвора находится в положении А (рис. 5), то затвор «закрыт». При этом замкнут концевой выключатель SW1, SW2 – разомкнут. Если же заслонка затвора находится в положении Б (рис. 5), то затвор – «открыт». При этом замкнут концевой выключатель SW2, SW1 – разомкнут.

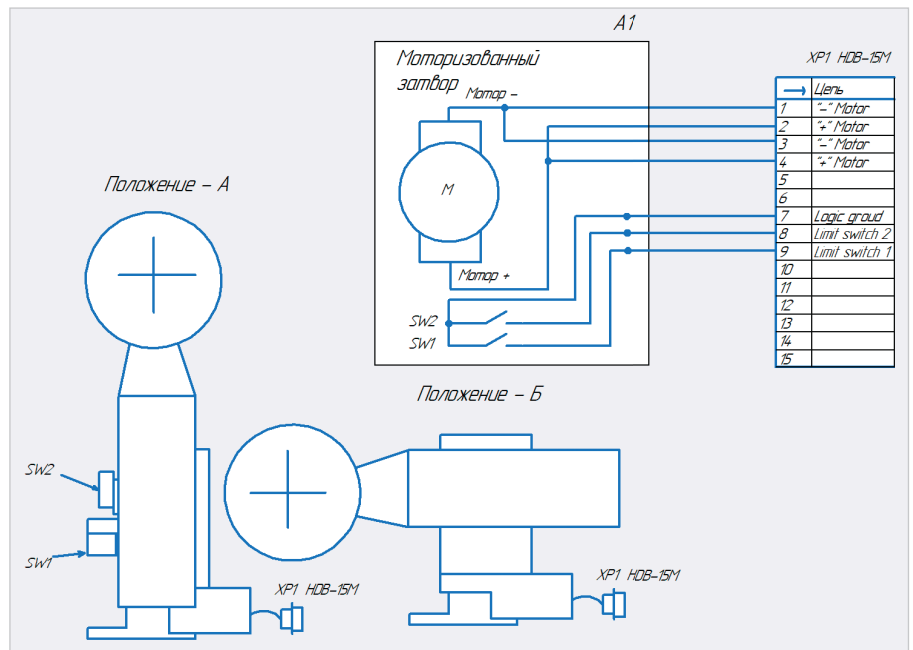


Рис. 5. Принципиальная схема затвора 8MDS-70

Время переключения затвора из одного состояния в другое порядка 0,5...1,5 с. На рис. 6 приведена принципиальная схема подключения релейного блока А1 к затвору 8MDS-70.

Напряжение питания затвора 8MDS-70 – 12 В. Незначительное отличие от схемы на рис. 3: перемычки, соединяющие контакты 3 и 4, а также 9 и 10 в клеммной колодке ХТ1 релейного модуля А1 – удалены. Питающее напряжение – 12 В, поступает на затвор 8MDS-70 через контакты 9 и 3 клеммной колодки ХТ1 релейного модуля А1.

Многооборотные электроприводы АУМА SAR 07.2-F10 (далее электро-

привод SAR 07.2) предназначены для управления различной промышленной арматурой: клапанами, задвижками, заслонками, кранами и др. Внешний вид SAR 07.2 приведён на рис. 7.

Фирма-изготовитель поставляет данные электроприводы с различными интерфейсами управления: Parallel; Profibus DP; Modbus RTU; Modbus TCP/IP; HART и пр. Рассмотрим пример для модификации с аналоговыми и дискретными сигналами управления SAR 07.2-F10 с блоком управления AC01.2 (Parallel). Более подробно работа данного многооборотного электропривода приведена в [3].

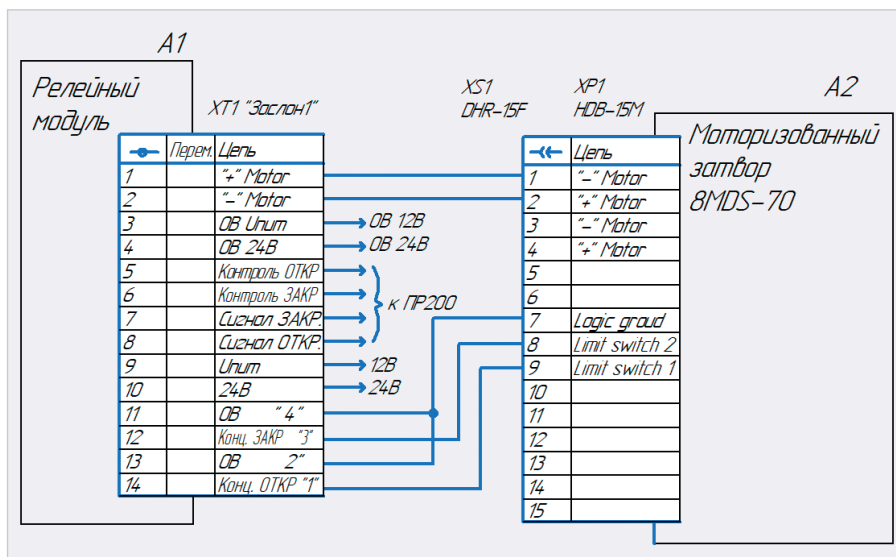


Рис. 6. Принципиальная схема подключения затвора 8MDS-70 к релейному модулю



Рис. 7. Внешний вид многооборотного электропривода SAR 07.2-F10

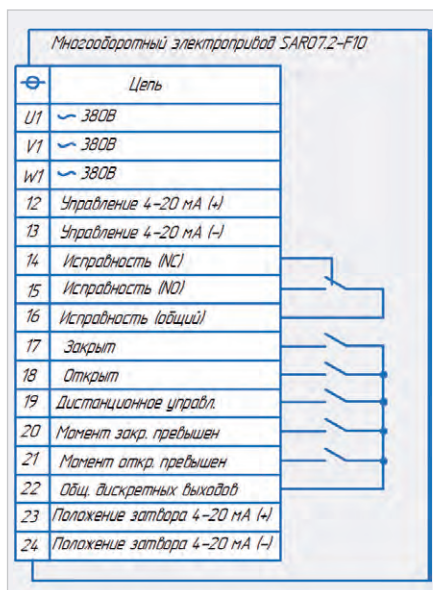


Рис. 8. Функциональное назначение контактов винтового клеммника многооборотного электропривода SAR07.2-F10

На рис. 8 приведено функциональное назначение контактов винтового клеммника многооборотного электропривода SAR07.2-F10 с блоком управления AC01.2.

Управление вышеприведёнными устройствами осуществляет программируемое реле ОВЕН ПР200 (далее ПР-200). Подобные приборы широко применяются для построения автоматизированных систем управления при решении задач локальной автоматизации. Их применение снижает затраты на проектирование и изготовление систем управления, повышает их надёжность, снижает издержки и эксплуатационные расходы. Внешний вид ПР200 приведён на рис. 9.



Рис. 9. Внешний вид ПР200

ПР200 программируется в среде Owen Logic на языке FBD. Пользовательская программа записывается в энергонезависимую флеш-память. Прибор изготавливается в различных модификациях и поддерживает следующие функции:

- работа по программе, записанной в память;
- работа в сети RS-485 по протоколу Modbus RTU/Modbus ASCII в режиме Master или Slave;
- обработка входных сигналов от датчиков;
- управление подключёнными устройствами с помощью дискретных или аналоговых сигналов;
- отображение данных на ЖКИ;
- ввод и редактирование данных с помощью кнопок на лицевой панели.

ПР200 – это программируемый управляемый автомат с дисплеем, который позволяет посмотреть на дисплее состояние выходов и входов. ПР-200 отвечает требованиям по устойчивости к воздействию помех в соответствии с ГОСТ 30804.6.2-2013. Устойчив к прерываниям, провалам и выбросам напряжения питания:

- для переменного тока в соответствии с требованиями ГОСТ 30804.4.11-2013 (степень жёсткости PS2);
- для постоянного тока в соответствии с требованиями ГОСТ IEC 61131-2-2012 – длительность прерывания напряжения питания до 10 мс включительно, длительность интервала от 1 с и более.

Более подробно работа ПР200 приведена в [1]. Отметим, что во время эксплуатации, технического обслуживания и поверки ПР-200 следует соблюдать требования ГОСТ 12.3.019-80 «Правила эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила охраны труда при эксплуатации электроустановок». Прибор следует устанавливать в специализированных шкафах, доступных только квалифицированным специалистам. ПР200 изготавливается в различных модификациях. Принципиальная схема функционального модуля управления для модификации ПР200-24.2.2 приведена на рис. 10.

В табл. 1 приведено функциональное назначение дискретных и аналоговых входов реле ПР200 в устройстве. В табл. 2 приведено функциональное назначение дискретных и аналоговых выходов реле ПР200 в устройстве.

На принципиальной схеме в ПР200 к выходам DO3, DO6, DO7 подключены индикаторы красного цвета Н1-Н3. При необходимости к данным выходам можно подключить различные исполнительные устройства (звуковую сигнализацию, блокировку работы исполнительного устройства и пр.). На рис. 11 приведён скриншот управляющей программы для ПР200 в сре-

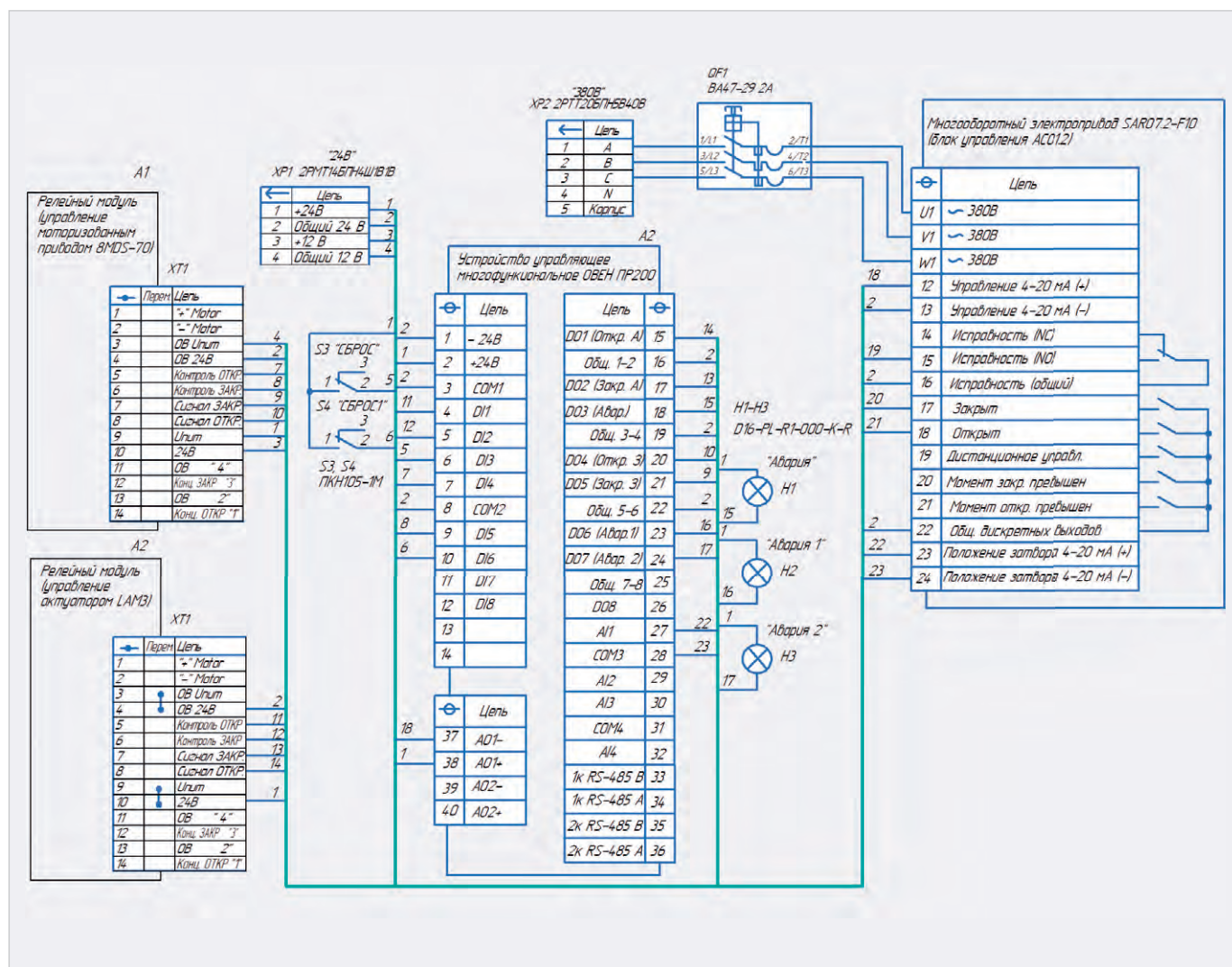


Рис. 10. Принципиальная схема функционального модуля управления

Таблица 1. Функциональное назначение дискретных и аналоговых входов реле PP200 в устройстве

| Дискретные и аналоговые входы в PP200 | Обозначение в среде OWEN Logic | Функциональное назначение в устройстве | Примечание |
|---------------------------------------|--------------------------------|---|-------------------------------------|
| DI1 | I1 | Подключение концевого выключателя S1 актуатора | При включении S1 – актуатор открыт |
| DI2 | I2 | Подключение концевого выключателя S2 | При включении S2 – актуатор закрыт |
| DI3 | I3 | Подключение кнопки S3 Экстренный останов актуатора Сброс сигнала «Авария» | Кнопка S3 – без фиксации |
| DI4 | I4 | Подключение концевого выключателя SW1 заслона | При включении SW1 – заслон открыт |
| DI5 | I5 | Подключение концевого выключателя SW2 заслона | При включении SW2 – заслон закрыт |
| DI6 | I6 | Подключение кнопки S4 Экстренный останов затвора Сброс сигнала «Авария1» | Кнопка S4 – без фиксации |
| DI7 | I7 | Не задействован | |
| DI8 | I8 | Не задействован | |
| AI1 | A11 | Положение затвора в электроприводе SAR07.2 | Аналоговый вход 4...20 мА |
| AI2 | A12 | Затвор в электроприводе SAR07.2 – закрыт | Вход сконфигурирован как дискретный |
| AI3 | A13 | Затвор в электроприводе SAR07.2 – открыт | Вход сконфигурирован как дискретный |
| AI4 | A14 | Сигнал «Авария» электроприводе SAR07.2 | Вход сконфигурирован как дискретный |

Таблица 2. Функциональное назначение дискретных и аналоговых выходов реле ПР200 в устройстве

| Дискретные и аналоговые выходы в ПР200 | Обозначение в среде OWEN Logic | Функциональное назначение выхода в устройстве | Примечание |
|--|--------------------------------|--|--|
| D01 | Q1 | Включение актуатора для перевода в состояние «открыто» | |
| D02 | Q2 | Включение актуатора для перевода в состояние «открыто» | |
| D03 | Q3 | Выходной сигнал «Авария» для актуатора | Управление внешними исполнительными устройствами |
| D04 | Q4 | Включение затвора для перевода в состояние «открыто» | |
| D05 | Q5 | Включение затвора для перевода в состояние «открыто» | |
| D06 | Q6 | Выходной сигнал «Авария1» для заслона | Управление внешними исполнительными устройствами |
| D07 | Q7 | Выходной сигнал «Авария2» для электропривода SAR07.2 | Управление внешними исполнительными устройствами |
| D08 | Q8 | Не задействован | |
| A01 | A01 | Управление затвором в электроприводе SAR07.2 | Аналоговый выход 4...20 МА |
| Индикаторы в ПР200 | | | |
| F1 | F1 | Световой сигнал «Авария» для электропривода SAR07.2 | |
| F2 | F2 | Не задействован | |

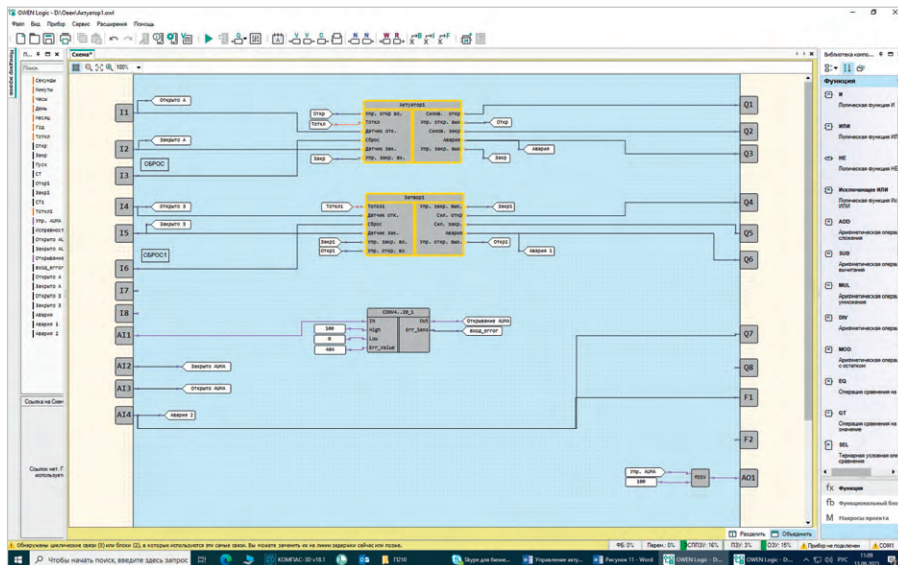


Рис. 11. Скриншот управляющей программы для ПР200 в среде OWEN Logic

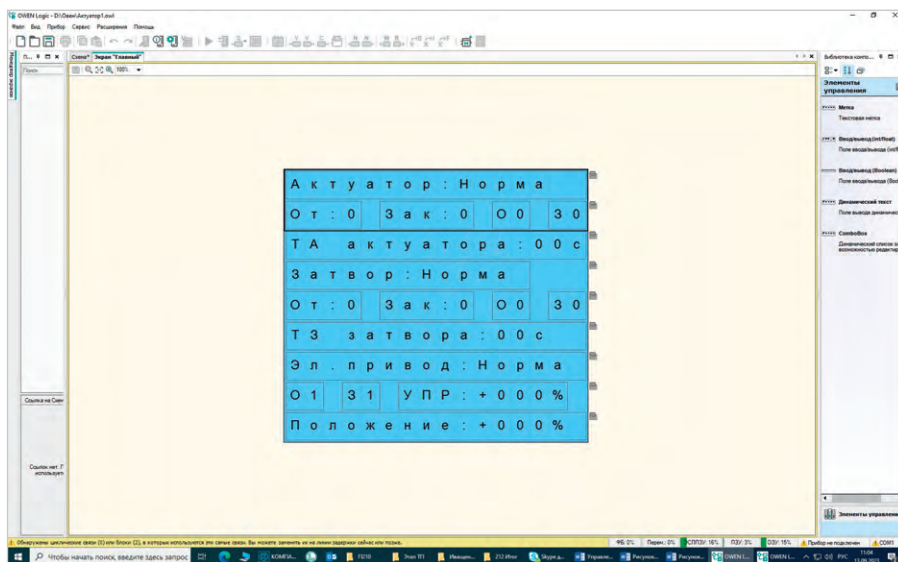


Рис. 12. Скриншот менеджера экранов в среде OWEN Logic

де OWEN Logic. На рис. 12 приведён скриншот менеджера экранов в среде OWEN Logic.

Рассмотрим алгоритм работы управляющей программы в среде OWEN Logic с применением программируемого реле OWEN ПР200-24.2.2. В программе три макроса: АКТУАТОР1; ЗАТВОР1; CONV4...20_1. Соответственно данные макросы управляют актуатором, затвором и электроприводом SAR 07.2. На рис. 13 приведён скриншот макроса АКТУАТОР1.

Рассмотрим работу данного макроса. На входы «Датчик отк.» и «Датчик. зак.» поступают сигналы с концевых выключателей актуатора. На вход «Упр. закр. вх.» и «Упр. откр. вх.» соответственно поступают сигналы с булевы переменных «Откр», «Закр». На вход «Тоткл» поступает значение с целочисленной переменной «Тоткл». Значение времени, записанное в данную переменную, задаёт время включения сигнала «Авария». Понятно, что значение времени, необходимое для перехода актуатора, из одного состояния в другое, должно быть меньше, чем значение, заданное в «Тоткл». Значения булевы переменных «Откр», «Закр» и целочисленной переменной изменяется с клавиатуры ПР200. Пусть затвор закрыт. Соответственно на входе «Датчик отк.» будет присутствовать лог. 1, а на «Датчик зак.» – лог. 0. С клавиатуры ПР200 переводим переменную «Откр» в лог. 1. Далее устанавливается в лог. 1 триггер RS2, к его выходу подключены:

- переменная «Откр» (рис. 10);
 - вход I таймера TON3;
 - вход S триггера RS1;
 - через блок ИЛИ вход S триггера RS3.
- К выходу Q триггера RS3 подключён вход I таймера TON2.

То есть переменная «Откр» через регистр RS2 устанавливает «саму себя». Одновременно запускаются таймеры TON2 и TON3, устанавливается в лог. 1 выход триггера RS1, который через блок «И» устанавливает в лог. 1 выход «Силов. откр.». То есть в релейный модуль подаётся сигнал на открытие актуатора. TON3 через 2 с установит выход регистра RS2 в лог. 0, а значит, и переменная «Откр» будет установлена в лог. 0. Время работы TON3 определяется значением, записываемым в переменную «Тоткл». Для актуатора LAM3-S3-200-ROE-DC24V значение «Тоткл» по умолчанию задано 10 с. Если за это время входы «Датчик откр.» и «Датчик зак.» не изменят своего состояния соответственно на лог 0 и лог. 1 (актуатор должен перейти из состояния «закр.» в состояние «открыто»), то выход Q триггера DTRIG1 будет установлен в лог. 1 и будет включён сигнал «Авария». Сигнал «Сброс» сбрасывает сигнал «Авария» и сигнал «Силов. откр.». Совершенно аналогично работает канал на закрытие актуатора. При этом задействованы следующие элементы: триггеры RS4, RS5; таймеры TON1, TON3; триггер DTRIG1.

Работа макроса ЗАТВОР1 аналогична работе макроса АКТУАТОР1. В переменную «Тоткл1» по умолчанию задано значение 3 с, так как время переключения затвора из одного

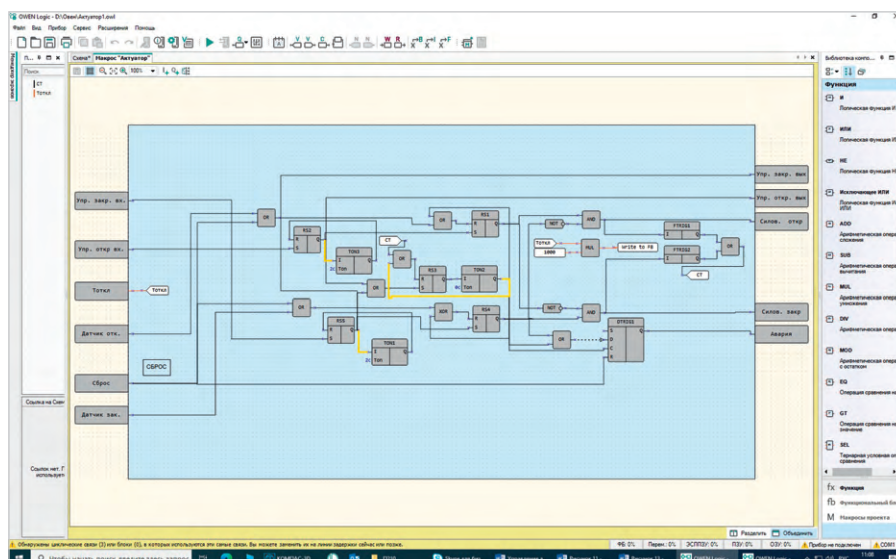


Рис. 13. Скриншот макроса АКТУАТОР1

состояния в другое порядка 0,5...1,5 с. Кроме того, уменьшено время удержания сигналов «Откр1», «Закр1» до 1 с.

Макрос CONV4...20_1 загружен из менеджера компонентов среды OWEN Logic (вкладка онлайн-база). Данный макрос позволяет масштабировать значение входной величины «in», заданной в диапазоне 4...20, в новый диапазон, заданный параметрами «high», «low». Перед выполнением масштабирования макрос ограничивает значение входной величины диапазоном 4...20. Перед вводом в эксплуатацию электропривода SAR 07.2 необходимо выполнить настройки в соответствии с [5]. Все настройки должны соответствовать условиям применения.

PP-200 позволяет быстро организовать необходимый алгоритм работы с технологическим оборудованием и при необходимости оперативно его изме-

нить с минимальными доработками в аппаратной части. Совсем нетрудно встроить данный функциональный модуль в АСУ какого-либо изделия или системы. Имеются модификации PP-200 с сетевым интерфейсом RS-485 (1 или 2 независимых канала). В программе потребуется добавить сетевые переменные и настроить канал RS-485.

Литература

1. Руководство по эксплуатации. Устройство управляющее многофункциональное PP200.
2. URL: <http://www.owen.ru>.
3. URL: <http://www.lassard.ru>.
4. URL: <http://www.auma.ru>.
5. Руководство по эксплуатации. Многооборотные приводы SA 07.2 – SA 16.2 SAR 07.2 – SAR 16.2 Блок выключателей: электронный (MWG) с блоком управления AC 01.2 Non-Intrusiv.



НОВОСТИ МИРА

Nvidia перестала принимать заказы на чипы от китайских компаний

Как пишет ТАСС со ссылкой на The Wall Street Journal, это решение связано с недавними экспортными ограничениями США. Согласно информации источников The Wall Street Journal, новые правила могут заставить Nvidia отменить уже зарегистрированные заказы на чипы на сумму более 5 миллиардов долларов.

Nvidia уже доставила китайским заказчикам все заказанные чипы в этом году и планировала начать поставку части чипов, зарезервированных на 2024 год, ещё до вступления в силу новых правил экс-

портного контроля. Однако правительство США ускорило введение санкций на чипы, используемые в разработке искусственного интеллекта. Теперь компании, чьи устройства превышают контрольные показатели производительности, должны получить экспортную лицензию от Министерства торговли США, чтобы отправить свою продукцию в Китай.

The Wall Street Journal пишет, что эти ограничения могут замедлить развитие индустрии искусственного интеллекта в Китае и вынудить местных разработчиков искать отечественные альтернативы. Некоторые китайские компании уже разработали свои собственные чипы ис-



кусственного интеллекта, и они рассчитывают компенсировать недостатки архитектуры с помощью более совершенных алгоритмов и программного обеспечения.

Современный способ изготовления двусторонних печатных плат с высоким разрешением своими силами

Часть 2

Алексей Кузьминов

В статье приводится описание технологии изготовления печатных плат с высоким разрешением своими силами. Показано, что получение высококачественного фотшаблона с помощью лазерного принтера и использование новых светочувствительных материалов и новых источников ультрафиолетового излучения взамен традиционных существенно экономит время и материальные средства при изготовлении печатных плат. Описанная технология позволит разработчикам электронных устройств на современной элементной базе кардинально снизить время разработки и её стоимость благодаря оперативности и существенному удешевлению изготовления печатных плат.

Травление

Травление заготовки производится в растворе хлорного железа (рис. 23). Этот раствор не должен быть очень насыщенным, чтобы процесс травления занимал не менее часа. Причём чем выше температура, тем менее насыщенным должен быть раствор. Температура травления особой роли не играет. Можно травить и при минусовой температуре (например, зимой на балконе). Необходимо добавить, что нижняя поверхность заготовки в растворе травится в 2–3 раза быстрее верхней, поэтому заготовку требуется переворачивать каждые 15–20 минут, следя за процессом травления каждой из сторон. После травления заготовку требуется тщательно промыть холодной водой, сняв с неё клипсы, и высушить.

Подготовка заготовки к сверлению отверстий

Отверстия, подлежащие сверлению, требуется накернить. В качестве керне-

ра автор использует цангу с деревянной ручкой (рис. 24) с зажатым керном, желательным из достаточно твёрдого материала, например, из хвостовика твердосплавного сверла, который следует заточить на алмазном круге (см. далее). Кернение следует проводить с помощью лупы $\times 10$ и какого-либо источника света (например, налобного фонарика). Поместив острие керны строго в центр контактной площадки, необходимо как следует надавить на кернер, чтобы оставить на заготовке конус глубиной не менее 0,5 мм (рис. 25).

После того как все контактные площадки накернены, заготовку следует приклеить к стеклотекстолитовой (или просто текстолитовой) пластине несколько большего, чем сама заготовка, размера и толщиной 1,5 мм. Для этого автор использует тонкий скотч с двухсторонним липким слоем (рис. 26а). На пластину (рис. 26б) вначале следует наклеить полосу такого

скотча, снять с него защитную плёнку и приклеить заготовку (рис. 26в). Это делается по двум причинам. Во-первых (и это главное), если, например, сверлится отверстие в контактной площадке, имеющей на обратной стороне соответствующую ей контактную площадку малого размера (например, при распайке штыря какого-либо разъёма), то в процессе сверления она может отклеиться от основания, если под ней нет пластины, к которой она приклеена и которая не даёт ей сдвинуться с места. Во-вторых, глубину сверления необходимо настроить так, чтобы пластина просверливалась не насквозь, а приблизительно до половины её толщины. В этом случае позиционирование пластины и заготовки на ней будет строго вертикально по отношению к сверлу, так как на пластине не будет никаких заусенцев, возникающих при сверлении, препятствующих её позиционированию и несколько изменяющих её горизонтальное положение (см. далее).

Сверление отверстий

Основные требования к устройству сверления состоят в следующем.

Во-первых, сверло должно располагаться строго перпендикулярно плоскости платы.

Во-вторых, скорость вращения должна регулироваться в широких пределах и не зависеть от момента сопротивления сверла. Другими словами, при увеличении момента сопротивления момент вращения должен так-



Рис. 23. Травление заготовки в хлорном железе



Рис. 24. Цанга с зажатым керном



Рис. 25. Процесс кернения

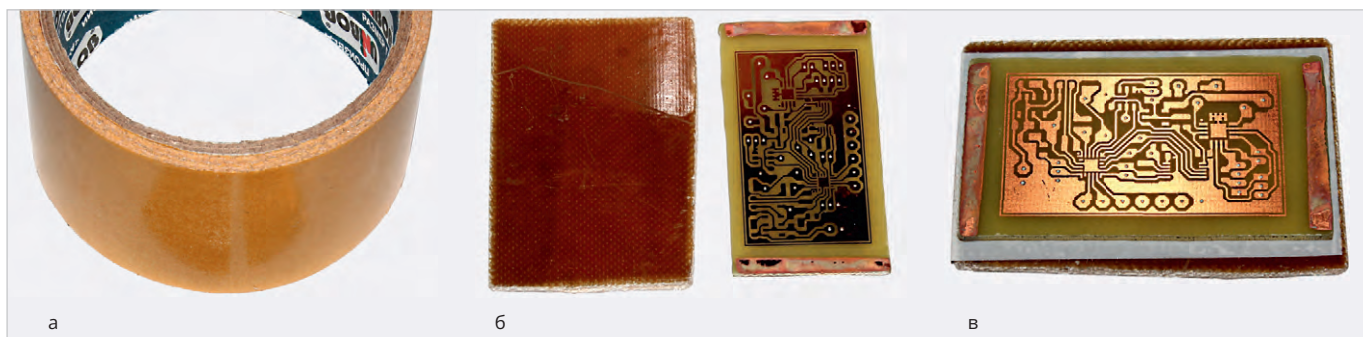


Рис. 26. Приклеивание заготовки к стеклотекстолитовой пластине: а – двусторонний тонкий скотч, б – пластина и заготовка, в – склейка

же соответственно увеличиваться, чтобы сохранить постоянную выбранную скорость вращения. Дело в том, что при сверлении отверстий на конечном этапе сверло испытывает наибольший момент сопротивления. Соответственно электродвигатель, вращающий патрон с закреплённым сверлом, должен обеспечивать достаточно высокий момент вращения, иначе сверло может остановиться.

В-третьих, ручное вертикальное перемещение сверла должно быть очень удобным и легко регулироваться, в том числе и так, чтобы можно было варьировать это перемещение с точностью до десятых долей миллиметра, как, например, перемещение тубуса в микроскопе.

Ну и, наконец, в-четвёртых, место сверления должно быть хорошо освещено.

Все эти требования, конечно, обеспечивает полноценный сверлильный станок, однако он довольно дорог и имеет большие габариты.

Второй вариант – собрать сверлильный станок из готовых комплектующих. Для этого потребуется стойка для дрели и сама дрель с регулятором скорости и механизмом, обеспечивающим высокий момент вращения. Этот вариант существенно дешевле сверлильного станка.

Здесь следует пояснить, что, с одной стороны, чем выше напряжение, подаваемое на электродвигатель, тем больше его скорость и соответственно больше момент вращения. С другой стороны, для позиционирования сверла и самого процесса сверления требуется определённая скорость вращения, которая соответствует диаметру сверла. Чем толще сверло, тем меньше должна быть эта скорость. Уменьшение напряжения, конечно, снижает скорость вращения, но соответственно и снижает момент вращения, что может привести к остановке сверла. В сверлильных

станках этот вопрос решается с помощью механического редуктора, который может состоять либо из системы зубчатых передач (как, например, в ручной электродрели или в коробке передач автомобиля), либо из системы шкивов и ремённой передачи. И в том, и в другом случае такой механический редуктор имеет достаточно большие габариты и вес. Однако существует и другое решение этой проблемы – электронный редуктор, а точнее – электронный регулятор-стабилизатор скорости вращения. Суть его состоит в следующем. При установке определённой скорости и увеличении момента сопротивления скорость вращения падает, но электронное регулирование повышает эту скорость до номинальной и соответственно повышает момент вращения. В результате скорость вращения сохраняет прежнее значение. Таким электронным регулятором-стабилизатором оснащают некоторые дрели.

Автор выбрал второй вариант. В качестве стойки для дрели был выбран штатив для установки минидрели D-0512 производства фирмы DONAU (рис. 27). У этой стойки механизм перемещения дрели – шестерня-рейка. Для вертикального перемещения дрели используется специальный рычаг, который очень неудобен и не обеспечивает прецизионное перемещение, поэтому дополнительно была установлена круглая ручка. Вместе со стойкой была приобретена и сама дрель DONAU D-0600, для которой (в том числе) это приспособление предназначено. К штативу D-0512 дрель D-0600 крепится за корпус специальным хомутом. Однако эта дрель представляет собой простой электродвигатель, оснащённый трёхкулачковым патроном для зажатия свёрл, поэтому она была использована во вспомогательных операциях (см. далее). А в



Рис. 27. Станок для сверления отверстий

качестве сверлильного устройства была приобретена дрель компании Proxxon FBS 12EF (рис. 27). Способ крепления дрели FBS 12EF – за шейку диаметром 20 мм, в отличие от способа крепления дрели D-0600 – за корпус. Кроме того, эта дрель закреплена на стойке дополнительным хомутом. Дрель FBS 12EF оснащена электронным (тиристорным) регулятором-стабилизатором скорости вращения. Для этого на неё необходимо подавать выпрямленное (не сглаженное) напряжение 12–18 В с помощью отдельного блока питания (БП). Для зажатия свёрл были приобретены несколько трёхкулачковых цанг разного диаметра.

Стойка располагается на специальном столике, состоящем из куска ДСП с четырьмя мебельными ножками. Чтобы стойка не скользила по столику, на него был приклеен кусок пористой резины (от коврика для мыши), на который и была установлена стойка. Для освещения места сверления на стойку была установлена светодиодная лампа с отражателем

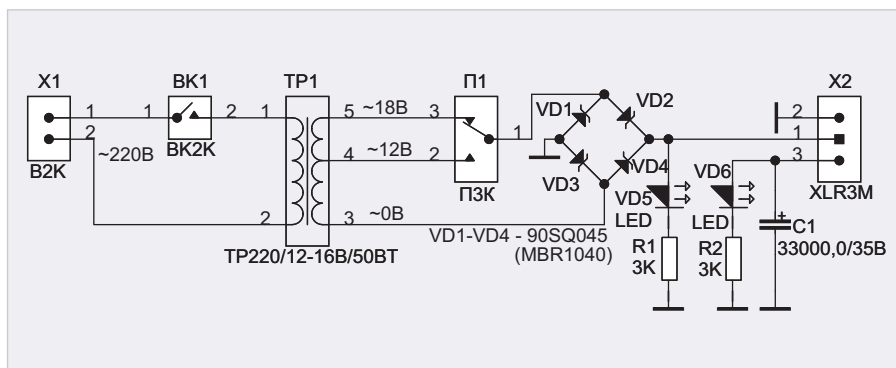


Рис. 28. Блок питания 12...18 В

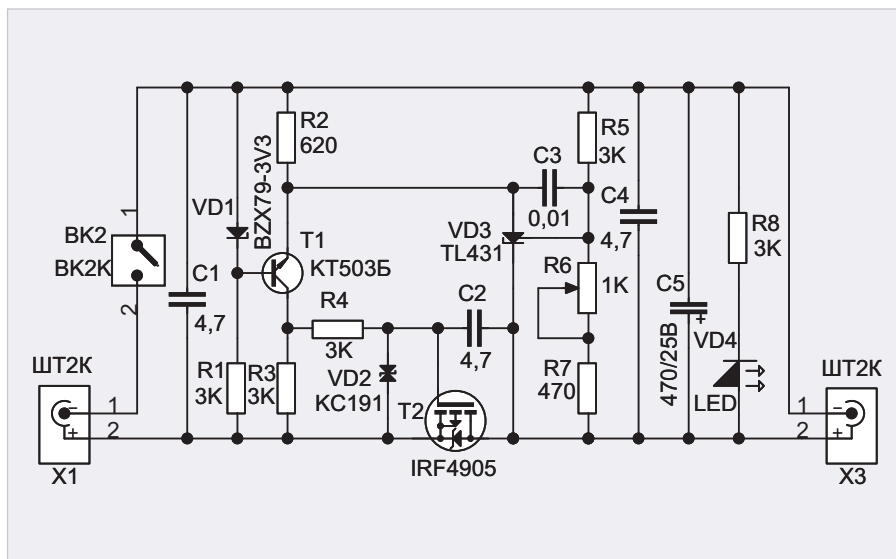


Рис. 29. Линейный стабилизатор/регулятор скорости вращения дрели D600

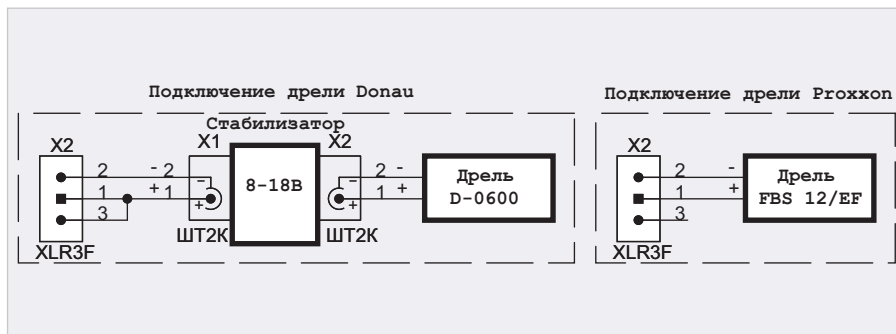


Рис. 30. Подключение дрелей к блоку питания

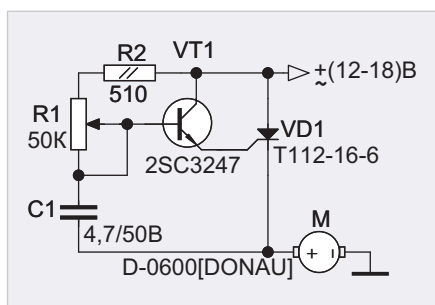


Рис. 31. Тиристорный регулятор/стабилизатор скорости вращения дрели



Рис. 32. Подключение линейного стабилизатора к блоку питания

и цоколем E40, который вкручивается в соответствующий патрон, прикреп-

плённый к стойке согнутой алюминиевой полоской. Для удобства свер-

ления на стойке укреплен радиатор (от кулера процессора компьютера) с просверленным в центре отверстием диаметром 10 мм. Радиатор прикручен к стойке снизу двумя толстыми саморезами.

Дрель DONAU D-0600 укреплена на столике сзади штатива четырьмя стойками и двумя хомутами.

БП для подключения дрелей FBS 12EF и D-0600 (рис. 28) состоит из вилки на 220 В (X1), выключателя (BK1), трансформатора TP1, переключателя П1, выпрямителя на 4 диодах VD1-VD4, двух светодиодов VD5, VD6 со своими токоограничительными резисторами R1, R2 соответственно, конденсатора C1 и выходного разъёма X2. Дрель D-0600 может подключаться к БП либо с помощью линейного регулятора (рис. 29 [2]) для обеспечения очень высокой скорости вращения, либо с помощью тиристорного регулятора-стабилизатора скорости вращения (рис. 31 [5]). Подключение обеих дрелей к БП организовано по схеме рис. 30.

БП подключается либо к дрели FBS 12EF (рис. 27), либо через соответствующие устройства – к дрели D-0600 (рис. 32, рис. 33).

Как уже упоминалось ранее, для изготовления керна автор использовал сломанные твердосплавные сверла, которые затачивались на алмазном круге, вставленном в патрон дрели D-0600. Для заточки хвостовик сверла вставляется в обычную ручную дрель, которая включается на низкую скорость, хвостовик подносится к алмазному кругу, вращающемуся с высокой скоростью (используется регулятор по схеме рис. 29), и затачивается под углом 75-80° (рис. 34).

Сам процесс сверления довольно прост. Плата помещается на столик (радиатор) и придерживается двумя пальцами. Включается дрель, и сверло устанавливается над очередным отверстием. Далее круглой ручкой (рис. 27) сверло перемещается вниз, и как только сверло попадёт в конус, оставленный кернером (плата при этом немного сдвинется, поэтому придерживать плату до этого момента следует слабо), плату необходимо хорошо прижать, а отверстие просверлить (рис. 35). Нужный опыт приобретается после нескольких сломанных свёрл (тут уж ничего не поделаешь).



Рис. 33. Подключение тиристорного регулятора-стабилизатора к БП и дрели D-0600



Рис. 34. Заточка керн на алмазном круге



Рис. 35. Процесс сверления платы

После того как все отверстия просверлены, заготовка отклеивается от пластины и обрезается лобзиком (рис. 14 в части 1) по контуру на расстоянии около 0,5 мм от канта. Далее вначале грубым, а затем более мелким напильником грани платы стачиваются до канта. Затем сам кант удаляется мелким напильником, а углы платы скругляются. После этого светозащитный лак с платы удаляется тампоном, смоченным в ацетоне. Плата для распайки компонентов готова.

В третьей, заключительной части статьи будет рассказано о технологии распайки компонентов.

Литература

1. Кузьминов А. Метод фоторепродуцирования для изготовления фотошаблона печатных плат в домашних условиях // Технологии в электронной промышленности. 2010. № 5. С. 17–23; № 6. С. 10–15; № 7. С. 8–15.
2. Кузьминов А. Изготовление устройств на печатных платах с высоким разрешением в домашних условиях // Технологии в электронной промышленности. 2010. № 8. С. 18–25; 2011. № 1. С. 9–13; № 2. С. 18–25.
3. Кузьминов А. Технология изготовления печатных плат с высоким разрешением в домашних условиях // Радио. 2017. № 10. С. 24–28.
4. Кузьминов А. Как использовать фольгу односторонней печатной платы в качестве общего провода // Радио. 2019. № 2. С. 28–30.
5. Кузьминов А. Тиристорный регулятор скорости вращения коллекторных двигателей постоянного тока // Современная электроника. 2013. № 2. С. 50–53.
6. Кузьминов А. Усовершенствованное устройство для выпаивания микросхем в корпусах QFN/QFP // Радиолюцман. 2023. № 3-4. С. 60–66.
7. Кузьминов А. Регулятор мощности паяльника в сетевой вилке // Современная электроника. 2014. № 2. С. 48–49.



CviLux Corporation

Type C Разъем для быстрой зарядки

Ток до 5А
максимально быстрая подзарядка аккумулятора

SMT 6 pin
вертикальный разъем

Более 10 000
циклов замыканий/размыканий

- Передача данных и мощности через один разъем
- Поддерживает USB 2.0, USB 3.1 gen 1 и USB 3.1 gen 2
- Пропускная способность до 100W при 20V
- Рабочая температура: -40 C до +80 C

Применение:

- Широко используется для подзарядки устройств в бытовом применении
 - Зарядные док-станции
 - Подзарядка устройств в промышленных применениях
-
- Материал корпуса: LCP UL-94V-0
 - Покрытие корпуса: нержавеющая сталь



PROCHIP
POWERED BY PROSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

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

Рис. 35

Методы расчёта волнового сопротивления линий передач на печатных платах

Виктор Ухин (компания «ЭРЕМЕКС»), **Вячеслав Кухарук** (компания «ЭРЕМЕКС»), **Дмитрий Коломенский** (Центр технологий материалов, Сколковский институт науки и технологий), **Ольга Смирнова** (компания «ЭРЕМЕКС»)

В данной статье описываются существующие методы расчёта волнового сопротивления линий передач на печатных платах. Описываются их преимущества и недостатки. Также приводится пример расчёта.

Всё больше современных электронных устройств содержит в себе высокоскоростную цифровую часть и (или) высокочастотную аналоговую. Проектировать такие изделия без контроля волнового сопротивления на всём пути распространения сигнала практически невозможно.

Известно, что основным конструктивным узлом любой аппаратуры является печатная плата, поэтому расчёт импеданса линий передач, реализованных на их основе, является важной и актуальной задачей.

Значение импеданса, к которому необходимо стремиться, для разработчика не является секретом. Чаще всего для одиночных линий оно составляет 50 Ом, а для дифференциальных 100 Ом.

Кроме того, практически на любой стандарт или интерфейс передачи данных легко можно найти требования к значению импеданса. В табл. 1 представлен их пример для USB 3.0 [1, 2].

Более сложным является вопрос о том, что использовать для вычисления импеданса. Понятно, что это будет программная реализация, но каким методом выполняется расчёт? Это важное знание, так как от него зависит точность. Каждый опытный инженер понимает, что отклонение волнового сопротивления от номинального значения более чем на десять процентов (а в некоторых случаях допуск может быть значительно меньше) приведёт к негативным последствиям.

Таблица 1. Требования к трассировке USB 3.0

| Параметр | Требования к трассировке |
|--|--|
| Скорость передачи данных | 5,0 Гбит/с |
| Максимальная длина | 7,5 дюйма |
| Волновое сопротивление дифференциальных линий передач | 85 Ом +/- 10% |
| Волновое сопротивление одиночных линий передач | 85 Ом +/- 15% |
| Ширина проводников | Определяется структурой печатной платы |
| Расстояние между проводниками дифференциальной пары | Определяется структурой печатной платы |
| Расстояние между дифференциальными парами | 15 милс |
| Расстояние между дифференциальными парами и высокоскоростными одиночными сигналами | 15 милс |
| Допуск для выравнивания сигналов дифференциальных пар | 5 милс |
| Опорный сигнал | GND |
| Максимальное количество отверстий в сигнале дифференциальной пары | 3 |

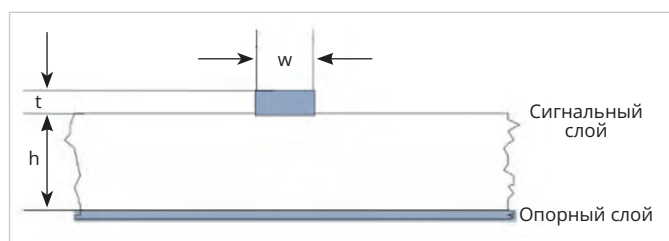


Рис. 1. Микрополосковая линия передачи

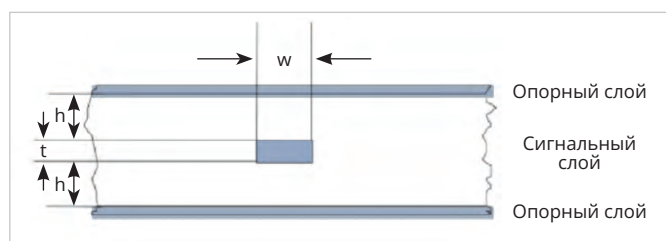


Рис. 2. Полосковая симметричная линия передачи

Расчёт импеданса линий передач на печатных платах выполняется в основном двумя способами: аналитическим и численным. Основаны они на применении базовой формулы [3, 4]:

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}}, \quad (1)$$

где L – индуктивность линии передачи на единицу длины, C – ёмкость линии передачи на единицу длины.

Чаще всего в первом методе используются формулы, представленные в стандартах IPC 2141 и IPC 2251 [5, 6]. Получены выражения на основе приближённого аналитического решения. Ниже по тексту представлены некоторые из этих формул.

Микрополосковая линия передачи представлена на рис. 1.

$$Z_{0,surf} = \frac{\eta_0}{2\pi\sqrt{2\pi}\sqrt{\epsilon_{r,eff} + 1}} \cdot \ln \left\{ 1 + 4 \frac{h}{w} \left[4 \left(\frac{14\epsilon_{r,eff} + 8}{11\epsilon_{r,eff}} \right) \frac{h}{w} \right] + \sqrt{16 \left(\frac{14\epsilon_{r,eff} + 8}{11\epsilon_{r,eff}} \right)^2 \left(\frac{h}{w} \right)^2 + \frac{\epsilon_{r,eff} + 1}{12} \pi^2} \right\} \times w' = w + \frac{t}{\pi} \ln \left\{ \frac{4e}{\sqrt{\left(\frac{t}{h} \right)^2 + \left(\frac{t}{w\pi + 1} \right)^2}} \right\} \times \left(\frac{\epsilon_{r,eff} + 1}{2\epsilon_{r,eff}} \right), \quad (2)$$

$$\epsilon_{r,eff} = \left\{ \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \sqrt{\frac{w}{w + 12h} \frac{w}{h} \geq 1} \right\}, \quad (4)$$

где h – толщина диэлектрика, W – ширина проводника, t – толщина меди, ϵ_r – диэлектрическая проницаемость, $\epsilon_{r,eff}$ – эффективная диэлектрическая проницаемость.

Формула в более простом виде:

$$Z_{0,surf} = \frac{87}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln \left(\frac{5,98h}{0,8w+t} \right). \quad (5)$$

Полосковая симметричная линия представлена на рис. 2.

$$Z_{0,ss} = \frac{\eta_0}{2\pi\sqrt{\epsilon_r}} \ln \left\{ 1 + \frac{8h}{\pi w'} \left[\frac{16h}{\pi w'} + \sqrt{\left(\frac{16h}{\pi w'} \right)^2 + 6,27} \right] \right\}, \quad (6)$$

$$w' = w + \frac{t}{\pi} \ln \left\{ \frac{e}{\sqrt{\left(\frac{t}{4h+t} \right)^2 + \left(\frac{\pi t}{4(w+1,t)} \right)^m}} \right\} \quad (7)$$

$$m = 6 \frac{h}{3h+t}, \quad (8)$$

$$Z_{0,ss} = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \times \ln \left(\frac{4 \times (2h+t)}{0,67\pi \times (0,8w+t)} \right), \quad (9)$$

где h – толщина диэлектрика, W – ширина проводника, t – толщина меди, ϵ_r – диэлектрическая проницаемость.

Достоинством аналитического метода является то, что формулы находятся в свободном доступе, и их можно легко реализовать в программном виде. Недостатком – низкая точность расчёта и отсутствие выражений для более сложных структур, например, с несколькими диэлектриками, копланарных линий. То есть, опираясь на формулы из стандарта, разработчик должен быть готов к тому, что не для всех типов линий передач возможно рассчитать волновое сопротивление, а точность полученных результатов может сильно отличаться от реальных значений.

Другой метод – численный. В решении инженерных задач данный способ нахождения необходимых параметров используется достаточно часто. При этом многие специалисты, применяя его через различные программные средства, редко задумываются о том, как он реализуется. В методе нет явной формулы, и он многим представляется как некий чёрный ящик. Однако знание основных принципов расчёта численными методами позволит разработчику избежать ошибок, понять границы его применения, влиять в некоторых случаях на точность результата.

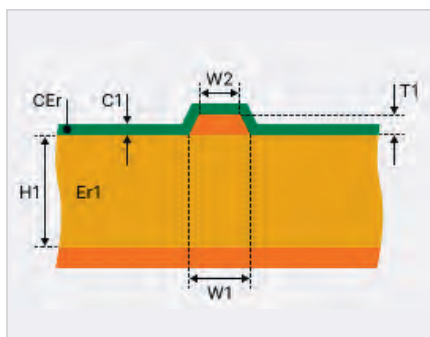


Рис. 3. Микрополосковая линия передачи с маской

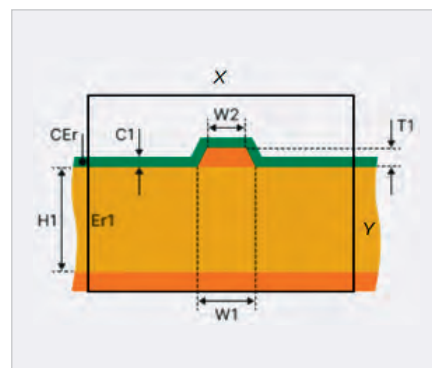


Рис. 4. Область расчёта



ВАШ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОПУТЧИК!

Полосковые дисплеи для транспорта

- ЖК-дисплеи серии SPANPIXEL™ с яркостью до 3000 кд/м²
- Размеры по диагонали от 6,2 до 65"
- Разрешение до 4K2K
- Угол обзора 178° (во всех плоскостях)
- Диапазон рабочих температур (некоторых моделей) –30...+85°C
- Возможна разработка под заказ
- Ресурс до 100 000 часов



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

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



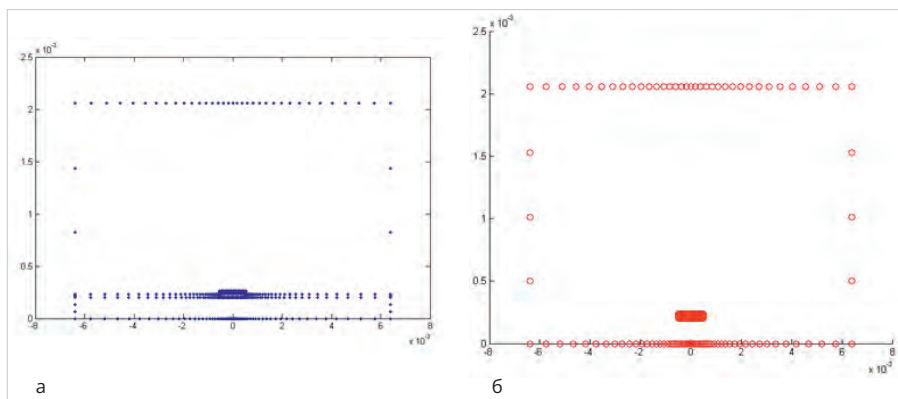


Рис. 5. Сетка из граничных элементов: а) среда, в которой находится проводник, б) воздух

Рассмотрим основы расчёта волнового сопротивления линий передач на печатной плате численными методами. Численных методов достаточно много. Для решения данной задачи очень хорошо подходит метод граничных элементов. Он обеспечивает высокую точность и не требует серьёзных вычислительных ресурсов.

Прежде чем рассматривать данный способ расчета, вернёмся к фундаментальной формуле (1), по которой вычисляется волновое сопротивление. Из неё видно, что для нахождения импеданса требуется определить индуктивность и ёмкость линии передачи на единицу длины. Преобразуем выражение (1), используя следующие соотношения [3, 4]:

$$LC = \mu_0 \mu_r \epsilon_0 \epsilon_r, \quad (10)$$

где μ_0 – магнитная постоянная, μ_r – магнитная проницаемость, ϵ_0 – электрическая постоянная, ϵ_r – диэлектрическая проницаемость, и

$$\epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 c^2}, \quad (11)$$

где c – скорость света.

Учтём, что индуктивность на единицу длины в среде диэлектрика и в воздухе при условии, что рядом отсутствуют магнитные материалы, будет иметь одинаковое значение. Тогда формула для расчёта импеданса примет вид:

$$Z = \frac{1}{\sqrt{C_{\text{возд}} C}}, \quad (12)$$

где c – скорость света, $C_{\text{возд}}$ – ёмкость проводника на единицу длины в среде воздуха, C – ёмкость проводника на единицу длины в конкретной среде.

Ёмкость можно вычислить по формуле [3, 4]:

$$C = \frac{Q}{U}, \quad (13)$$

где Q – заряд на единицу длины, U – разность потенциалов.

Таким образом, получаем, что для расчёта волнового сопротивления

необходимо определить заряд в структуре для среды, в которой находится проводник, и в воздухе.

Именно заряд или связанные с ним величины легко вычислить с помощью метода граничных элементов. Рассмотрим микрополосковую линию передачи с маской (рис. 3).

В модели необходимо задать размер рассчитываемой области. Он должен быть больше самой структуры, так как линии электромагнитного поля уходят далеко за её пределы. Форма области значения не имеет. В качестве примера на рис. 4 показана прямоугольная форма.

Параметры X и Y должны быть минимальными, но достаточными для того, чтобы при их дальнейшем увеличении заряд в системе практически не изменялся. Граница области будет иметь нулевой потенциал, а проводник – единичный. Значение потенциала на проводнике не имеет значения, но для удобства расчёта его удобно принять за единицу.

После разбиения на граничные элементы структура выглядит следующим образом (рис. 5).

На рис. 5 представлен пример сетки, и при других размерах элементов она может представляться иначе.

Далее вычисляется суммарный заряд в системе для конкретной среды, в которой находится проводник, и в воздухе. Точность расчёта будет зависеть, как указывалось ранее, от размера ячейки, а также от количества граничных элементов и качества их расположения.

Расчёт импеданса может быть произведён не только через вычисление суммарного заряда, но и через энергию электрического поля или электрического и магнитного. В первом случае определяется энергия электростатического поля в системе, а через неё ёмкость на единицу длины для струк-

туры, находящейся в конкретной среде, и в воздухе. Формула следующая [3, 4]:

$$W = \frac{1}{2} C \phi^2, \quad (14)$$

где W – энергия электрического поля, запасённая системой, ϕ – потенциал на проводнике, C – ёмкость на единицу длины.

Во втором случае ёмкость определяется только для конкретной среды, и дополнительно вычисляется индуктивность.

Индуктивность рассчитывается через выражение [3, 4]:

$$W = \frac{1}{2} LI^2, \quad (15)$$

где W – энергия магнитного поля, запасённая системой, I – ток в проводнике, L – индуктивность на единицу длины. Следует отметить, что энергию полей следует вычислять методом конечных элементов или конечных разностей.

Численными методами можно определить импеданс практически любой структуры, учесть расположенные рядом проводники, отверстия, полигоны. При этом точность вычислений выше, чем у аналитических методов. Кроме этого, как было показано в статье, они не просто оперируют цифрами, но и учитывают физические процессы, происходящие в рассматриваемой системе, что даёт возможность получить не только численное значение, но и проводить более детальные исследования. Современные, передовые программные средства используют именно численные методы для решения таких и подобных задач.

При выборе того или иного инструмента для определения импеданса линий передач на печатных платах инженеру обязательно стоит коротко ознакомиться не только с отзывами о программном средстве, но и с реализованным в нём методом расчёта. Данное знание позволит определить область применения, убедиться в точности и избежать ошибок.

Литература

1. Universal Serial Bus 3.0 Specification.
2. COM-HPC® Carrier Design Guide Guidelines for Designing COM-HPC® Carrier Boards.
3. Кечив Л.Н. Печатные платы и узлы гигабитной электроники. М.: Грифон, 2017. 424 с.
4. Кечив Л.Н. Справочник по расчёту электрической ёмкости, индуктивности и волнового сопротивления в электронной аппаратуре. Инженерное пособие. М.: Грифон, 2021. 280 с.
5. IPC-2141A Design Guide for High-Speed Controlled Impedance Circuit Boards.
6. IPC-2251 Design Guide for the Packaging of High Speed Electronic Circuits.



Сравнение результатов расчётов волнового сопротивления линий передач на печатных платах

Вячеслав Кухарук (компания «ЭРЕМЕКС»), **Виктор Ухин** (компания «ЭРЕМЕКС»), **Дмитрий Коломенский** (Центр технологий материалов, Сколковский институт науки и технологий), **Ольга Смирнова** (компания «ЭРЕМЕКС»)

В предыдущей статье была приведена теория расчётов волнового сопротивления линий передач на печатных платах. Здесь мы анонсируем разработанный компанией ЭРЕМЕКС специализированный инструмент для расчёта и покажем точность и корректность его работы.

Печатные платы (ПП) широко применяются в электронных устройствах. Именно они являются основным узлом, обеспечивающим связь между различными компонентами и сигнальными линиями. При проектировании ПП необходимо учитывать такой важный параметр, как волновое сопротивление линий передач (ЛП), как одиночных, так и дифференциальных.

Волновое сопротивление ЛП во многом определяет, как сигналы будут распространяться по ПП. Несоответствие волнового сопротивления может привести к помехам, потере сигнала и нестабильной работе всего устройства. Поэтому важно правильно рассчитывать волновое сопротивление ЛП [1].

На рынке существует несколько систем автоматизированного проек-

тирования (САПР), позволяющих рассчитывать волновое сопротивление ЛП на печатных платах. Все эти системы являются импортными.

В настоящее время компания «ЭРЕМЕКС» разрабатывает калькулятор для расчета импеданса как одиночных ЛП, так и дифференциальных. Программа находится на финальной стадии разработки и скоро будет представлена российским специалистам в области проектирования электроники. Современный инженер достаточно консервативен и тяжело меняет выбранные когда-то подходы и инструменты для проектирования. Только объективные доводы, новые возможности, современный и проверенный математический аппарат и высокое качество реализации могут убедить

специалиста сменить программное средство.

Данная статья направлена на то, чтобы показать специалистам возможности и точность работы калькулятора от компании «ЭРЕМЕКС». Точность будет оцениваться путём сравнения значений импеданса, полученных с помощью калькулятора и в других подобных инструментах, а также с реальными измерениями волнового сопротивления ЛП на тестовой плате.

Исследование выполним как для одиночных ЛП, так и для дифференциальных, структуры которых наиболее часто используются инженерами. Расчёты произведём калькуляторами, встроенными в следующие САПР: Altium Designer (Altium), Xpedition PCB (Siemens), Si9000 (Polar) [2]. Так же, как отмечалось выше, для большей убедительности сравним теоретические расчёты с реальными значениями волнового сопротивления на ПП. Для этого были изготовлены тестовые купоны ЛП на заводе Резонит и измерены методом динамической рефлектометрии (Time Domain Reflectometry, TDR) по стандарту IPC-2141A [3].

| Тип материала | Требуемая толщина платы, мм | |
|-----------------------------------|-----------------------------|----------|
| | 1 | 1,5 |
| Фольга 1 | 0,018 | 0,018 |
| Препрег 1 | 1 x 2116 | 1 x 2116 |
| | TG150 0,115 | 0,115 |
| TG170 | 0,125 | 0,125 |
| Фольга 2 | 0,018 | 0,018 |
| Ядро 1 | FR-4 (TG 150/170) | 0,2 |
| Фольга 3 | 0,018 | 0,018 |
| Препрег 2 | 2 x 2116 | 1 x 2116 |
| | TG150 0,115 + 0,115 | 0,115 |
| TG170 | 0,125 + 0,125 | 0,125 |
| Фольга 4 | 0,018 | 0,018 |
| Ядро 2 | FR-4 (TG 150/170) | 0,2 |
| Фольга 5 | 0,018 | 0,018 |
| Препрег 3 | 1 x 2116 | 1 x 2116 |
| | TG150 0,115 | 0,115 |
| TG170 | 0,125 | 0,125 |
| Фольга 6 | 0,018 | 0,018 |
| Фактическая толщина платы, мм: | TG150 | 0,968 |
| | TG170 | 1,008 |

Рис. 1. Структура ПП для тестовых купонов

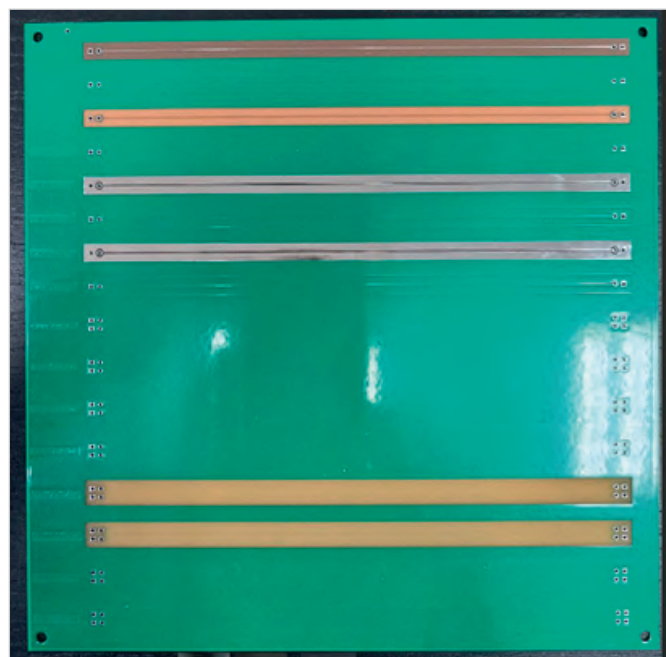


Рис. 2. Тестовая плата с ЛП

Таблица 1. Исходные параметры и результаты расчётов, измерений волнового сопротивления

| Тип ЛП: одиночные | | | Delta Design | Polar | Altium Designer | Xpedition PCB | Печатная плата |
|--------------------|--|---|--------------|--------|-----------------|---------------|----------------|
| 1 | | Микрополосковая ЛП H1 = 0,115 мм, Er1 = 4,2, W1 = 0,2 мм, W2 = 0,175 мм, T1 = 0,045 мм | 50,47 | 50,28 | 51,23 | 50,6 | 53,6 (S50) |
| 2 | | Микрополосковая ЛП с маской H1 = 0,115 мм, Er1 = 4,2, W1 = 0,2 мм, W2 = 0,175 мм, T1 = 0,045 мм, C1 = 0,025 мм, CEr = 3,5 | 48,03 | 47,89 | 48,5 | 48 | 51,56 (S48) |
| 3 | | Микрополосковая ЛП заглиблённая H1 = 0,2 мм, Er1 = 4,1, H2 = 0,115 мм, Er2 = 4,2, W1 = 0,2 мм, W2 = 0,175 мм, T1 = 0,015 мм | 64,02 | 63,74 | 64,1 | 50,6 | 59,09 (S64) |
| 4 | | Полосковая ЛП H1 = 0,2 мм, Er1 = 4,1, H2 = 0,23 мм, Er2 = 4,2, W1 = 0,2 мм, W2 = 0,175 мм, T1 = 0,015 мм | 48,39 | 48,23 | 49,56 | 48 | 49,37 (S48) |
| 5 | | Микрополосковая копланарная ЛП H1 = 0,96 мм, Er1 = 4,3, W1 = 0,2 мм, W2 = 0,175 мм, D1 = 0,15 мм, T1 = 0,045 мм | 73,61 | 73,35 | 74,69 | X | X |
| 6 | | Микрополосковая копланарная ЛП с маской H1 = 0,96 мм, Er1 = 4,3, W1 = 0,2 мм, W2 = 0,175 мм, D1 = 0,15 мм, T1 = 0,045 мм, C1 = 0,025 мм, CEr = 3,5 | 68,08 | 67,85 | 68,26 | X | X |
| 7 | | Микрополосковая копланарная ЛП с опорным слоем H1 = 0,115 мм, Er1 = 4,2, W1 = 0,2 мм, W2 = 0,175 мм, D1 = 0,15 мм, T1 = 0,045 мм | 47,84 | 47,69 | 48,36 | X | 51,56 (S48) |
| 8 | | Микрополосковая копланарная ЛП с маской и опорным слоем H1 = 0,115 мм, Er1 = 4,2, W1 = 0,2 мм, W2 = 0,175 мм, D1 = 0,15 мм, T1 = 0,045 мм, C1 = 0,025 мм, CEr = 3,5 | 45,13 | 45,03 | 45,36 | X | 46,84 (S45) |
| Тип ЛП: дифф. пара | | | | | | | |
| 9 | | Микрополосковая ЛП H1 = 0,115 мм, Er1 = 4,2, W1 = 0,14 мм, W2 = 0,115 мм, S1 = 0,14 мм, T1 = 0,045 мм | 101,44 | 101,08 | 103,3 | 101 | 106,5 (D101) |
| 10 | | Микрополосковая ЛП с маской H1 = 0,115 мм, Er1 = 4,2, W1 = 0,14 мм, W2 = 0,175 мм, S1 = 0,14 мм, T1 = 0,045 мм, C1 = 0,025 мм, CEr = 3,5 | 93,24 | 93,06 | 94,41 | 93 | 96,61 (D93) |
| 11 | | Микрополосковая ЛП заглиблённая H1 = 0,2 мм, Er1 = 4,1, H2 = 0,115 мм, Er2 = 4,2, W1 = 0,14 мм, W2 = 0,115 мм, S1 = 0,14 мм, T1 = 0,015 мм | 105,96 | 105,52 | 106,2 | 106 | 96,69 (D106) |
| 12 | | Полосковая ЛП H1 = 0,2 мм, Er1 = 4,1, H2 = 0,23 мм, Er2 = 4,2, W1 = 0,14 мм, W2 = 0,115 мм, S1 = 0,14 мм, T1 = 0,015 мм | 96,48 | 96,15 | 96,3 | 96,3 | 90,63 (D96) |
| 13 | | Микрополосковая копланарная ЛП H1 = 0,96 мм, Er1 = 4,3, W1 = 0,14 мм, W2 = 0,115 мм, S1 = 0,14 мм, D1 = 0,15 мм, T1 = 0,045 мм | 116,78 | 116,43 | 119,62 | X | X |
| 14 | | Микрополосковая копланарная ЛП с маской H1 = 0,96 мм, Er1 = 4,3, W1 = 0,14 мм, W2 = 0,115 мм, S1 = 0,14 мм, D1 = 0,15 мм, T1 = 0,045 мм, C1 = 0,025 мм, CEr = 3,5 | 106,02 | 105,68 | 107,58 | X | X |
| 15 | | Микрополосковая копланарная ЛП с опорным слоем H1 = 0,115 мм, Er1 = 4,2, W1 = 0,14 мм, W2 = 0,115 мм, S1 = 0,14 мм, D1 = 0,15 мм, T1 = 0,045 мм | 99,59 | 99,31 | 101,17 | X | 107,25 (D100) |
| 16 | | Микрополосковая копланарная ЛП с маской и опорным слоем H1 = 0,115 мм, Er1 = 4,2, W1 = 0,14 мм, W2 = 0,115 мм, S1 = 0,14 мм, D1 = 0,15 мм, T1 = 0,045 мм, C1 = 0,025 мм, CEr = 3,5 | 91,33 | 91,11 | 92,14 | X | 92,13 (D91) |

| Customer | REM639276 | | | |
|-------------------|--|---------|---------|--------|
| Board Type | 622 | | | |
| Part Number | 332761 | | | |
| Revision Number | | | | |
| Testfile Date | Monday, September 25, 2023 12:41:35 | | | |
| Print Date | Monday, September 25, 2023 12:44:50 | | | |
| Station ID | Rezonit_Polar_1 | | | |
| Testfile Path | C:\Users\polar\Desktop\Файлы КУПОНОВ\REM639276.. | | | |
| Datalog File Path | C:\Users\polar\Desktop\Файлы КУПОНОВ\TIMLOG\6.. | | | |
| Description | Layer | Average | Max-Min | Result |
| ✓ D91 | 6 | 92.13 | 3.46 | Pass |
| ✓ D96 | 4 | 90.63 | 3.11 | Pass |
| ✓ D106 | 5 | 96.69 | 0.97 | Pass |
| ✓ D93 | 6 | 96.61 | 3.13 | Pass |
| ✓ S45 | 1 | 46.84 | 0.99 | Pass |
| ✓ S48 | 3 | 45.85 | 0.80 | Pass |
| ✓ S64 | 2 | 59.09 | 1.46 | Pass |
| ✓ S48 | 1 | 49.37 | 0.76 | Pass |
| ✓ D100 | 6 | 107.25 | 4.45 | Pass |
| ✓ D101 | 6 | 106.50 | 5.75 | Pass |
| ✓ S48 | 1 | 51.56 | 1.45 | Pass |
| ✓ S50 | 1 | 53.60 | 1.31 | Pass |

Polar CITS880s - [V22.07.14.00. Sn18330]
Software licenced to: REZONIT
Page 1




Рис. 3. Отчёт, предоставленный компанией «Резонит» после изготовления ППП

ЛП в виде тестовых купонов рассчитывались на основе стандартного стека 6-слойной платы толщиной 1 мм и была изготовлена на заводе «Резонит» с материалом FR4 (TG150) (рис. 1, 2) [4].

После изготовления ППП был получен отчёт от завода-изготовителя, в котором отображены результаты измерения волнового сопротивления для каждой ЛП (рис. 3). В отчёте подсчитаны все линии, кроме копланарных ЛП без опорного слоя в соседних слоях.

На следующем шаге все результаты исследований были сведены в единую табл. 1. Метка «X» значит, что данная ЛП не может быть посчитана в выбран-

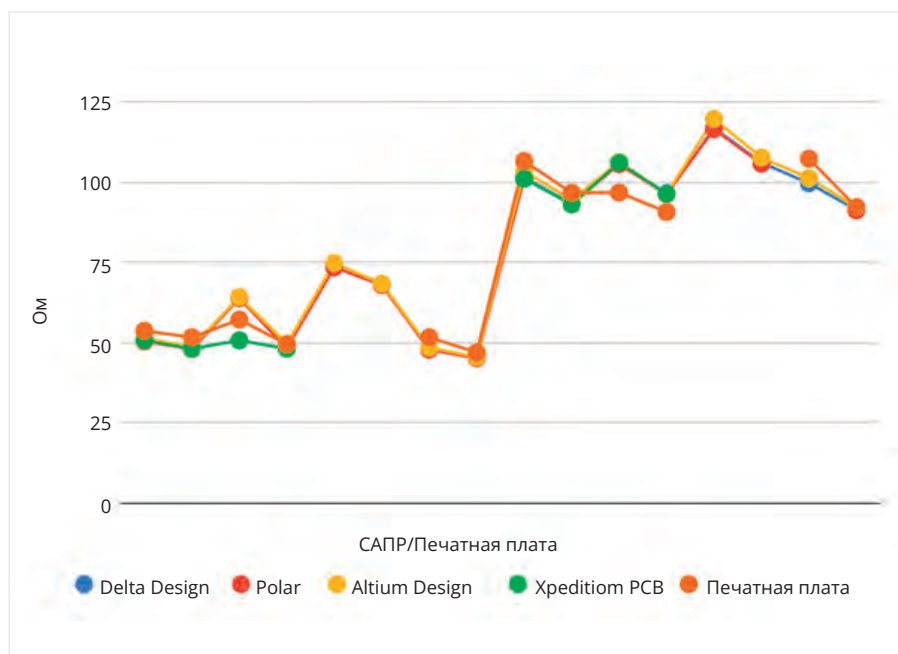


Рис. 4. Сравнение результатов расчётов волнового сопротивления ЛПП на ППП

ной САПР или с помощью выбранного метода.

На рис. 4 представлен сводный график результатов расчётов для волнового сопротивления.

Из представленного выше видно, что результаты вычислений в раз-

работанном компанией «ЭРЕМЕКС» калькуляторе практически не отличаются от значений, полученных в других САПР. Минимальное отклонение не окажет значительного влияния на качество сигнала. Если сравнивать с результатами измере-

ний в натуральном эксперименте, то следует отметить, что отклонение больше, но не выходит за установленные границы в 10 процентов. Значение импеданса на реальной плате во многом зависит от технологических возможностей производства и качества материалов. Изготовление данной тестовой платы на другом заводе (даже с использованием другой партии материалов для производства) приведёт к получению иных значений волнового сопротивления.

Таким образом, калькулятор импеданса от компании «ЭРЕМЕКС» обеспечивает высокую точность расчётов и может стать надёжным и качественным аналогом импортного производства.

Литература

1. Кечиев Л.Н. Печатные платы и узлы гигабитной электроники. М.: Грифон, 2017. 13 с.
2. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_EDA_companies.
3. IPC-2141A Design Guide for High-Speed Controlled Impedance Circuit Boards.
4. URL: <https://www.rezonit.ru/>. ©

OLED-дисплеи Raystar

Специсполнение по ТЗ заказчика

Прозрачные модели

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

Характеристики

- Яркость экрана до 150 кд/м² обеспечивает считывание изображения при ярком солнечном свете
- Высокая контрастность 10 000:1
- Широкий угол обзора до ±175°
- Цвет свечения: жёлтый, зелёный, красный, белый, синий
- Формат изображения: 122×32, 128×64, 240×64, 256×64 и 96×64 точки

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

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

Реклама

Импедансный подход к анализу индуктивных компонентов

Александр Емельянов

С целью предотвращения применения на производстве комплектующих изделий, не соответствующих требованиям или низкого качества, на предприятии проводится входной контроль ЭРИ. Эта процедура является важной и ответственной задачей при производстве высококачественных модулей электропитания для ответственных сфер применения в компании ВОЛЬТБРИКС.

Классическим методом анализа параметров пассивных компонентов является использование измерителей RLC. Ключевым недостатком их использования является измерение параметров на одной конкретной частоте. При таком измерении высока вероятность попадания на нелинейный участок частотной характеристики импеданса, что приведёт к искажениям измеренных значений параметров ёмкости или индуктивности, а также активного сопротивления.

Одним из самых точных методов определения параметров пассивных компонентов является измерение их импеданса в широком диапазоне частот. Амплитудно- и фазочастотная характеристики покажут, на каком

участке частот компонент имеет резистивный, индуктивный и ёмкостный характер, позволят визуально выбрать допустимую частоту для анализа и определить интересующий параметр.

На примере индуктивного компонента рассмотрим, какую информацию о нём несёт его импеданс. Покажем математическую основу метода и приведём практический пример измерения на одном из популярных дросселей – IHLP4040DZER4R7M11.

Часть I: Теоретическая основа импедансного метода. Дроссель как физический компонент

Дроссели как физические компоненты представляют собой некоторое сопро-

тивление, индуктивность и ёмкость. Их можно описать следующей схемой замещения, являющейся моделью с определёнными параметрами (рис. 1).

В диапазоне частот $f \in [0 \dots \frac{R}{2\pi L}]$ импеданс дросселя образует активное сопротивление или сопротивление потерь.

$$\begin{aligned} |Z(f)| &= R \\ \varphi(f) &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

В данном диапазоне частот импеданс имеет резистивный характер, сдвиг фаз между током и напряжением равен нулю. Частоту $f = \frac{R}{2\pi L}$ можно считать минимальной частотой использования дросселя.

В диапазоне частот $f \in [\frac{R}{2\pi L} \dots \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}]$ импеданс дросселя образует реактивное сопротивление индуктивности:

$$\begin{aligned} |Z(f)| &= 2\pi \cdot f \cdot L, \\ \varphi(f) &= \frac{\pi}{2}. \end{aligned} \quad (2)$$

В данном диапазоне частот в импедансе дросселя преобладает индуктивная составляющая, напряжение опережает по фазе ток на $\frac{\pi}{2}$ радиан.

На частотах выше $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ импеданс дросселя образует реактивное сопротивление паразитной ёмкости компонента

$$|Z(f)| = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}, \quad (3)$$

$$\varphi(f) = -\frac{\pi}{2}.$$

В данном диапазоне частот импеданс имеет ёмкостный характер, напряжение запаздывает по фазе относительно тока на радиан. Частоту $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ можно считать максимальной частотой использования дросселя.

Динамика изменения индуктивности от протекающего тока. Насыщение

Работу любого дросселя, выполненного из магнитного материала, можно описать кривой намагничивания – зависимостью индукции магнитного поля от магнитной напряжённости (рис. 2).

Достижение индукции насыщения B_H означает, что энергия, передаваемая полем через площадь магнитопровода, достигла максимума, и магнитный поток $\Phi = L \cdot I$ в точке насыщения не может стать больше. С увеличением силы тока I уменьшается индуктивность L .

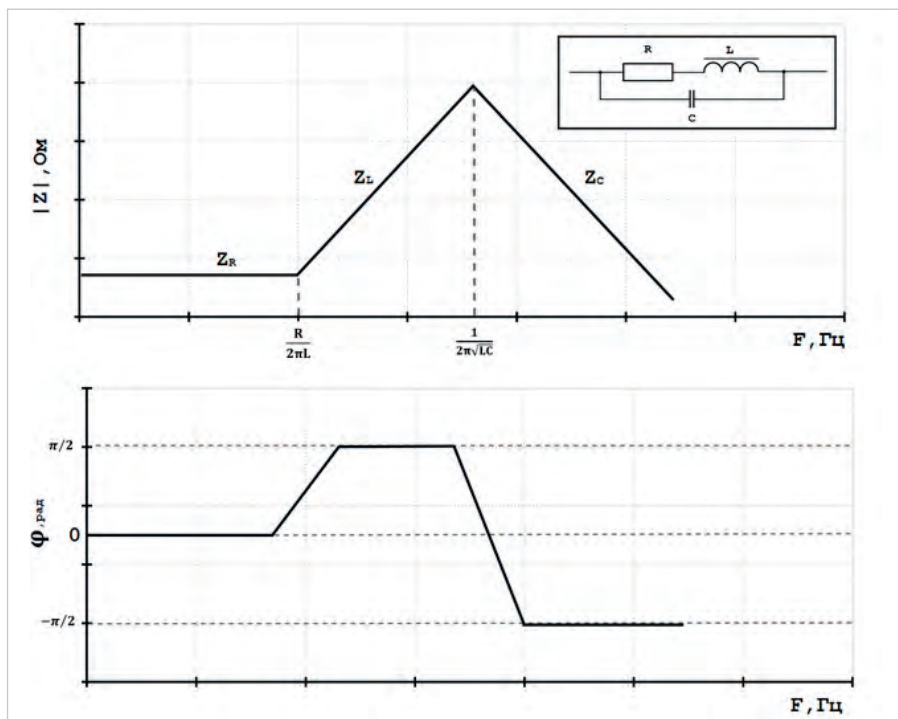


Рис. 1. Амплитудно- и фазочастотная характеристики в асимптотическом приближении

voltbricks

Производство высоконадежных DC/DC преобразователей

Унифицированные
DC/DC преобразователи

VDMC

Серия DC/DC преобразователей в форм-факторе BRICK для pin-to-pin замены популярных зарубежных изделий.

Линейка VDMC разработана для применения в жестких условиях эксплуатации, где требуется повышенная надежность, защищенность и соответствие высоким стандартам электропитания.

- Рабочая температура корпуса –55...+105 °С
- Низкопрофильная конструкция
- Дистанционное вкл/выкл
- Типовой КПД до 92%
- Форм-фактор Brick (DOSA pins)
- Защиты от перегрузки по току, КЗ и перенапряжения



Реклама

| Модели | Мощность, Вт | Ном. входное напряжение, В | Выходное напряжение, В | Типовой КПД, % | Форм-фактор |
|---------|--------------|----------------------------|------------------------------|----------------|-------------|
| VDMC25 | 25 | 28 (9...40) / (8...50) | 3,3; 5; 9; 12; 15 24; 28; 48 | 88 | 1/32 Brick |
| VDMC50 | 50 | 28 (9...40) / (8...50) | 3,3; 5; 9; 12; 15 24; 28; 48 | 90 | 1/16 Brick |
| VDMC120 | 120 | 28 (16...40) / (10...50) | 3,3; 5; 12; 15 24; 28; 48 | 91 | 1/8 Brick |
| VDMC200 | 200 | 28 (16...40) / (10...50) | 3,3; 5; 9; 12; 15 24; 28; 48 | 92 | 1/4 Brick |
| VDMC400 | 400 | | в разработке | | |
| VDMC700 | 700 | | в разработке | | |

Отдел продаж
+7 473 211-22-80
sales@voltbricks.ru

Техническая поддержка
+7 473 211-22-80
support@voltbricks.ru



voltbricks.ru/product/dcdc

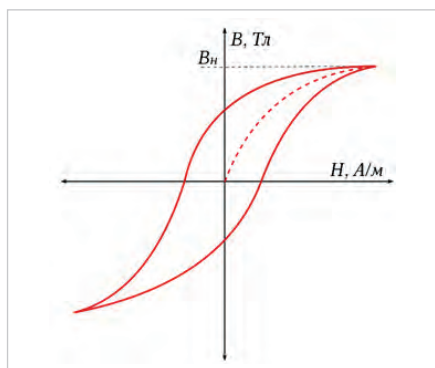


Рис. 2. Кривая намагничивания ферромагнетика

Таблица 1. Номиналы компонентов измерительной схемы

| Компонент | Номинал |
|------------|----------|
| $C_{разв}$ | 680 мкФ |
| $L_{ист}$ | 860 мкГн |
| R_t | 10,98 Ом |

$$B = \frac{L \cdot I}{S}, \quad (4)$$

где B – индукция [Тл], L – индуктивность при протекании тока [Гн], I – ток [А], S – сечение магнитопровода [М²].

На графике амплитудно-частотной характеристики импеданса насыщение будет проявляться уменьшением импеданса в индуктивной области частот, так как закон его изменения в данной области подчиняется выражению (2). При этом значения сопротивления и ёмкости неизменны. Влияние насыщения на импеданс показано на рис. 3.

Пропуская постоянный ток с некоторым шагом через дроссель, возможно найти импеданс индуктивности в каждой точке тока и, используя (2), найти зависимость индуктивности от протекающего тока $L(I)$.

$$L = \frac{|Z(f)|}{2\pi \cdot f} \quad (5)$$

Часть II: Эксперимент. Устройство измерителя импеданса

Для измерения импеданса удобно воспользоваться осциллографом с функцией построения диаграммы Боде или специализированным инструментом, в нашем случае это векторный анализатор цепей Vode 100. Покажем экспериментальную установку на рис. 4.

Генератор качающейся частоты $U_{ген}(f, t)$ подключён через развязывающий трансформатор $T_{разв}$ и развязывающий конденсатор $C_{разв}$ к испытуемой индуктивности L последовательно с токоизмерительным резистором R_t . Трансформатор необходим для гальванической развязки генератора

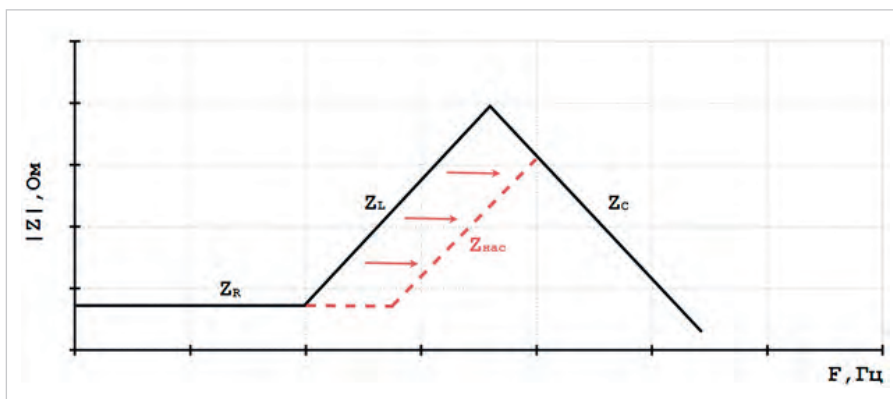


Рис. 3. Влияние насыщения на импеданс дросселя

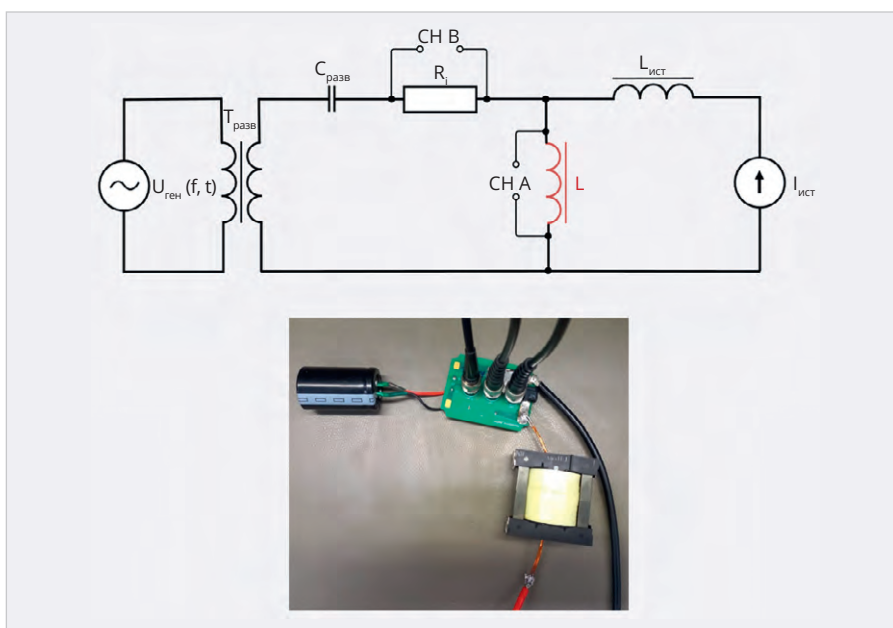


Рис. 4. Экспериментальная установка: схема и фото

ра, конденсатор – для исключения влияния источника тока $I_{ист}$ на трансформатор. При выборе развязывающего конденсатора обращают внимание на его ёмкость: она должна быть такой, чтобы на минимальной частоте измерения его импеданс не превышал значений порядка сотен Ом и измеритель мог зафиксировать напряжение на дросселе и протекающий через него ток. В нашем случае это электролитический конденсатор 680 мкФ с импедансом на минимальной частоте измерения 10 Гц, равным 23 Ом.

Для анализа изменения индуктивности на дроссель подают постоянный ток от источника $I_{ист}$ через индуктивность $L_{ист}$. Данная индуктивность должна быть много больше испытуемой для исключения влияния импеданса источника тока на эксперимент. В нашем случае $L_{ист} = 860$ мкГн, что означает разницу в 180 раз:

$$L_{ист} \gg L. \quad (6)$$

Первый канал измерителя, $CH A$, подключается на контакты испытуемо-

го дросселя, второй, $CH B$, на контакты токоизмерительного резистора. Отметим, что в данной схеме ток детектируется противофазно, поэтому измеренное значение фазы будет отличаться от реального на π радиан. Для получения истинного значения импеданса измерения корректируются на величину токоизмерительного резистора

$$|Z| = |Z|_{изм} \cdot R_t \quad (7)$$

Сведём параметры измерительной установки в единую таблицу (табл. 1).

Анализ параметров дросселя IHLP4040DZER4R7M11. Импеданс при отсутствии тока

Подключим дроссель, минимизируя длину всех дополнительных цепей, и выполним измерение импеданса при нулевом значении постоянной составляющей тока. Частотную характеристику импеданса покажем на рис. 5.

Проведём анализ амплитуды и фазы импеданса.

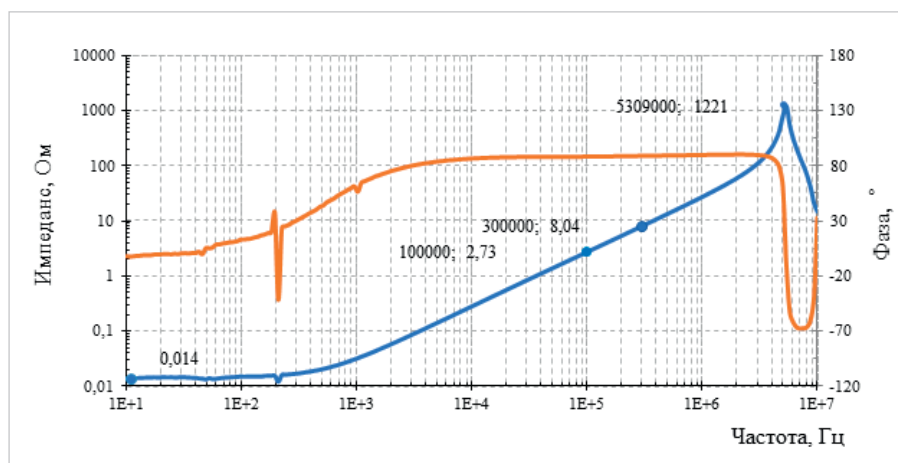


Рис. 5. Импеданс при нулевом значении постоянной составляющей тока

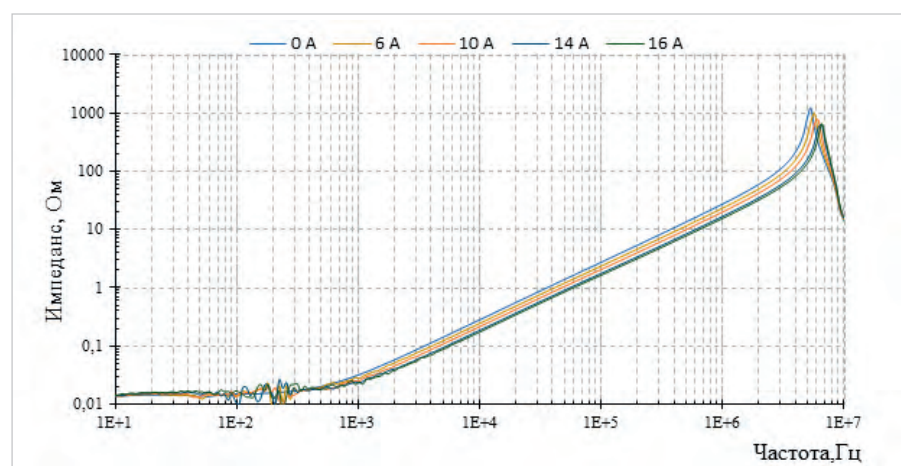


Рис. 6. Изменение импеданса с ростом тока

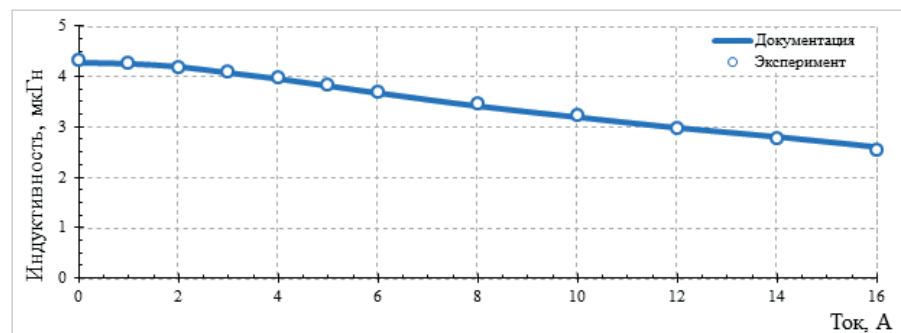


Рис. 7. Зависимость индуктивности дросселя IHLP4040DZER4R7M11 от тока

Таблица 2. Параметры дросселя IHLP4040DZER4R7M11

| Параметр | Эксперимент | Документация |
|-------------------------------|--------------------|--------------|
| Активное сопротивление R, мОм | 14 | 12,9–14,2 |
| Индуктивность, мкГн | 4,31 | 4,23–5,17 |
| Ёмкость, пФ | 209 | – |
| Частотный диапазон | 517 Гц – 5,309 МГц | max 1 МГц |

На частотах $f < 100$ Гц импеданс имеет резистивный характер, активное сопротивление R составляет:

$$R = 14 \text{ мОм.} \quad (8)$$

На частотах $f \in [1 \text{ кГц} \dots 3 \text{ МГц}]$ дроссель проявляет ярко выраженный индуктив-

ный характер: увеличение импеданса в 10 раз на декаду и сдвиг фаз между током и напряжением 90° . Частоты 1 кГц и 3 МГц можно считать минимальной и максимальной частотой использования дросселя.

Расчёт индуктивности как наиболее важного параметра выполним в двух точках: 100 и 300 кГц, используя формулу (5).

$$L_1 = \frac{2,73 \text{ Ом}}{2 \cdot \pi \cdot 100 \text{ кГц}} = 4,345 \text{ мкГн},$$

$$L_2 = \frac{8,04 \text{ Ом}}{2 \cdot \pi \cdot 300 \text{ кГц}} = 4,265 \text{ мкГн}. \quad (9)$$

Среднее значение индуктивности равно:

$$L = \frac{L_1 + L_2}{2} = 4,31 \text{ мкГн}. \quad (10)$$

Частота перехода из резистивного в индуктивный характер составляет:

$$f = \frac{R}{2 \cdot \pi \cdot L} = \frac{14 \text{ мОм}}{2 \cdot \pi \cdot 4,31 \text{ мкГн}} = 5,17 \text{ Гц}. \quad (11)$$

Так как частотных характеристик используемого измерителя импеданса недостаточно для качественной работы на частотах выше 10 МГц, вычислить ёмкость, используя (3), в нашем случае невозможно. Выполним оценку ёмкости по резонансной частоте импеданса, используя формулу Томпсона.

$$C = \frac{1}{4 \cdot L \cdot \pi^2 \cdot f^2} = \frac{1}{4 \cdot 4,31 \text{ мкГн} \cdot \pi^2 \cdot (5,309 \text{ МГц})^2} = 209 \text{ пФ}. \quad (12)$$

Сведём результаты анализа в табл. 2.

Изменение импеданса при протекании тока в дросселе

В диапазоне токов $I \in [0 \dots 16]$ А выполним измерение импеданса в дросселе и покажем, как изменяется его импеданс (рис. 6).

Вычислим индуктивность в каждой точке тока и построим кривую насыщения (рис. 7).

Максимальное относительное отклонение эксперимента от документации составило 3%, что можно объяснить разбросом параметров дросселя относительно данных документации, а также погрешностью измерений.

Заключение

Частотный анализ импеданса – эффективный метод получения комплексной информации о компоненте. Подходит не только для дросселей, но и для резисторов и конденсаторов. Частотный метод становится единственным методом анализа малых индуктивностей, величины которых не превышают сотни наногенри, где стандартные RLC-измерители дают большую погрешность. Используя данный метод, возможно проконтролировать качество приобретённых дросселей, а также сформировать полную документацию на созданный своими силами компонент. ©

Истории инженера-технолога: борьба с контрафактом

Ильдар Закиров

Эта статья написана на основе многолетнего опыта инженера-технолога контрактного производства электроники и может быть полезна в качестве предостережения начинающим специалистам.

Путь технолога

После окончания физического факультета Башкирского государственного университета автор вот уже более 30 лет трудится в сфере технологической направленности. Университет определил автора в один из крупнейших авиационных заводов г. Уфы. Надо сказать, название кафедры автора «ФТТ» (физика твёрдого тела) весьма позабавило девушек из отдела кадров, и они с улыбкой предложили выпускнику вуза «погулять» с месяц, пока не поймут, в какое же подразделение завода направить дипломированного специалиста. Это было в конце июля 1989 г., и вот, после невольных «каникул», будущий автор вновь переступил порог предприятия. На этот раз его отправили в отдел главного металлурга на должность инженера-технолога. Далее – нелёгкое освоение процессов, вливание в коллектив с одновременным окунанием в «лихие 90-е» всего и вся, когда досталось и простым труженикам, и предприятиям (а кому-то достались когда-то общие, а теперь их, олигархов, богатства страны). Досталось и авиационному заводу автора: технические кадры сокращали, коммерческие, маркетинговые, финансовые и юридические – раздували. При этом что не только хороших, а вообще специалистов вследствие реформ и реорганизаций не осталось, автору как руководителю подразделения пришлось многие проблемы решать практически в одиночку. В этих непростых условиях ему удалось пройти путь от инженера-технолога II категории до заместителя главного технолога по спецпроцессам, а затем главного технолога и даже начальника КТО (конструкторско-технологического отдела), но уже на другом предприятии. На каких бы руководящих должностях автор ни находился, он всегда был готов выступать при необходимости в роли «играющего тренера».

Был ещё период, когда автор на одном из предприятий (далее –

предприятие «П» или просто «П») разработки и изготовления коммутационной РЭА (радиоэлектронная аппаратура), порядка двух лет честно проработал инженером-технологом, причём единственным и универсальным по направлениям входного контроля, поверхностного монтажа, отмывки и влагозащиты ПУ (печатные узлы), сборки РЭА, регулярно участвовал в исследованиях по классификации дефектов ПП (печатные платы) на входном контроле и ПУ в процессе производства РЭА, а также внедрял новые технологии, разрабатывал планы модернизации оборудования и производства. Именно этому периоду посвящён настоящий рассказ.

Проблема: не пропасть бы в непропае

Эта непростая история начиналась как обычная история неудовлетворительной паяемости. Речь шла тогда о разъёмах «SFP Cage & Connector ON-C-SFP-013», именно так они были обозначены в служебной записке производственного отдела «П», и указана проблема – непропай, отсутствие паяемости штырей в металлизированных отверстиях ПУ.

Разбор «Клетки»

Известно, что разъём типа «SFP Cage & Connector» конструктивно состоит 1) из коннектора (Connector, дословно – «соединитель») с системой контактов поверхностного монтажа на контактные площадки ПП или ПУ, выполняющего роль проводников токовых сигналов (рис. 1, 2, 3). Коннектор может иметь контакты как свойства SMT (Surface Mount Technology – «технология монтажа на поверхность», т.е. поверхностно паяемые), так и Through Hole Mounting, или «монтаж в сквозные отверстия», а также комбинированного типа SMT + Through Hole Mounting. Кроме перечисленно-

го, существует ещё монтаж SMT + Press-Fit. Конструктив и технология Press-Fit означают прессовую посадку, предназначение которых в том, чтобы обойтись без пайки;

2) клетки (Cage, дословно – «клетка» или «рама»), которая служит направляющей, каркасом для защиты, фиксации, поддержания формы конструкции (рис. 1, 2, 3).

Коннектор и рама могут поставляться как в сборе, так и отдельно. Рама может иметь штыри (pins) как свойства SMT, так и монтируемые пресс-посадкой Press-Fit, и не паяемые, как не требующие пайки.

На Press-Fit надейся, но пины припаявай

Судя по всему, описываемый разъём «SFP Cage & Connector ON-C-SFP-013» имел контакты и штыри конструкционного и технологического исполнения Press-Fit «Needle Ear» (в форме игольного ушка) (рис. 4, 5), то есть должен был обозначаться как минимум с буквой «L» (как принято, например, у *Pulse, A Technitrol Company*, США, и у многих других) и после прессовой посадки его штырей в металлизированные отверстия ПУ не должен был пропаиваться по определению.

Если бы разработчик (конструктор) изделия предприятия «П» не решил после прессовой посадки пропаивать места посадки штырей в металлизированные отверстия ПУ, то вопрос о непаяемости, скорее всего, не поднялся бы вообще.

Технолог и проблема «Кто кого?»

Так вот, производственный отдел обратился к инженеру-технологу, жалуясь на неудовлетворительную пайку определённых штырей у Cage – «SFP Cage & Connector ON-C-SFP-013» (рис. 4, 5).

Клетка – сборная

Первым делом инженер-технолог обратил внимание на то, что все пластины штырей – две боковые продольные и одна поперечная, содержащие указанные штыри, – вставные в сборку

(составные), а Cage не имеет раскрыя, как у обувной коробки из цельного листа (рис. 4, 5). Это может иметь значение при дальнейшем исследовании.

Все дороги ведут к НД

Во-вторых, необходимо всё же было начать с НД (нормативная документация): от КД (конструкторская документация, в том числе чертежи, спецификации, и др.) и далее – технические спецификации (Data Sheets), руководства о применении (Application Notes), раскрывающие комментарии к ним (типа White Papers), как принято обозначать НД у западных производителей.

Интермедия грусти: когда же догоним-перегоним?

Автор вынужден заметить, что в части электронной компонентной базы SMT, материалов SMT, не говоря уже о технологиях и стандартах SMT, Россия до сих пор в роли «догоняющей», а российские стандарты – в лучшем случае переводные с IPC (IPC – Ассоциация, созданная как американский Institute of Printed Circuits, ныне международная профессиональная ассоциация – Association Connecting Electronics Industries®), да ещё и с опозданием в 10–15 лет. Критическим моментом автор считает 2014 год, когда вместе с импортозамещением необходимо было заниматься проработкой соответствующих стандартов. В одной из опубликованных в 2020 году работ он предупреждал о критической опасности «сесть на дружественную западную иглу SMT» с последующими в дальнейшем очень даже «дружественными санкциями» и критической важности конструкторско-технологического прорыва в данной области. И вот, пожалуйста, грянул 2022-й, и Россия оказалась в ситуации экономической и технологической блокады.

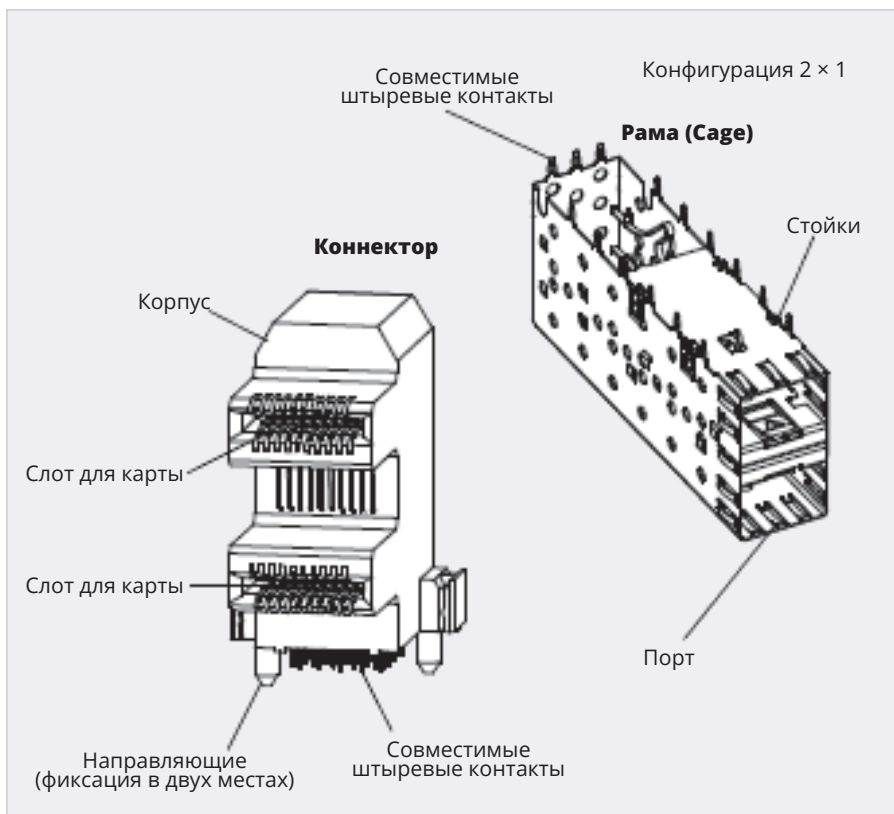


Рис. 1. Коннектор (слева) и рама (справа) отдельно

Танцуй от печки, или все дороги идут от НД

Известно, что обычно паяемость обычных SMD-компонентов (SMD – Surface Mount Device, компонент (устройство) поверхностного монтажа) зависит от материала контакта, материала покрытия, качества покрытия контакта, срока сохраняемости покрытия контакта, соответствия должным условиям хранения и транспортировки компонента, а также от качества подготовки. Чтобы понять избирательную паяемость по периметру штырей Cage ON-C-SFP-013 (рис. 7, 8), необходимо выяснить реальный состав материала контактов и материала покрытий контактов: документально (чертежи, техническая спецификация, другая НД) и практически (экспериментально-

лабораторно). Пришлось поднимать базу НД «П».

КД у «П» шокирует

Как оказалось, в КД на данную РЭА указанный разъем «SFP Cage & Connector ON-C-SFP-013» не значился вообще, что повергло инженера-технолога и службу качества в шок.

КД тоже в шоке: потеря потерь в замене замен

Видимо, разработчик (конструктор) того изделия произвел замену, причём замену замен: в КД указал основной разъем SFP & Cage Connector E81M0-TCYB91-L (рис. 6) и возможные по замене (Разъем SFP & Cage Connector 1658391-1 и др.) (рис. 7). Но в сборке в итоге оказался

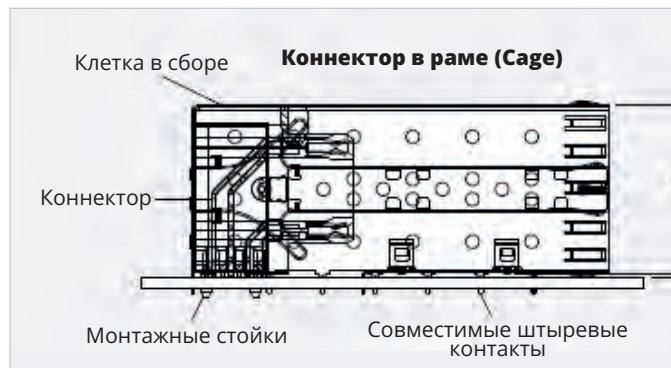


Рис. 2. Коннектор заключён в раму, вид сбоку



Рис. 3. Коннектор в раме, сторона монтажа на ПП (или ПУ) сверху

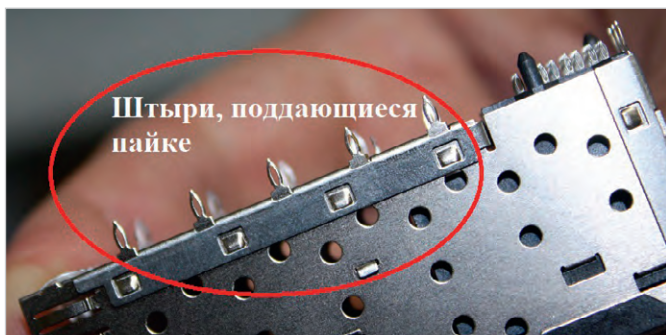


Рис. 4. Штыри, поддающиеся пайке. SFP Cage

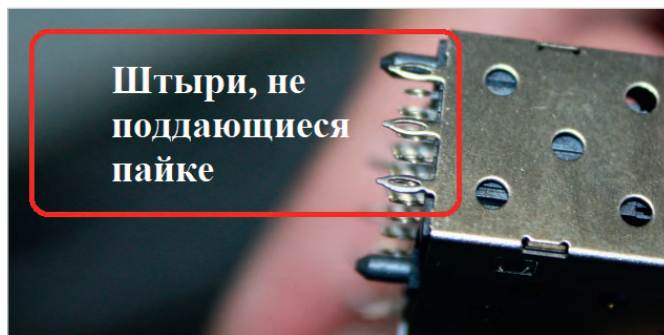


Рис. 5. Штыри, не поддающиеся пайке. SFP Cage

| ЭРИ/ | | | | |
|------|---------|----------------|-----------------------------|------------|
| Зона | Позиция | Обозначение | Наименование | Примечание |
| C15 | A001 | E81M0-TCYB91-L | Разъем SFP Cage & Connector | |
| C17 | A002 | E81M0-TCYB91-L | Разъем SFP Cage & Connector | |

Рис. 6. Обозначение в КД основного разъёма SFP Cage & Connector E81M0-TCYB91-L (официальный производитель – Pulse, A Technitrol Company, США)

| Плата | | | | |
|---------------------------|-------------------------------|-----------------|----------------|--|
| Спецификация | | | | |
| <u>Допустимые замены/</u> | | | | |
| Обозначение | Основной элемент | | Элемент замены | |
| | Наименование | Обозначение | Способ замены | |
| Плата | | | | |
| Спецификация | | | | |
| CC0805KKX7R7BB105 | Чип конденсатор 0805 1uF | CL21B105KOFNNNF | Полная | |
| CC0805KKX7R7BB105 | Чип конденсатор 0805 1uF | CL21B105MBFNNNC | Полная | |
| CC0805KKX7R7BB105 | Чип конденсатор 0805 1uF | GRM21BR71H105K | Полная | |
| CC1206KKX7RDDB102 | Чип конденсатор 1206 1 nF 2KV | 1206GC102KAT1A | Полная | |
| CC1206KKX7RDDB102 | Чип конденсатор 1206 1 nF 2KV | CL31B102KJHNNNE | Полная | |
| CC1206KKX7RDDB102 | Чип конденсатор 1206 1 nF 2KV | CL31C102KJHNNNE | Полная | |
| E81M0-TCYB91-L | Разъем SFP Cage & Connector | 1658391-1 | Полная | |
| E81M0-TCYB91-L | Разъем SFP Cage & Connector | B869S-0015-Y002 | Полная | |
| E81M0-TCYB91-L | Разъем SFP Cage & Connector | B869S-0015-Y003 | Полная | |
| E81M0-TCYB91-L | Разъем SFP Cage & Connector | ESFP-021-01 | Полная | |

Рис. 7. Спецификация допустимых замен разъёма SFP & Cage Connector E81M0-TCYB91-L разъёмами SFP & Cage Connector 1658391-1 и другими (выделено контуром)

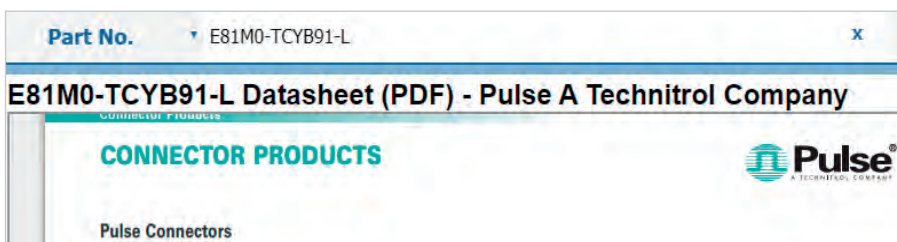


Рис. 8. Заголовок Data Sheet (лист данных – как НД Производителя – Pulse, A Technitrol Company, США)

SFP & Sage Connector ON-C-SFP-013, на который соответствующих документов по допуску замены найти не удалось из-за отсутствия «в конторе», как выяснилось, должной цепи актуализации и прослеживаемости. Явно было решение «заменить заменитель на заменитель», но последний заменитель – разъём ON-C-SFP-013 – как отражение в КД на предприятии «П» не обнаружен. Позже всё же документ, разрешающий применение это-

го разъёма, нашёлся, но документ этот был оформлен не в форме конструкторского извещения, а простой служебной записки, которая никак не привязана к КД. С этим хоть как-то разобрались!

НД нет в КД

Как ни странно, но в базе НД «П» не оказалось ни технической спецификации, никакой другой НД на разъём SFP Cage & Connector E81M0-

TCYB91-L, и автору пришлось искать эту НД в свободном доступе. Удалось найти несколько даташитов в поисковиках на просторах сети Интернет, часть одного из них представлена на рис. 8, 9. Однако в данном даташите материал и покрытие штырей клетки не указаны, а указан лишь вид покрытия контактов коннектора: «Золото, 3 мкм» (рис. 9).

Есть чертёж!

Далее автор осуществил поиски и изучение НД в Интернете с целью определения в конструкции заменителей разъёма SFP & Cage Connector E81M0-TCYB91-L – разъём SFP & Sage Connector 1658391-1 и др. (рис. 7), материалов и покрытий, из которых изготовлены штыри клетки. Автор должен обозначить критически важным моментом, что НД лучше изучать в первоисточнике, без искажений посредников, то есть на языке оригинала, а без уверенной ориентации в техническом английском это, мягко говоря, nonsense, fiasco, «непропай» ... Так что, технолог, берись за иностранный технический.

Автором обнаружен чертёж данного заменителя (рис. 10, 11). Согласно п. 4 и п. 10 ТТ (технические требования) чертежа, материалами штырей могут быть медный сплав (п. 4 ТТ, Copper Alloy) и сплав никеля с серебром без покрытия (п. 10 ТТ, Nickel Silver Alloy. No Plating).

Возвращайся, сделав круг

Наконец автор приступил к поискам НД конечного искомого разъёма ON-C-SFP-013. В базе НД «П» удалось обнаружить только некий лист данных разъёма ON-C-SFP-013 известного в России поставщика, «ОНЕЛЕК», (рис. 12). Но в этом листе данных авторы лишь указали материал контактов («фосфористая бронза»), но не сочли нужным указать материал штырей клетки.



Рис. 12. Лист данных разъёма ON-C-SFP-013 российского поставщика компонентов «ОНЕЛЕК». Судя по совпадению обозначений разъёма в СЗ производственного отдела и данного листа данных, именно «ОНЕЛЕК» поставил исследуемый разъём

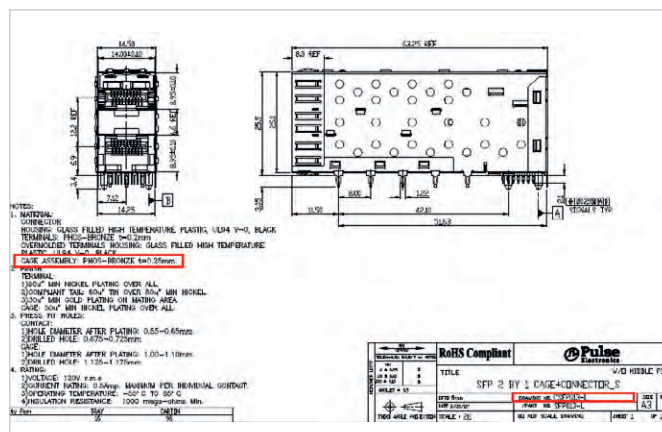


Рис. 13. Часть чертежа компании-производителя с указанием материала штырей клетки и материала покрытия штырей клетки разъёма Cage & Connector SFP013-L

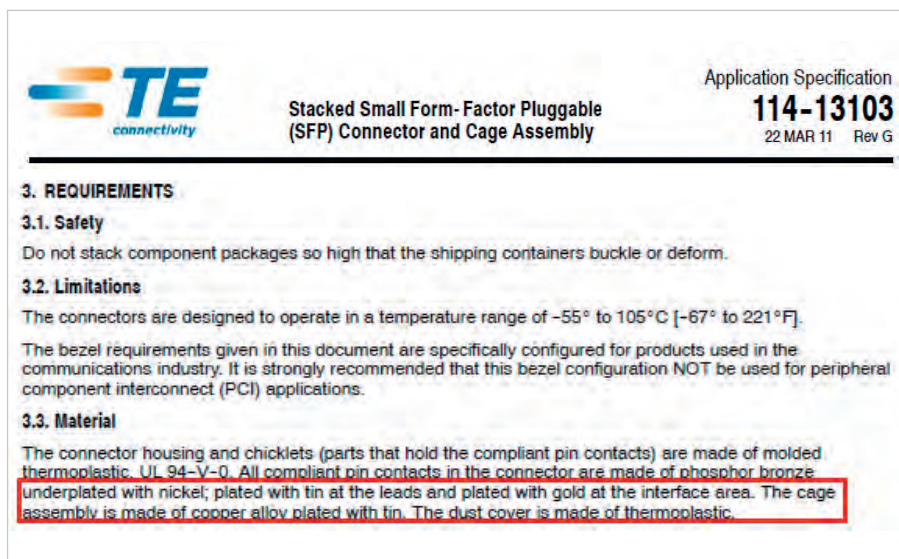


Рис. 14. Фрагмент Application Specification TE Connectivity, в п. 3.3. «Материал» - для клетки чётко указан материал в виде медного (автор подчёркивает – цветного в прямом смысле) сплава (Copper Alloy) с покрытием «чистое олово» (Tin), что является подходящим для пайки



Рис. 15. Заголовок «TE Connectivity “TE Automotive White Paper Press-Fit Technology”»

пления данных клеток к ПУ по конструктиву и технологии пресс-фит, т.е. прессовая посадка без пайки, разработчиками решено дополнительно пропаять штыри клеток.

Развиваем успех: TE Connectivity

«Нырять глубже» и находим Application Specification (спецификация применения) от производителе

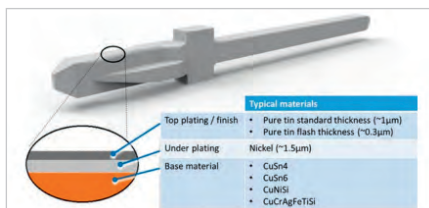


Рис. 16. Схема раскрытия материала и материала покрытия штырей Cage исполнения Press-Fit Technology от «TE Connectivity “TE Automotive White Paper Press-Fit Technology”», где чётко указаны дружественные пайке материалы штырей и покрытия

ля SMT-компонентов TE Connectivity, США (рис. 14). TE Connectivity – серьёзный производитель и поставщик SMT-компонентов и один из лидеров SMT-направления.

Технолога на переправе не меняют: раскручиваем TE Connectivity

Кто ищет, тот всегда найдёт: следующая не менее ценная находка – TE Connectivity «TE Automotive White Paper Press-Fit Technology» (рис. 15, 16). White Paper, «белая бумага», – это что-то вроде раскрывающих комментариев к руководствам, инструкциям, мануалам, спецификациям.

Another brick in the wall: ещё «кирпичик» от «KLS electronics»

Автор также обнаружил ещё что-то вроде даташитов на разъём SFP Cage & Connector ON-C-SFP-013 от «KLS Electronics» (рис. 17). Правда, в этом даташите термин «Cage» приведён как «Gauge», что означает совсем не имевшееся в теме в виду. Скорее всего, допущена опечатка. К слову, «Gauge» переводится как «калибр» и может означать «измеритель, измерительный прибор, манометр» и др. Тем не менее под заголовком «Gauge» указан химсостав: медный сплав, что означает материал штырей данной «Cage».

Декларация материалов: производитель даёт добро

Необходимо отметить, что, согласно системе стандартов IPC, производителю настоятельно рекомендуется указывать состав материалов производимого им компонента, а стандарт необходимо соблюдать в декларации материалов (рис. 18). Серьёзные производители выполняют это требование, например, TE Connectivity. По этим данным составов материа-



Рис. 17. Очередной подобный Data Sheet с, вероятно, «полулевым» SFP Cage & Connector ON-C-SFP-013, но материал штырей указан чётко – цветной медный сплав (Copper Alloy)

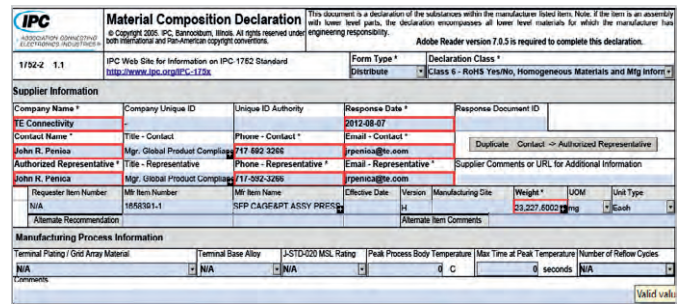


Рис. 18. Декларация материалов TE Connectivity на разъем SFP & Cage Connector 1658391-1. Как видно из примера, в декларации материалов достаточно исчерпывающей информации для специалиста

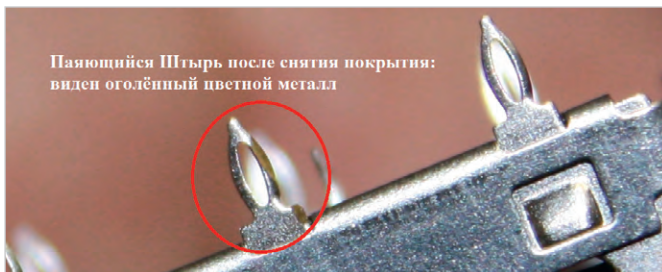


Рис. 19. Цветной металл под покрытием паяющегося штыря Cage

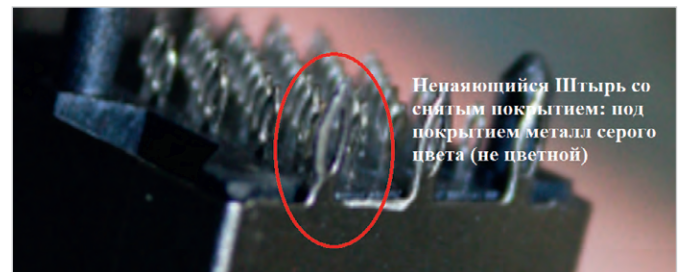


Рис. 20. Не цветной металл, а серого стального цвета «под покрытием» непаяющегося штыря Cage

лов компонента можно полностью сориентироваться по технологии пайки и монтажа. О такой деклара-

ции материалов в России пока приходится только мечтать, но это не значит, что её не существует, про-

сто первым покупателям она выдаётся, а дальше она должна циркулировать по цепочке реселлеров вместе с

15.6" ДЮЙМОВЫЙ IPS TFT ЖК-дисплей

NEW

RAYSTAR
OLED Display Provider

- | Новая линейка дисплейных модулей с яркостью изображения от 500 cd/m² до 1000 cd/m²
- | Технология IPS позволяет просматривать изображение под более широкими углами обзора (80/80/80/80 градусов)
- | Антибликовая поверхность экрана не отражает свет и сохраняет лучшее качество изображения

Komponenta® АО «Компонента» – официальный дистрибутор Raystar в России

☎ 8 495 150 2 150

🌐 www.komponenta.ru

✉ info@komponenta.ru

Реклама

пакетом документов о качестве производителя.

Клетка сборная, но материал один

Итак, на основании исследованных документальных материалов выяснилось, что, несмотря на отсутствие необходимости пропаивать штыри клетки по технологии пресс-фит, эти штыри выполняются из однородного материала по химсоставу в составе одной сборки – Cage Assembly (рис. 10, 11, 13, 14, 16, 17, 18).

Опыт всему учитель

Теперь автор представит практико-лабораторную часть исследований, суть которых – снятие покрытия с паяющихся штырей и с непаяющихся штырей проблемных клеток, и последующее сравнение материалов под покрытием. Снятие покрытия производилось путём механического снятия покрытия штырей простым напильником-надфилем. Результаты: после удаления покрытия с паяющихся штырей под покрытием обнаружен цветной (цвет характерен для медных сплавов) металл (фосфористая бронза – тоже медный сплав), что подтверждает удовлетворительную паяемость (рис. 19). Однако после такого же удаления покрытия с непаяющихся штырей «под покрытием» обнаружен нецветной металл стального цвета, что может указывать на материал этих непаяющихся штырей как отличный от материала паяющихся штырей и возможное отсутствие покрытия вообще, что объясняет неудовлетворительную пайку (рис. 20). Автор предположил, что материал непаяющихся штырей – вообще сталь, но для однозначного ответа на этот вопрос необходимо было произвести соответствующий химанализ в профильной организации, на что руководство «П» не пожелало тратить.

А Cage-то, говорят, ненастоящий

В любом случае в рамках одной сборки Cage Assembly материал штырей Cage должен быть одной марки и одного покрытия, поэтому можно с уверенностью заключить, что исследованные разъемы – контрафактного исполнения, о чём и было изложено в отчёте представителям производства и снабженцев «П».

Друзья, как вы в команде ни садитесь, в команду всё же не годитесь

Сейчас много говорят с точки зрения менеджмента о качественной и дружной «командной работе» и как же её создать, эту команду. В «П» служба снабжения подчинена производственному отделу, а значит, ПО вынужден «прикрывать» своих снабженцев в ущерб качеству. Автор в процессе исследования причин неудовлетворительной паяемости неоднократно сталкивался с неудовольствием и снабженцев, и руководства ПО «П», и даже части своего технического руководства, потому что правда о реальном качестве не всем нужна, так как дорого стоит как в этическом плане, так и в бюджетном. К сожалению, существуют определённые противоречия между технологами и конструкторами, производством и технологами, производством и конструкторами, снабженцами и службой качества, финансистами и радеющими за качество технологами, финансистами и конструкторами и т.д. Идёт постоянная борьба даже не то что «мундиоров», а в профессиональном смысле «аргументов»: чей перевесит и чей будет доказательней. Однако чаще решение принимается в пользу «как подешевле» и «как побыстрее»; инженеру-технологу остаётся только повторить почти как у Пушкина: «Не гонялся бы ты, топ, за дешёвизной!» В этих условиях о команде как «Dream-Team» остаётся только мечтать...

Друзья, непаяемое – не спясть

Инженер-технолог всё же выстоял, приложив максимум усилий, и довёл дело до конца. Путь, чтобы наглядно продемонстрировать, что «непаяемое – не спясть» не только технически, но и межслужебно, иерархически, был довольно долгим и трудным.

Итоги и выводы

- 1) Данный материал автора крайне актуален как по теме контрафакта вообще, так и по определению контрафакта конкретного компонента.
- 2) Автор статьи и производитель совместно защитили доброе имя бренда производителя и качество товара производителя.
- 3) Инженером-технологом (автором) составлен, произведён и реализован в одиночку максимально возможный плановый комплекс действий по определению причин дефекта.
- 4) Практика вновь подтвердила: контрафакт, кроме остальных отрицательных

последствий, несёт ещё и дополнительный раздрай и без того непростые отношения между службами, разлагая «командный дух» слабых лояльных и заставляя уволиться несмирившихся принципиальных специалистов.

- 5) Одержана очередная блестящая победа простого инженера-технолога в честной борьбе «один на один» с контрафактом.
- 6) Инженером-технологом грамотно выстроена логика и глубина расследования, позволившая достичь объективного окончательного результата, подтвердившего изначальные подозрения.
- 7) Автор особо подчёркивает жизненную необходимость наличия знания и умения грамотно применить технический английский для ориентации на сайте производителя при поиске необходимой информации и, в конце концов, для составления правильного запроса производителю. Как видно, автору это удалось в полной мере, чего автор всем искренне желает.
- 8) Сила Правды, как всегда или почти всегда (так хочется верить), оказалась сильнее.
- 9) Инженерам-технологом, да и другим техническим специалистам, просто необходимо набраться терпения и твёрдо верить до конца, что они честно делают свою необходимую работу ради Правды, в том числе и при определении грани «контрафакт – не контрафакт».
- 10) Без постоянного самосовершенствования нет профессионального роста и повышения квалификации.

Совпадение несовпадений

Автор сообщает, что любые случайные совпадения не событий, но имён собственных, фамилий, и кому что покажется – случайны.

Благодарности

Автор с энтузиазмом выражает большое спасибо своему руководителю – Андрею Ильичу Любимцеву – за то, что доброжелательно терпел автора (как инженера-технолога) весь период авторской работы «в конторе, в смысле, в “П”», хотя Андрей Ильич так и не подписал авторское рекомендательное письмо, пояснив, что «в конторе не принято».

Автор с вдохновением благодарит главного редактора и команду журнала за техническую и идейную поддержку в широкой публикации всесторонне актуального и столь необходимого профильного материала.



Как КНР развивает элементную базу и РЭА в космосе

Андрей Кашкаров

В статье приводится обзор последних достижений китайской аэрокосмической промышленности, а также сравниваются возможности по обеспечению технологического суверенитета в развитии космических программ на примерах некоторых стран.

10 июля наш корреспондент связался с китайским коллегой Цю Юньлуном для сообщения читателям «Современной электроники» интересной информации. В результате неофициального обсуждения темы развития китайских технологий удалось выяснить, что планы Китая в отношении спутникового Интернета поистине не знают границ, а это не может не оказать влияния на мировой интернет-рынок. Пока КНР с условно огромным населением, «спрятанным» компактно на условно небольшой территории и растущей более полувека без сбоев и стагнации экономикой является ключевым рынком для интернет-компаний всего мира, включая российские. Серьёзная конкуренция для известных спутниковых платформ Starlink и OneWeb – уже факт.

Если говорить конкретно, то пуски китайских ракет с выводом спутников в космическое пространство идут с большой интенсивностью постоян-

но, даже когда мы этим не интересуемся. Эти пуски происходят значительно чаще, чем в России, где спутниковое оборудование в космосе обновляется в лучшем случае 5–6 раз в год. Налицо форсированное развитие масштабной программы по усовершенствованию платформы спутниковой связи и наблюдения с кодовым обозначением GW, включающей 12 992 спутника, принадлежащих корпорации China Satellite Network Group Co [5]. График запуска этих спутников держится в секрете, но периодичность запусков ракет-носителей не скроешь – она вполне очевидна.

Так, выходы новых спутников на космические орбиты успешно состоялись 31 марта, 16 апреля, 17 мая, 20 июня и 9 июля в центре запуска спутников Цзюцюань на северо-западе Поднебесной, на краю пустыни Бадын-Джаран в низовьях реки Хэйхэ. Космодромы в КНР вообще представляют собой базы как наземного (меньшинство), так и шахтного исполнения. Тот же наземный космодром Цзюцюань известен тем, что 16 апреля способствовал запуску с ракетой-носителем Long March-4В («Чанчжэн-4В») новейшего метеорологического спутника Fengyun-3 07. Это был 471-й полёт ракет-носителей серии «Чанчжэн» [3].

На протяжении нескольких лет периодичность запусков «мирных» ракет с двух космодромов КНР находится на уровне примерно одного раза в месяц. В основном на орбиту выводятся непилотируемые космические объекты обеспечения высокоскоростной технологии спутникового Интернета, однако есть и спутники военно-разведывательного назначения. Как правило, в качестве носителей используются ракеты базовой модели «Чанчжэн-2С» с модификацией Long March 2С и другие. Эта серия хорошо зарекомендовала себя на практике, и два дня назад состоялся

478-й запуск таких ракет. Иллюстрация первых секунд запуска ракеты-носителя представлена на рис. 1.

Что касается космодрома Тайюань в провинции Шаньси на севере Китая, он связан с ракетами шахтного базирования, которые до сих пор в США и Китае стоят на вооружении (в России МБР шахтного базирования, как и БЖРК – боевой железнодорожный ракетный комплекс, – расформированы почти 20 лет назад, хотя есть планы по их восстановлению) [2]. С помощью шахтных китайских ракет-носителей типа «Чанчжэн-6» отправляют на космическую орбиту экспериментальные спутники типа Shiyan-25. Неофициальное название в переводе на русский – «Демонстратор космических интернет-технологий». Для «Чанчжэн-6» это был 11-й успешный запуск. А в целом на заданную орбиту спутники доставляют ракеты относительно нового поколения, работающие на смеси керосина и жидкого кислорода, причём «Чанчжэн-6» является уже 477-й разработкой из серии ракет-носителей с говорящим названием «Великий поход». Куда они идут, одному провидению известно, но идут быстро.

Китайской академией космических технологий (China Academy of Space Technology) запланировано много разных экспериментов с технологиями наблюдения Земли для решения современных экологических проблем, таких как климатический кризис или, к примеру, дистанционное зондирование, обнаружение и диагностика целей, картографирование и сельскохозяйственные приложения, съёмка земельных ресурсов, городское планирование, предотвращение и смягчение последствий стихийных бедствий и то, о чём не говорят открыто. Очевидно, что речь идёт о мощных радиолокационных системах, основанных на технологиях с применением новейшей РЭА. Это то, чего недоставало России вчера и недостаёт сегодня.

Китайская компания BeiDou начала предоставлять полномасштабные глобальные услуги 31 июля 2020 года, с тех пор за три года на орбиту выведено 56 спутников. Это к слову о разви-



Рис. 1. Иллюстрация первых секунд запуска ракеты-носителя Long March 2С

тии отрасли в КНР. Космодром Сичан в провинции Сычуань на юго-западе Китая 17 мая отметил тем, что способствовал запуску 56-го по счету геосинхронного спутника китайской навигационной спутниковой системы BeiDou (BDS) в подсистеме BDS-3. В июне в КНР состоялась 13-я Конференция по спутниковой навигации, из пресс-релиза которой можно узнать о планах «китайских товарищей» отправлять от 1 до 3 резервных спутников BDS в год для повышения стабильности и функционала группировки. Навигационной спутниковой системой BeiDou оснащён и пилотируемый космический корабль «Шэньчжоу-16», притом что китайская космическая станция (CSS) относительно недавно вступила в долгосрочную эксплуатацию, и уже есть значительные результаты.

Люди и грузы

Пока в провинции Цзянси на востоке Китая, одном из основных рисопроизводящих районов страны, фермеры только вступают в сезон сбора урожая, с космодрома Цзюцюань стартовал пилотируемый космический корабль «Шэньчжоу-16» на ракете «Великий поход-2F» с тремя тайконавтами (как их называют китайские партнёры) на борту: Цзин Хайпэн (командир миссии), инженером и пилотом Чжу Янчжу и вторым инженером – экспертом по полезной нагрузке Гуй Хайчао. Миссия рассчитана на 5 месяцев жизни на CSS с возвращением на Землю. Для этого пилотируемого космического корабля «Шэньчжоу-16» уже сделано более 100 технических улучшений и обновлений.

Есть новости и для доставки в космос грузов относительно большего веса. Ракета-носитель «Чанчжэн-7» (седьмой успешный запуск Long March 7-Y7 с первого полета в 2016 году) с космодрома Вэньчан отправила грузовой корабль «Тяньчжоу-6» (Tianzhou-6) на действующую китайскую космическую станцию на орбите около 400 км над Землей. Это условно низкая околоземная орбита и версия грузового космического корабля с увеличенной (на 0,5 т) грузоподъемностью [5].

Главные шаги по модернизации космических кораблей – средств доставки грузов в космос касаются совершенствования энергетических систем с помощью новейших разработок РЭА особого класса надёжности, в том чис-

ле с защитой корпусов РЭА от детонаций (вибраций), деформаций, рентгеновского и иного радиационного излучения (в том числе лазерного спектра), а также повышения общей надежности и безопасности для человека.

Индекс надёжности ракеты «Чанчжэн-2F Y-16» достиг 0,9896, что является самым высоким показателем на сегодняшний день. Космический корабль «Шэньчжоу-17» является средством повышенной готовности: готов к отправке в космос в случае возникновения чрезвычайной ситуации и находится «на постоянном дежурстве»; для приведения его систем в полную готовность необходимо всего 30 секунд.

О других китайских современных разработках, перспективах и некоторых характеристиках ракет-носителей можно прочитать в [6, 8].

Турция, Кения и другие

Пример уменьшения зависимости собственных разработок от комплектующих и производства в других странах демонстрирует в том числе Турция и Кения. 15 апреля 2023 года Турция (правда, с космодрома Калифорнии, США) при участии компании Space X с помощью ракеты-носителя Falcon 9 запустила первый спутник наблюдения Земли с высоким разрешением IMECE, полностью разработанный и изготовленный в Турции. В команде разработчиков Совета по научным и технологическим исследованиям Турции (TUBITAK) чуть более 200 человек, работы по созданию спутникового оборудования весом в 700 кг в Турции велись 5 лет. Электронная оптическая камера с возможностью охвата поля съёмки в 16 км², солнечные панели, элементы РЭА и даже программное обеспечение – всё на 90% производится внутри страны. Спутник предназначен для вращения вокруг планеты Земля на высоте более 680 км. Таким образом, уменьшить зависимость спутниковых технологий от зарубежных источников вполне реально, и этот пример может заинтересовать производителей РЭА в России.

Исследование космоса даже в Африке подтверждается тем, что на рынок спутников 14 апреля почти самостоятельно вышла и Кения со спутником «Тайфа-1» (Taifa-1). С языка суахили название переводится как «нация». В числе разработчиков Космического агентства Кении 9 инженеров, а старт ракеты полной тяги SpaceX Falcon-9

состоялся с космодрома 4E (SLC-4E) на базе космических сил Ванденберг, США. Спутник стоимостью \$372 тыс. разработан также с помощью болгарской аэрокосмической компании Endurosat, и позволяет захватывать и передавать в реальном времени изображения, которые помогут реагировать на климатические катаклизмы.

Кстати, Египет стал первой африканской страной, отправившей спутник в космос в 1998 году, а затем в 2018 году Кения запустила первый экспериментальный наноспутник с Международной космической станции. По данным Space in Africa (Нигерия), отслеживающей ход космических программ на континенте, на сегодня уже 15 африканских стран произвели 50 спутников разного назначения для работы в космосе. Правда, все они были запущены со станции, находящейся в космосе, а не с Земли – до 14 апреля 2023 года, когда спутник Кении доставили на орбиту именно с Земли. Совершенно понятно, что Кения теперь строит на своей территории и собственный космодром.

Почему Китай?

Посмотрим на топ-5 стран и кратко проанализируем, как развиваются их космические программы. Для этого надо договориться о смыслах и выбрать критерии: на что ориентироваться в сравнении и в какой временной промежуток. Если исследовать простым анализом трёхлетний период и говорить в качестве критериев об общем количестве запусков, количестве запущенных в космос объектов: спутников, зондов, посадочных модулей, космических кораблей с экипажем и др. и бюджете, выделяемом правительством, КНР показывает выдающиеся результаты, и выше мы постарались их представить и обосновать. Однако даже Франция вкладывает миллиарды в производство космических кораблей «Ариан» для запуска Европейским космическим агентством. Как следует из графика, представленного на рис. 2, лидируют по-прежнему США, за ними – КНР [1, 7].

В определённом ракурсе заслуживают внимания Космические силы США (USSF) – это подразделение вооружённых сил под эгидой военного ведомства. Их деятельность – защита интересов государства в космическом пространстве: разведка, противоспутниковая деятельность и др. В частно-

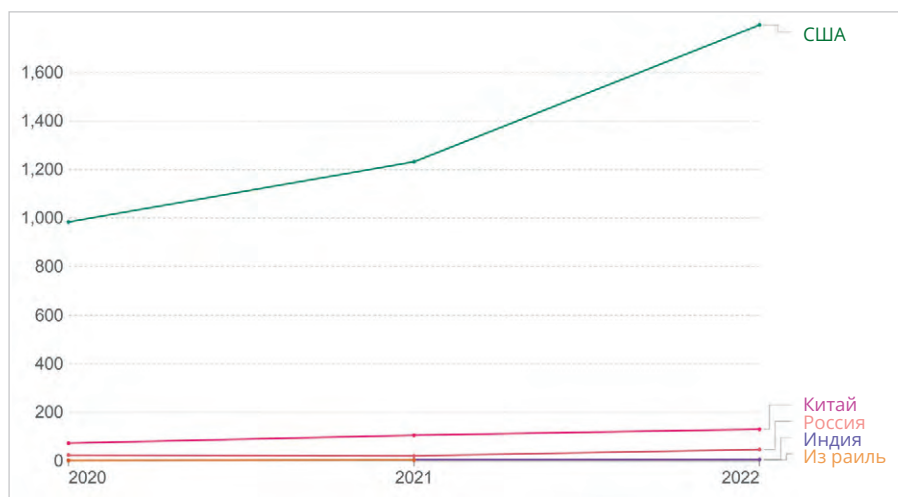


Рис. 2. Ежегодное количество объектов, запускаемых в космос

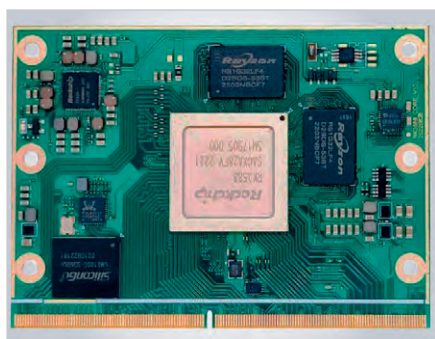


Рис. 3. Иллюстрация одноплатного компьютера, применяемого в космических аппаратах производства КНР

сти, США, обладая передовыми спутниковыми технологиями на основе надёжной РЭА, имеют огромную группировку спутников в космосе и могут поставлять информацию заинтересованным странам. США фактически осуществляет больше всего удачных пусков ракет-носителей, но там и бюджет программы космических исследований NASA \$24 млрд, а также ещё больший бюджет USSF. Поэтому удобнее пока сравнивать Россию и Китай. У российских специалистов космической отрасли с 2020 по 2022 год случилось всего 58 запусков космических объектов и 92 выведенных на орбиту спутника при бюджете в \$3,4 млрд. В планах отечественных кураторов отрасли отказ от МКС и поход по китайскому пути с созданием собственной модульно-блочной орбитальной станции с говорящим названием, конечно же, РОС. Такая концепция утверждена президентом России 12 апреля 2023 года, а первые результаты ожидаются при благоприятных обстоятельствах не ранее 2030 года.

За тот же период (2020–2022) КНР произвела 149 успешных запусков с

310 выведенными в космос объектами. Бюджет исследований ровно в 2 раза меньше американского – \$12 млрд, при этом важна эффективность и динамика развития программ: в 2021 году КНР произвела 52 пуска, против 48 у США [3]. Такими темпами надо ждать в краткосрочной перспективе выхода «китайских товарищей» на первое место.

Из истории известно, как китайцы в 1966 году запустили ракету Т7-А с двумя мышами на борту, а спустя несколько месяцев, 14 и 28 июля 1966 года, – двух собак Сяо Бао и Шаньшань (в ответ на Белку и Стрелку).

В начале 90-х годов, после распада СССР, украинское предприятие «Южмаш» помогло организовать выпуск ракетных двигателей на основе советских РД-120, а в 1993 году в стране создано Национальное управление по исследованию космического пространства на базе Министерства обороны; так дан старт космической программе. CNSA (Китайское национальное космическое управление) и CASC (Китайская космическая корпорация) совместно развивают с тех пор космическую отрасль. В 2003 году появилась программа пилотируемых полетов «Шэньчжоу» (Проект 921), и за две декады лет (потрясающие в динамике результаты с учётом истории развития во времени космической отрасли) КНР превзошла достижения СССР. Притом что космический корабль «Шэньчжоу-5» – конструктивная копия советского «Союза» с тремя модулями: отсек с приборами, спускаемый аппарат и «бытовка».

Сегодня китайские разработчики активно используют одноплатные компьютеры крайне малого форм-

фактора, в основе которых многоядерные процессоры RK3588, Cortex-A76, Cortex-A55. К примеру, микроконтроллеры Renesas RA6M4 Cortex-M33 с нейронными процессорами принятия решений Syntiant NDP120, комбинированным модулем Renesas (ранее Dialog Semi) DA16600 с 6-осевым инерциальным измерительным блоком (IMU) типа ICM42671. Микроконтроллер Renesas RA6M4 Arm Cortex-M33 с довольно специфическим относительно системы датчиков назначением, рабочей частотой 200 МГц имеет память 1 Мбайт, ускоритель машинного обучения Syntiant NDP120 Neural Engine на базе Syntiant Core 2 Deep Neural Network, Arm Cortex M0 и HiFi 3 DSP, а также хранилище данных 16 Мбит SPI NOR Flash. Имеет разъём расширения – 2x28-контактный межплатный разъём для платы ввода-вывода. Работа с платой осуществляется посредством Renesas e2 Studio IDE и встроенного микроконтроллера отладчика E2OV на плате ввода-вывода. Внешний вид одноплатного компьютера представлен на рис. 3.

Навигационный спутник XPNAV-1 (2016 г.) реализует инновационный на тот момент принцип измерения на основе рентгеновского излучения пульсаров с целью точного определения расположения космического корабля в зависимости от сигналов космических объектов. Об этой системе принципа коллиматорного детектирования много спорят, однако он продолжает совершенствоваться, а программе не сворачивают. С учётом того, что китайские товарищи ничего не делают просто так, об этом стоит задуматься. Принцип коллиматорного детектирования представлен иллюстрацией на рис. 4.

И это только некоторые особенности китайского космического чуда. Для спутника использовали новейшие технологии в области электроники, защищённую от агрессивных воздействий компонентную базу промышленного уровня. Под руководством главного конструктора аппарата Сюэ Лидзюнь и под эгидой предприятия изготовителя Шэньчжэньской аэрокосмической компании «Дунфанхун» цикл изготовления занял всего 10 месяцев, что объясняется применением «короткого цикла» проектирования, производства и испытания спутника [4].

Спутник ориентирован по трём осям. Система ориентации позволяет пози-

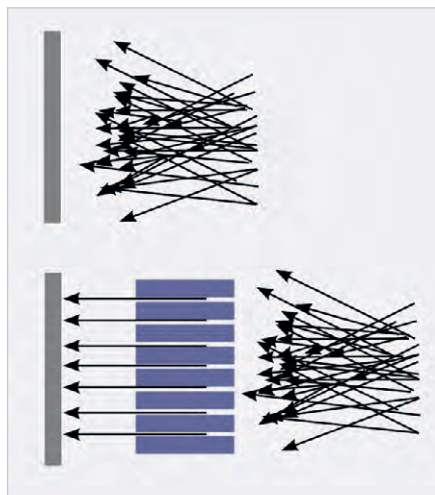


Рис. 4. Иллюстрация принципа коллиматорного детектирования

ционировать приборы с точностью до двух угловых минут и удерживать их в такой ориентации до полутора часов. Система питания спутника, рассчитанного на 1 год эксплуатации, основана на солнечной батарее, состоящей из двух секций. Конструкция аппарата представляет собой параллелепипед массой 243 кг, где установлены 2 рентгеновских детектора. Первый – НТРС (High Time Resolution Photon Counter) коллиматорного типа ограничивает поле зрения всего двумя градусами. Разрешение по времени 100 нс, диапазон энергетического воздействия (мощности) от 1 до 10 кэВ. Второй детектор – TSXS (Time-Resolved Soft X-Ray Spectrometer) с фокусирующей системой косоугольного падения с рентгеновскими зеркалами диаметром 17 см обеспечивает разрешение по времени 1,5 мкс в диапазоне энергетического воздействия от 0,5 до 10 кэВ [9]. Главная цель эксперимента, оправдывающая метод позиционирования, достигнута, о чём можно прочитать в [9].

Прогнозы завтрашнего дня

Китайцы активно реализуют и «лунную программу», планируют к 2030 году переместить тайконавтов на Луну, делать это регулярно и доставлять их обратно на Землю. Китайские разработчики РЭА и ученые достигли результатов и в других направлениях, связанных с космосом. Исследователями Национальной астрономической обсерватории Академии наук Китая внедрена инновационная схема статистических измерений как метод выявления природы образования объектов галактик Вселенной. Используя одномерное измерение спектра мощности



Рис. 5. Транспортный корабль нового поколения (Россия)

зонда и сигнала 21 см длины волны, радиотелескоп Square Kilometer Array сможет одновременно выявить новые свойства образований, небесных тел и даже галактик во Вселенной. Всё это, безусловно, требует уточнения, однако даже анонс заслуживает внимания: как шаг к пониманию процессов эволюции Вселенной, следовательно, и валидных прогнозов будущего.

К слову, «Чанчжэн-6» – двухступенчатая ракета-носитель на жидком топливе (жидкий кислород и керосин), предназначенная в основном для запусков на околоземные и солнечно-синхронные орбиты. В анонсах прошлого года её испытания ожидалось не ранее декабря 2023 года, однако она введена в действие с явным опережением графика, и даже за первые полгода условно планового периода уже осуществлено несколько успешных запусков. В КНР, кроме прочего, предлагают мировому сообществу, в частности России, совместное использование китайских ракет: будущее сотрудничество позиционируется как «новая недорогая модель с высоким функционалом и спросом». Таким образом, речь идёт о дальнейшем развитии и бизнесе, в том числе в космосе. Но тут важно вспомнить недавний европейский и иной международный опыт. Если геополитические отношения между странами ухудшаются, то многие возможности сотрудничества будут снова закрыты, и придётся думать об импортозамещении. Поэтому, конечно же, лучше развивать собственное конкурентоспособное производство и предлагать в аренду другим. Однако, как показывают события последних лет, КНР значительно быстрее осваивает космическую область и связанный с ней рынок оборудования на основе современной и стойкой к условно агрессивному воздействию элементной базы.

А пока Россия с помощью «Сахалинской энергии» (совладельцы – «Газпром», Mitsui и Mitsubishi), а также «Ямал СПГ» («НОВАТЭК», TotalEnergies, китайские CNPC и SRF) в КНР «гонит» только дерево и газ, по итогам января выйдя на первое место среди иных стран. Поставки газа по магистрали «Сила Сибири» превысили 2 млрд куб. м газа, сообщила 20 марта китайская таможня. Только в январе 2023 года КНР импортировала 5,210 млн тонн СПГ, что на 7% больше, чем в январе 2022 г. (4,864 млн т). Весь 2022 год покупки снижались по отношению к тем же месяцам прошлого года: средняя динамика – минус 22%, в интервале от 7% до 35%. Однако с конца прошлого года сотрудничеству придан новый импульс. Хорошо бы ещё ощутить его в космической сфере и в целом в улучшении взаимосвязей и технологий производства РЭА.

Выводы

Определённые достижения в Отечестве тоже есть, не без этого. Анонсированный ещё в 2014 году и показанный на выставке перспективный транспортный корабль нового поколения, разработанный специалистами «Энергии» от Роскосмоса, – универсальный пилотируемый многоцелевой космический модуль с экипажем до 4 человек – может стать элементом лунно-посадочного экспедиционного комплекса для высадки на Луну (рис. 5).


Однако скоро наступит 2024 год. За 10 лет мы пока не имеем соответствующих не выставочных, а действительно космических результатов, то есть фактов реализации программы. В то время как в КНР согласно представленному обзору и с учётом развития технологий они есть. На примере динамичного развития космической отрасли КНР мы показали, что сегодня сложилась уникальная ситуация

для отечественного производства РЭА и развития в том числе космической отрасли: с российского рынка ушли крупнейшие интеграторы и вендоры автоматизированных решений для управления производством. Решаются вопросы с совершенствованием технологий и комплексным управлением логистикой в FMCG, нефтехимической отрасли крупного машиностроения и высокотехнологичном секторе ВПК, включая Роскосмос. На каком завтра мы будем месте в условном рейтинге цивилизованных и технологично-развитых стран, покажет время.

Литература

1. Ежегодное количество объектов, запускаемых в космос // URL: <https://ourworldindata.org/grapher/yearly-number-of-objects-launched-into-outer-space?time=2020..latest&country=USA~RUS~CHN~IND~ISR>.

2. *Ка шка ро ѿ*. ПЯдерный щит России. М.: Солон-Пресс. 2016. 124 с.
3. Кто сейчас самый сильный в космосе, или Космическая гонка // URL: <https://habr.com/ru/companies/first/articles/742678/>.
4. *Лис о вИ*. Китай осваивает навигацию по пульсарам // Новости космонавтики: журнал. ФГУП ЦНИИмаш. 2017. Январь (т. 27, № 1 (408)). С. 33–37.
5. 2023: Китай вывел на орбиту спутник для испытаний интернет-технологий // URL: <https://www.tadviser.ru/a/745045>.
6. CGTN: Китай запустил новый метеорологический спутник на ракете Long March-4B // URL: <https://news.cgtn.com/news/2023-04-16/China-launches-new-meteorological-satellite-atop-Long-March-4B-rocket-1j2MiV9XZNM/index.html>.

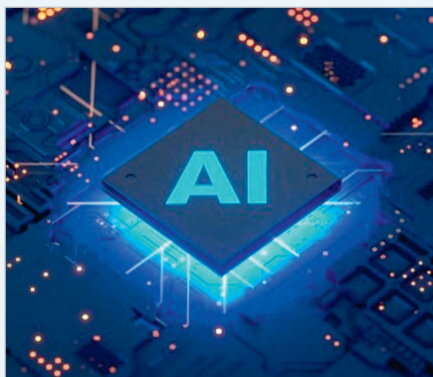
7. Global Orbital Rocket Launch Statistics. Общее количество успешных запусков в космосе за 2023 год // URL: <https://www.rocketlaunch.live/stats/2023>.
8. Sharing Rockets: China opens first auction for Long March «carpooling» // URL: <https://news.cgtn.com/news/2023-07-10/China-bids-first-auction-of-Long-March-carpooling-launch-opportunity-1jXuzrjCnu/index.html>.
9. *Xinyuan Zhang, Ping Shuai, Liangwei Huang, Shaolong Chen, Lihong Xu*. Mission Overview and Initial Observation Results of the X-Ray Pulsar Navigation-I Satellite (англ.) // International Journal of Aerospace Engineering. 2017. 7 July (vol. 2017). 

НОВОСТИ МИРА

В США опубликован исполнительный указ о безопасном ИИ

Белый дом опубликовал в понедельник исполнительный указ о безопасных, защищённых и надёжных технологиях искусственного интеллекта (ИИ).

В документе декларируется цель обеспечить лидерство Соединённых Штатов в области управления рисками, связанными с ИИ-технологиями. Учитываются результаты переговоров американской администрации с ведущими разработчиками в данной области.



В общей сложности указ определяет восемь мер, которые необходимо предпринять в данной сфере:

- создать новые стандарты ИИ-безопасности (в частности, потребовать от разработчиков наиболее производительных ИИ-систем передавать данные о результатах испытаний на безопасность и другую важную информацию о подобных системах правительству);
- сохранить тайну личной жизни американцев (президент США призвал Конгресс принять законопроект о конфи-

денциальности данных для защиты всех американцев и особенно детей);

- продвигать равенство и гражданские права (бороться с дискриминацией со стороны алгоритмов);
- защищать потребителей, пациентов и студентов (продвигать ответственное применение ИИ-технологий);
- поддерживать рабочих (подготовить отчёт о потенциальном воздействии ИИ на рынок труда);
- продвигать инновации и конкуренцию (задействовать имеющиеся полномочия для расширения возможностей высококвалифицированных иммигрантов и иностранцев с опытом работы в критически важных сферах учиться, находиться и трудиться в Соединённых Штатах);
- способствовать лидерству США за границей (ускорить развитие и внедрение жизненно необходимых ИИ-стандартов с иностранными партнёрами);
- обеспечить ответственное и эффективное применение ИИ правительством (издать руководства для агентств по использованию ИИ).

В мае, напомним, администрация США провела встречу с разработчиками ИИ-систем и призвала их к осторожности.

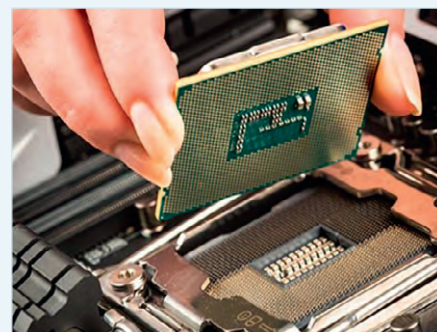
industry-hunter.com

«Ростех» планирует создать процессор «Эльбрус-Б» на 60-нм техпроцессе

Как уточняется, в рамках проекта с названием «Эльбрус-Б» предполагается разработка нового процессора с высокопроизводительными вычислитель-

ными ядрами, который смогут выпускать российские предприятия, не имеющие передовых в этой отрасли технологий. Речь о техпроцессе 60-нм и выше, а стоимость данного проекта докладчиками оценивается примерно в 30 млрд рублей со сроками исполнения в течение трёх лет.

Здесь необходимо отметить, что 60-нанометровые чипы в мире начали выпускать ещё в середине 2000-х годов: американская Intel в 2005 году освоила технологические нормы 65-нм, на которые полностью перешла в 2006-м, а на сегодняшний день лидером в этой области является тайваньский контрактный производитель полупроводников TSMC, который уже внедрил на своих фабриках 3-нм техпроцесс и массово выпускает данные чипы для Apple.



Также отмечается, что программа по созданию 60-нанометрового отечественного процессора с именем «Эльбрус-Б» является личным предложением Бабаяна-младшего и никак не связана с компанией МЦСТ, которая и ведёт разработку процессоров семейства «Эльбрус».

techcult.ru

Новые ворота в Азию: обзор возможностей переноса производства РЭА во Вьетнам

Андрей Кашкаров

Российские производители электроники всё чаще переносят сборочные технологические процессы за границу. На особом контроле, в том числе по импортозамещению, такие направления, как КНР, СВР, Бхарат (Индия) и Турция, но особенно интересное направление «электронной экспансии» и развития сотрудничества связано с перспективами производства РЭА в Социалистической Республике Вьетнам. Вьетнамские партнёры заинтересованы в сотрудничестве, но вынуждены действовать осторожно из-за санкционных рисков: под воздействием экономических и политических факторов влияния иностранных инвесторов стараются сохранять нейтралитет. Особое значение имеет менталитет вьетнамских партнёров, который желательно изучать серьёзно: ещё до начала бизнеса в стране. Подробности – в данном обзоре.

Причины экспансии производственных мощностей во Вьетнаме

Центры электротехнической промышленности во Вьетнаме расположены в трёх регионах: Ханой, Хошимин и Хайфон. Производство РЭА во Вьетнаме достигло уровня, при котором является ведущей областью развития экспортной промышленности страны. Казалось бы, сеть поставщиков электроники во Вьетнаме традиционно сконцентрирована и контролируется несколькими ведущими иностранными производителями РЭА, перенёсшими сюда производство в 2002–2016 гг.: это LG, Intel, Samsung, Canon, Sony и другие. На рис. 1 представлен общий вид цеха завода Samsung.

Однако не всё так однозначно и просто, и далее рассмотрим причины, по которым производство РЭА во Вьетнаме может быть не только выгодным бизнесом экономически, но и оправдано политически. С рациональным подходом к экономической выгоде и рентабельности сокращаются издержки производства, концентрируется поиск поставщиков для потребителей и сборочных производств, ибо большинство заводов-производств современной электроники являются сборочными цехами, импортирующими детали из Китая и других стран.

Стремительное развитие вьетнамской электронной промышленности характеризуется несколькими впол-

не верифицируемыми факторами: капитализация сектора производства полупроводников к 2024 году превысит \$6 млрд, создание центра R&D в Ханое с исследовательскими научными центрами ведущих мировых корпораций Qualcomm, Intel, Texas Instruments, SK hynix, NXP Semiconductors и др. сопровождается значительными капиталовложениями на фоне привлекательно-го инвестиционного климата. С одной стороны, развитие «вьетнамского» сектора в производстве компонентов современной электроники приведёт к ликвидации дефицита отдельных моделей РЭА и, насытив рынок, будет способствовать снижению цен на комплектующие, то есть приведёт к очередной оптимизации производства, выгодной всем сторонам: и разработчикам, и потребителям во всём мире. С другой стороны, для российских специалистов вьетнамский рынок изначально дружественный ещё со времён Второй Индокитайской войны, и на былых традициях можно строить, совершенствовать сотрудничество.

Сотрудничество Россия – Вьетнам

Одна из причин внимания российских разработчиков и вендоров к производственным мощностям в регионе Индокитая состоит в обеспечении требований центра по лицензированию ФСБ, дающего разрешение на ввоз микросхем, содержащих криптографию, что и требует относительно длительной проверки комплектующих и ведёт к задержкам поставок. Из-за санкций производственный сектор в России, в том числе РЭА, пытается найти новые возможности для сохранения деятельности, обеспечения запросов российских предприятий также и в области критической инфраструктуры. Действительно, стоимость иностранного оборудования для производства печатных плат в России выросла в 2022 году на 40%. Помимо этого, на ситуацию влияют проблемы с доступностью капитала при росте производственных расходов: небольшие производители



Рис. 1. Цех вьетнамского завода Samsung

объединились с крупными [1]. Ранее известный российский концерн «Радиоэлектронные технологии» (КРЭТ), входящий в госкорпорацию Ростех, с помощью специалистов обеспечивал пусконаладочные работы системы автоматического регулирования гидроагрегата № 1 на ГЭС Nam Na 2. Тогда же (2014 г.) введена в эксплуатацию уникальная АСУ ТП. Успех российских ИТ-продуктов на внешних рынках записали в актив и для вьетнамских предприятий. 12 апреля 2023 года – в ходе рабочей поездки во Вьетнам – замглавы Минцифры Максим Паршин и представители российских ИТ-компаний провели переговоры с заместителем Министра информации и коммуникаций Вьетнама Нгуен Хюи Зунгом [2].

Работают совместное нефтедобывающее предприятие «Вьетсовпетро» в городе Вунгтау и Центр тропических исследований РАН в Ханое (с отделениями в Хошимине и Нячанге). Продолжается сотрудничество в области энергетики с холдингом «Силовые машины». Всего в СВР 64 проекта с участием российского капитала на сумму около \$400 млн [5].

В СВР за условно короткое время продано свыше 4000 программных пакетов 1С. Ещё пример – Лаборатория Касперского. Благодаря участию в российско-вьетнамской межправительственной комиссии антивирусный гигант заключил контракт и успешно разработал (адаптировал) антивирусное ПО для государственных органов и объектов информационной инфраструктуры Вьетнама. Российские ИТ-решения регулярно представлены на выставках, один из «свежих случаев» – Vietnam Expo 2023. Эта международная торговая ярмарка в Ханое удивила мир 5–8 апреля 2023 года. Соорганизатор выставки VINEXAD – Vietnam National Trade Fair & Advertising Company. Основной упор в текущем году сделан на энергетический сектор. Аналогичное мероприятие проводится традиционно с 2008 года, в следующем, 2024 году в Ханое состоится 3–4 июня. А в текущем году 6–8 декабря откроет гостеприимные двери международная промышленная выставка Expo-Russia Vietnam 2023 (Ханой, организатор – International Centre of Exhibition) [3]. На выставке презентовали достижения более 500 компаний из различных сфер экономики.

На бизнес-форуме «Россия–Вьетнам» новые возможности и перспективные

сферы сотрудничества подтверждают описываемую тенденцию увеличения интереса к Индокитаю. Российская компания «Микран» разрабатывает и производит ассортимент контрольно-измерительной аппаратуры СВЧ в диапазоне до 50 ГГц, прецизионных аксессуаров для нужд предприятий электронной промышленности. Автоматизированные измерительные комплексы, предназначенные для настройки и тестирования СВЧ-устройств (со специализированным ПО), систем различной сложности и назначения, рабочие станции для измерения S-параметров на кристалле, для антенных изменений и др. РЭА, системы многоканального мониторинга бортового ретрансляционного контроля и управления космических аппаратов «Луч-5А» и «Луч-5Б», приборы Portable Lab Devices (PLD) вызывают интерес у вьетнамских коллег; в стране работают представители компании и есть офис продаж.

Из условно провальных миссий отметим некогда завышенные ожидания и незнание культурных особенностей страны. Условная неудача на вьетнамском рынке постигла российского сотового оператора «Вымпелком», вложившего за десяток лет около \$500 млн для работы телекоммуникаций во Вьетнаме, Камбодже и Лаосе. В результате оператор ушёл с рынка, продав свою долю местной компании Gtel Mobile за 10% от собственных вложений.

Приведём список некоторых вьетнамских компаний, продукцию которых можно заказать и получить в России в 2023 году [6]:

- электронные калькуляторы «Vinh Thang Trading & Technical Services Joint Stock Co. (VSECO J.S.C.)»;
- электронные доски для записей от «Panasonic System Networks Co., Ltd»;
- низковольтное оборудование, подключаемое к персональным электронным вычислительным машинам: принтеры от «THAI SON S.P CO., Ltd» и фирмы «Datalogic Scanning Vietnam LLC»;
- электронные вычислительные машины: настольные POS-терминалы для оплаты банковской картой от компании «JABIL VIET NAM COMPANY LIMITED»;
- сканеры, не подключаемые к электронным вычислительным машинам, от «Datalogic Vietnam LLC»;
- электронные доски для записей от «Panasonic System Networks Co., Ltd»;
- электрические приборы бытового назначения: машины швейные

электромеханические, электронные, оверлоки от «Mitsumichi Industrial Co., Ltd» и др.

При оплате за РЭА производства СВР некоторые поставщики предпочитают оплачивать инвойсы через иностранные торговые дома или сервисы оплаты услуг. При оптовых закупках важно корректно выбрать производство «Vietnam». С одной стороны, цена ниже, с другой – вы можете дополнительно сэкономить на доставке до Москвы, Казани или Санкт-Петербурга.

Российскому потребителю доступны модели телефонов, выпускаемых в СВР: Vsmart Bee, Vsmart Star, Vsmart Joy 2+ и флагман Vsmart Live. Vsmart Live из-за отсутствия NFC проигрывает «китайцам» в сравнении с моделями со схожими характеристиками. Все модели рассчитаны на условно нетребовательного потребителя и могут соответствовать начальному опыту «смартфона для ребёнка». Вкратце их технические характеристики таковы:

- Vsmart Live – флагманский аппарат линейки с тройным модулем камер на 48 МП (f/1.7 + 5 MP f/1.9 + 8 MP f/2.2). Смартфон оснащён безрамочным AMOLED-дисплеем с диагональю 6,2 дюйма и встроенным сканером отпечатков пальцев. Аппарат построен на платформе Qualcomm Snapdragon 675, выпускается в двух бюджетных версиях: 4/64 Гбайт (14 990 руб.) и 6/64 Гбайт (16 990 руб.);
- Vsmart Joy 2+ – аппарат в разноцветных корпусах на Snapdragon 450 с двойной камерой (13 МП + 5 МП), экраном с диагональю 6,2 дюйма и батареей на 4530 мА·ч и с поддержкой быстрой зарядки. Смартфон выпускается в версиях: 2/32 Гбайт (9990 руб.) и 3/32 Гбайт (11 990 руб.);
- Vsmart Star – смартфон начального уровня с каплевидным вырезом под фронтальную камеру на базе Snapdragon 215. Аппарат получил двойную основную камеру и поддержку быстрой зарядки. Выпускается в версии 2/16 Гбайт и стоит 6990 руб.;
- Vsmart Bee – тоже модель начального уровня за 4990 руб.: процессор MTK 6739, 1/16 Гбайт, камеры на 8 и 5 МП, Android Go 8.1, батарея на 2500 мА·ч. Смартфон имеет компактные размеры (диагональ 5,45 дюйма) и оформление, претендующее на изящность, по данным 2019 года [7].

На рис. 2 показана площадка производства смартфона на заводе Vinsmart.



Рис. 2. Рабочая площадка производства смартфона на заводе Vinsmart

Таковы лишь небольшие иллюстрации к количественно и качественно возросшему в последние годы сотрудничеству в сфере производства компонентов РЭА между отечественными и вьетнамскими партнёрами. Любопытно даже туристу, что в относительно сложный «период санкций» уважаемые россияне продолжают интересоваться Юго-Восточной Азией и даже скупать недвижимость, в том числе в Индонезии, Кипре, Таиланде и Вьетнаме. Этот условно свободный территориальный рынок также интересен отечественным разработчикам и специалистам РЭА.

Опыт развития СРВ на мировом рынке электроники

Разумеется, интерес и попытки влияния на вьетнамский рынок ощущается во всём мире. Известная компания Apple производит во Вьетнаме iPad, Apple Watch, MacBook и наушники для смартфонов. Число производителей-поставщиков для корпорации постоянно растёт. Один из наглядных примеров развития – производитель комплектующих Luxshare Precision Industry и Vingroup (и др.), производство бюджетных смартфонов Vsmart и автомобилей VinFast [4]. Это происходит без ущерба или в некоторых случаях сопровождается сокращением производственных мощностей компании в КНР. Уже 5-6 лет СРВ рассматривается как альтернативное место производства электроники. Однако,

кто чего стоит, показывают не планы, манифестации и декларации о намерениях, а только время и результат; в этом смысле можно констатировать успехи и закрепление переноса производств электронных компонент на родине поэта XVI века Нгуен Бинь Кхима. В своей книге «Пророчества Чанг Чиня» (по известной легенде) он впервые написал «и был образован Вьетнам». То же название выгравировано на 12 стелах XVI–XVII веков, в частности, в пагоде Бао Лам в Хайфоне.

Так, тайваньская компания Foxconn – поставщик комплектующих для Apple – инвестировала во Вьетнам более \$1,7 млрд. Развитие во Вьетнаме в 2021–2023 гг. производственного сегмента «умных часов» различных модификаций показывает результат и обоснованность рыночной политики ведущих мировых корпораций и брендов на фоне геополитического соперничества США и КНР, в рамках которого в стране Линкольна и Ли стремятся сократить доступ китайских специалистов отрасли к высоким технологиям.

Компания Samsung давно имела производственные площадки в СРВ, а первый чисто вьетнамский смартфон выпустили 14 декабря 2018 года на заводе Vinsmart в Хайфонге (недалеко от Ханоя). Опечатки нет, локальный бренд Vsmart, а название завода Vinsmart – это часть холдинга Vingroup, которому принадлежат и сети магазинов, и курорты, и платежная система а-ля китайский Alipay, и уже собственный автопром, купивший лицензии на

технологии BMW. На заводе несколько десятков рабочих в защитных костюмах и бахилах в условиях идеальной чистоты обеспечивают контроль качества финальной сборки корпусов и упаковки. Остальные производственные операции делают автоматы ведущих мировых производителей: Nutek, Siplace, Electrovert и др., а большинство выпускающихся моделей смартфонов построены на базе мобильных платформ Qualcomm Snapdragon. В 2023 году производство обеспечивает проектную мощность в 125 млн единиц, включая не только смартфоны, но и компоненты. На рис. 3 представлена иллюстрация цеха завода Vinsmart в Хайфонге с автоматизированными установками 3D-принтеров для монтажа (пайки) микросхем без участия человека.

Вьетнамский опыт развития может быть вполне проанализирован заинтересованными лицами и структурами в России. В 2001–2005 гг., когда страна занимала 45–47-е место по объёму экспорта электроники, волевым решением правительства премьера Фан Ван Кхая недалеко от столицы, Хошими-на, создали первый научный парк-инкубатор Ноа Лас с вложением в него \$3,2 млрд. Начали проект с организации обучения 2 тысяч специалистов с размещением иностранного производства с опорой на высокие технологии. За счёт государства финансируется до 15% расходов на обучение персонала Hi-Tech компаний. В результате усилий и внимания к государственно-частному партнёрству получили не только прирост инвестиций и выгодную нишу для развития РЭА, но и создание национальной технологической школы. Затем инициативу поддержали в правительстве премьера Нгуен Тан Зунга – именно в его правление до 2016 года концепция развития страны стала необратимой – и не пожалели. Теперь можно наблюдать привлекательные сегодня результаты прошлой, но мудрой инициативы. Для сравнения, весь военный бюджет Российской Федерации, по данным 2021 года, – \$3,4 млрд. К слову, это примерно столько же, сколько и общий экспорт российской радиоэлектроники: \$3,4 млрд в 2020 году и \$5,3 млрд на пике производства в прошлом. Прошло почти 17 лет, и это можно считать успешным ростом экономики по критериям современной оценки государственного управления.

Производственный сектор современной электроники бытового назначения к 2020 году составил 36% от общего объёма экспорта Вьетнама. За 5 лет, с 2015 по 2020 г., экспорт только смартфонов вырос в 2 раза и достиг, по некоторым оценкам ведущих российских экономистов, объёма в \$96 млрд [7]. Производство полупроводников при долгосрочной поддержке государства с освобождением на 4 года от налога на прибыль, а далее – от 5% и с плавным возвращением к стандартной ставке, выросло почти в 2 раза за последние 4 года. Так развивается во Вьетнаме крупнейший производитель чипов памяти корпорация Samsung с широкими инвестициями в экономику страны.

Причины вьетнамского «чуда» и его перспективы

Население Вьетнама составляет примерно 100 млн человек; это эквивалентно примерно четверти населения стран Европейского союза или 2/3 населения России. Рост влияния, в том числе в экономической сфере, показывают межгосударственные отношения. К примеру, в американо-вьетнамских отношениях рост торгового оборота в период 1995–2020 гг. увеличился в 180 раз: с \$450 млн до почти \$100 млрд. Для сравнения, российско-американская торговля никогда, даже в лучшие годы, не превышала \$35 млрд. Эти факторы и перспективы заслуживают внимания, а приведённые данные легко верифицируются по открытым источникам.

Как указано выше, вьетнамская электронная промышленность базируется на западных технологиях и контролируется западными корпорациями. Однако в экономическом развитии любого государства существуют реперные точки «подведения итогов», после чего независимый анализ экономической ситуации показывает, что бывшим и настоящим инвесторам вовсе не выгодно применять к Вьетнаму санкции различного политического свойства, даже если о них говорят в парламентах. Гораздо выгоднее сотрудничество и получение дохода от вложенных средств. Так выработали взаимную зависимость, при которой ведущим мировым державам невыгодно терять вьетнамский рынок, а, наоборот, выгодно развивать его, в том числе для достижения паритетных экономических отношений с КНР, уравновешивая аппетиты элит из Поднебесной.



Рис. 3. Пайкой (монтажом) микросхем 3D-принтеры занимаются без участия человека. Цех завода Vinsmart в Хайфонге

Кроме того, правительство Вьетнама, также понимая экономическую выгоду для страны и людей, вовсе не спешит выступать на мировой арене с ультимативными заявлениями агрессивного свойства и в целом настроено миролюбиво к соседям. В 2013 году подписано Соглашение о всеобъемлющем партнёрстве США и Вьетнама. Нынешний лидер страны премьер-министр Фам Минь Тинь придерживается того же выгодного экономического курса. При этом в названии республики присутствует определение «социалистическая».

Причины успеха «вьетнамского чуда» следующие. В стране невысокий уровень коррупции, что даёт возможность благоприятного инвестиционного климата и развития своей производственной базы «не для отчётов». Лучше развиты рыночные институты: экономика ориентирована на бизнес малых и средних форм и уступает российской в авторитарности управления. Близость к другим ведущим производственным площадкам, в том числе в Корею, Индонезии и КНР с базами РЭА, то есть логистическая цепочка представляется крайне удобной. В июне 2022 года в сотрудничестве с российской компанией запущен регулярный сервис FESCO Vietnam Direct Line (FVDL): теперь доставка грузов из Владивостока до Хошимина занимает 9, а до Ханоя – 12 дней. Для сравнения: несрочный груз, отправленный из Москвы, достигнет Красноярска примерно через 6 дней. А судно, следующее по маршруту Санкт-Петербург–Китай (по южному коридору), преодолевает акваторию за 35 дней.

О мотивах и работоспособности людей на разных континентах мож-

но спорить до хрипоты, однако ясно, что средняя заработная плата на производственных площадках, выпускающих РЭА, приближается к средней в России, охрана труда на высоте, и сотрудники имеют необходимые возможности для отдыха и релаксации, то есть за свою работу держатся. Главное достоинство – малые издержки производства, иными словами, «всё своё»: и люди, и полупроводники. На рис. 4 представлен вид на рабочее место сборщика РЭ-модулей.

От первого лица. Рекомендации по бизнесу и производству

Для открытия компании во Вьетнаме нужно, чтобы среди учредителей был хотя бы один гражданин страны. Потребуется локальный представитель со знанием культуры и языка для преодоления коммуникационных барьеров. Психологически работать непросто: договоренности могут не соблюдаться, а обещания не выполняться. Примерно аналогичным образом они ведут себя на дорогах общего пользования (культура взаимодействия и вождения скутеров – их очень много – и автотранспорта). Понятие о пунктуальности в условно латентном состоянии. Отсюда ясно: перенос встреч, договоренностей и сроков по ним – обычное дело.

В СРВ есть свои особенности: «чтобы не думать о людях плохо, лучше не думать о них вообще» – примерно так мыслит ваш партнёр, если что-то ему не нравится или он не успевает к сроку. Для вьетнамца важно личное общение. Но не всегда... Среди них много поистине счастливых людей, ибо часов они не замечают, а по телефону разговаривают долго и громко. Среди менталь-



Рис. 4. Рабочее место сборщика РЭ-модулей

ных особенностей есть и такая: «если я говорю громко – значит, я есть (не потеряюсь среди многих других)». Мой знакомый коммерсант приходил систематически на встречу на 2 часа позже времени, на которое она запланирована. Мило улыбаясь и извиняясь, он говорил, лучезарно глядя в мои глаза: «Плюс 2 часа, всегда плюс 2 часа». Москвичу без специальной вьетнамской подготовки такой эпизод вряд ли будет понятен. Допустим, это редкий и нетипичный случай, но в авторской практике был и такой. В ситуации с вашей стороны поможет контроль, контроль и ещё раз контроль договоренностей с обязательно корректными напоминаниями; в общем – вооружитесь терпением. Таковы местные традиции, ничего личного.

Выбор места тоже важен. Сильны различия между севером (Ханой) и югом страны. На условном севере много промышленных зон, отчасти это рабочие районы с размеренным темпом жизни. На свои дни рождения у прагматичных вьетнамцев приглашать друзей не принято. На предприятия и ментальность в южных районах страны влияет американский и европейский образ жизни. Этнические вьетнамцы, заработавшие капитал за рубежом, приезжают в Хошимин и Нячанг строить бизнес и отдыхать при качестве жизни не хуже московского.

По плану развития современной электроники в СРВ впереди телевизоры, кондиционеры, автомобили VinFast производства одноимённого завода в Халонге (седан LUX A2.0 и кроссовер LUX SA2.0) и даже BMW 5-й серии, а также «умные дома». Вьетнамская компания Vsmart имеет собственное подразделение Original Design Manufacturer (ODM), с созданием кото-

рого ушла необходимость делегировать проектировку смартфонов сторонним специалистам. Вьетнамские компании сотрудничают с Google (Android и онлайн-сервисы), Qualcomm (процессоры и модемы), Samsung (AMOLED-экраны и др.). У вьетнамских производителей, в том числе из Vsmart, огромное преимущество перед китайскими конкурентами: политическая нейтральность руководства страны. Номинально для компании Vsmart открыты все рынки мира. Приход вьетнамских брендов на мировой рынок уже состоялся: международные лицензии CE Certification и ISO 9001:2015, сертификаты TL900 2009 позволяют Vsmart официально продавать смартфоны в Европе и США. Сертификат ISO 14001:2015 свидетельствует об экологичности продуктов и их производства, ISO 45001:2015 – обозначает соответствие международным нормам охраны труда и техники безопасности на производстве. Экспансия вьетнамской электроники в страны с высоким уровнем конкуренции, к примеру, в США, также актуальна в современной повестке.

Выводы

Проблемы разного свойства есть у всех, но, как и всегда, результат зависит не от их количества, а от того, как власти и заинтересованные лица умеют их решать. Более 120 тыс. вьетнамских студентов сегодня учатся в США и Европе, и даже этот показатель выше, чем бывшие студенческие связи в прежние годы с СССР и Россией.

В 2022 году товарооборот России с Вьетнамом отличался экспортом из РФ металлов и комплектующих (32,2% от объёма); минеральных продуктов (21,4%), продовольствия (17,6%). В импорте из Вьетнама основная доля

за РЭА и транспортными средствами (60,32%); текстилем и обувью (20,22%). Правительство Фам Минь Тиня в 2023 году балансирует на выгодах отношений как с США, так и с Россией, однако, как мы показали выше, объём инвестиций, бюджетов и товарооборота несопоставим – в пользу США. Тем не менее ВСР (Вьетнамская социалистическая республика) не прерывает отношений с РФ даже под угрозой вторичных санкций, а особо профессиональные специалисты в России понимают, что сегодня заимствование иностранных технологий неизбежно и необходимо: при отсутствии условно легальных путей находят неформальные решения. Новые технологии, инвестиции, образование в своей стране важно развивать, как и привлекать к сотрудничеству компании по производству РЭА из Вьетнама, где, кстати, строят самую высокую в мире телебашню.

Таков опыт развития вьетнамского производственного сектора и рынка, который уместно использовать для сотрудничества или возможной работы над ошибками в России. Вьетнамский рынок остаётся одним из наиболее привлекательных для транснациональных и российских компаний благодаря быстро растущей экономике и низким политическим рискам.

Литература

1. Российские производители электроники переносят сборку за границу // URL: <https://www.ntv.ru/novosti/2766316/>.
2. Российские компании представили ИТ-решения для вьетнамского рынка // URL: https://digital.gov.ru/ru/events/43628/?utm_referrer=https%3a%2f%2fyandex.ru%2f.
3. V-Trust во Вьетнаме // URL: <https://www.v-trust.com/AboutUs/Vietnam.aspx>.
4. 33-я выставка VIETNAM EXPO-2024 // URL: https://vietnamexpo.com.vn/en/?utm_source=expomap.ru.
5. Forbes: Друзья коммунизма: почему во Вьетнаме популярны товары из России // URL: <https://www.forbes.ru/karera-i-svoe-biznes/362739-druzya-kommunizma-pochemu-vo-vietname-populyarnye-tovary-iz-rossii>.
6. B2B поставки // URL: <https://b2b-postavki.ru/optom/izdeliya-elektronnye-iz-vietnama.html>.
7. Как во Вьетнаме делают смартфоны для российского рынка // URL: <https://telecomdaily.ru/news/2019/11/05/kak-vo-vietname-delayut-smartfony-dlya-rossijskogo-rynka>.





«СТА-ПРЕСС» МЕДИАПОРТАЛ

ТОВАРИЩ!
БИЗНЕС РОСТ ЗАМЕДЛИЛ?

РАНО ВПАДАТЬ В СТУПОР!

НУЖНО КРИЧАТЬ О СЕБЕ НЕМЕДЛЯ,

А МЫ

ОБЕСПЕЧИМ РУПОР!



Используй все возможности продвижения,
которые мы создали для тебя



Журналы

Два наших журнала уважают в отрасли. Ваши статьи и рекламу в них увидят все наши читатели



YouTube-канал

Наш канал предоставляет вам возможность интересно рассказать о себе



Сайты

Наши сайты – это ваши новости и статьи, оперативно доставленные по адресу



Конференции

На наших конференциях ПТА вы заведёте новые контакты и расскажете о себе специалистам



Дизайн-студия

Наши дизайнеры и верстальщики сделают для вас эффективную рекламу, баннер, ролик



СОВРЕМЕННАЯ
ЭЛЕКТРОНИКА

+7 (917) 517-46-18 / advert@soel.ru / cta.ru / soel.ru

Приглашаем вас к сотрудничеству!

РЫНОК

№1... 9 **Новости рынка**

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- №1 / стр. 10 **Квантовая криптографическая катастрофа. Часть 1** ВИКТОР АЛЕКСЕЕВ
- №1 / стр. 16 **Датчики-сканеры отпечатков пальцев в устройствах биоидентификации. Обзор и перспективы** АНДРЕЙ ЛАСОРЛА
- №1 / стр. 24 **Безопасность ЕБС и её элементов. Обзор рисков и перспективных направлений улучшения систем персональной аутентификации** АНТТИ СУОМАЛАЙНЕН
- №1 / стр. 30 **Разработка 3D фотон-электронной матричной нейросетевой реконфигурируемой платформы для высокопроизводительной обработки информации** ВАЛЕРИЙ СВЕДЕ-ШВЕЦ
- №1 / стр. 44 **Мировой инфляционный кризис оптоволокну** АНДРЕЙ КАШКАРОВ
- №2 / стр. 6 **Квантовая криптографическая катастрофа. Часть 2** ВИКТОР АЛЕКСЕЕВ
- №2 / стр. 14 **Перспективы и преимущества совмещения электромобиля и сегвея: история одного изобретения** АНТТИ СУОМАЛАЙНЕН
- №2 / стр. 18 **Обзор инновационных разработок электронных модулей в области робототехники** АНДРЕЙ КАШКАРОВ
- №3 / стр. 30 **Модули видеоконтроля и связи, распознавания лиц для терминалов СКУД. Обзор** АНДРЕЙ КАШКАРОВ
- №3 / стр. 38 **Квантовые электронные компоненты. Часть 1. Молекулярная электроника и квантовые точки** ВИКТОР АЛЕКСЕЕВ
- №3 / стр. 48 **Инновации устройств IoT, беспилотных моделей в проблематике безопасности обмена данными. Обзор** ГАЛИНА МОРОЗОВАТАЯ
- №3 / стр. 56 **Современная электроника в лазерной технике. Новейшие разработки, эксперименты, перспективы. Обзор** АНДРЕЙ КАШКАРОВ
- №4 / стр. 28 **Биоидентификация по лицу в проекции алгоритма системного анализа и обработки информации Виоли-Джонса** БИЛЛ ВОНГ, ПИТЕР ДЖЕНКО, ДЖЕК БРАУН (ПЕРЕВОД: АЛЕКСАНДР МАЛЫГИН)
- №4 / стр. 38 **Тензометрические датчики в системах контроля и безопасности** ААНТТИ ЭС
- №4 / стр. 54 **Источники питания в формате BRICK для ответственных применений** ТИГРАН ГАЙКАЗЬЯН
- №5 / стр. 6 **Квантовые электронные компоненты. Часть 2. Квантовые транзисторы** ВИКТОР АЛЕКСЕЕВ
- №5 / стр. 18 **Техника России ближайших лет: «вечно летающие» дроны, кубсаты, мини-спутники на основе «параллельной» электроники** АЛЕКСАНДР ГОРДЕЕВ
- №5 / стр. 24 **Инновации электронных медицинских технологий из мирового опыта 2023 года** НАДЕЖДА ЛЮБИМАЯ
- №6 / стр. 7 **Что «делает» искусственный интеллект в России** АНДРЕЙ ДОЕЗЖАЕВ
- №7 / стр. 7 **Беспроводные локальные вычислительные сети связи. Новости мониторинговых решений** НАДЕЖДА ЛЮБИМАЯ
- №7 / стр. 14 **Одномолекулярные аналоги электронных компонентов. Часть 1. Перенос заряда через одну молекулу** ВИКТОР АЛЕКСЕЕВ
- №7 / стр. 24 **Объединение человека и машины для совершенствования полупроводниковых технологий** КЕРЕН КАНАРИК, ВОЙЦЕХ ОСОВЕЦКИЙ, Ю ЛУ И ДРУГИЕ. ПЕРЕВОД: АЛЕКСАНДР МАЛЫГИН
- №7 / стр. 30 **Электронные системы фиксации сейсмической активности, сейсмометры, геофоны и датчики в системах контроля и безопасности** АНТТИ СУОМАЛАЙНЕН

- №7 / стр. 40 **Электронный самоликвидирующийся стимулятор восстановления повреждённых тканей на основе PLGA. Опыт США и России** АНДРЕЙ КАШКАРОВ
- №8 / стр. 6 **Одномолекулярные аналоги электронных компонентов. Часть 2. Одномолекулярные аналоги классических электронных компонентов** ВИКТОР АЛЕКСЕЕВ
- №9 / стр. 6 **Заглянем под капот FX-RTOS** ДМИТРИЙ АЛЕКСЕЕВ

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- №2 / стр. 24 **Электронные датчики потока, протока и реле для производственных линий, магистралей и бытовых услуг. Обзор** АНДРЕЙ ЛАСОРЛА
- №2 / стр. 32 **Щелевые оптические датчики положения для современной электронной техники. Обзор** АНТТИ СУОМАЛАЙНЕН
- №2 / стр. 39 **Тензодатчики и тензорезисторы для вендинговых аппаратов и современной РЗА** АНДРЕЙ ЛАСОРЛА
- №2 / стр. 48 **Универсализация микросхем логики через повышение степени интеграции** КАРИНА АБАГЯН, АНДРЕЙ ДЕНИСОВ
- №3 / стр. 16 **Приборы со статической индукцией** ЮРИЙ МАКСИМЕНКО, ВИКТОРИЯ ГРАБЕЖОВА
- №3 / стр. 24 **Инерциальные модули ГKB в системе наведения антенн SOTM** АЛЕКСАНДР БЕКМАЧЕВ, АНДРЕЙ МИХЕЕВ, АЛЕКСАНДР ГАЛКИН
- №4 / стр. 12 **ПЛИС фирмы Gowin Semiconductor: номенклатура, характеристики, разработка приложений** ПАВЕЛ РЕДЬКИН
- №4 / стр. 24 **Мощный высоковольтный транзистор со статической индукцией КП926А, Б** ЮРИЙ МАКСИМЕНКО
- №5 / стр. 30 **ПЛИС фирмы Gowin Semiconductor: номенклатура, характеристики, разработка приложений. Часть 2. Средства аппаратной поддержки ПЛИС GOWIN** ПАВЕЛ РЕДЬКИН
- №5 / стр. 40 **Современные продукты компании Microchip. Особенности 32-разрядных микроконтроллеров семейства SAM** ЮРИЙ ПЕТРОПАВЛОВСКИЙ
- №5 / стр. 48 **Гибкие миниатюрные радиочастотные соединители FMC для печатных плат** КИВА ДЖУРИНСКИЙ
- №5 / стр. 52 **Тиристор со статической индукцией с повышенным быстродействием** ЮРИЙ МАКСИМЕНКО, ВИКТОРИЯ ГРАБЕЖОВА, АЛЕКСАНДР ГОРДЕЕВ
- №6 / стр. 14 **Летать? Легко! Датчики КТР для беспилотников** АЛЕКСАНДР БЕКМАЧЕВ
- №7 / стр. 44 **Тензодатчики деформации и акселерометры FBG-технологии с волоконно-оптической связью** НАДЕЖДА МОРОЗОВАТАЯ
- №7 / стр. 52 **ПЛИС фирмы Gowin Semiconductor. Часть 3. Инструментальные средства программной поддержки и разработка аппаратной части проектов ПЛИС GOWIN** ПАВЕЛ РЕДЬКИН
- №7 / стр. 60 **Новые DC/DC-конвертеры на DIN-рейку MEAN WELL для высоковольтных сетей постоянного тока** ИГОРЬ ЕЛИСЕЕВ
- №8 / стр. 18 **ПЛИС фирмы Gowin Semiconductor: номенклатура, характеристики, разработка приложений. Часть 4. Программные процессорные IP-ядра ПЛИС GOWIN, разработка программной и аппаратной части проектов ПЛИС** ПАВЕЛ РЕДЬКИН
- №8 / стр. 28 **Миниатюрные помехоподавляющие фильтры СВЧ-диапазона частот** КИВА ДЖУРИНСКИЙ
- №9 / стр. 10 **Отечественная и зарубежная техническая информация о радиочастотных соединениях. Терминология и не только** КИВА ДЖУРИНСКИЙ
- №9 / стр. 14 **Современные алюминиевые, полимерные, гибридные конденсаторы и ионисторы компании LELON Electronics** ЮРИЙ ПЕТРОПАВЛОВСКИЙ

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

- №1 / стр. 46 **Автоматизация светофора** СЕРГЕЙ ШИШКИН
- №1 / стр. 52 **Применение дисплея DES E-ink в барометре-термометре-гигрометре с гистограммой изменения давления за неделю** АЛЕКСЕЙ КУЗЬМИНОВ
- №1 / стр. 58 **Технология конвективной сушки пиломатериалов на основе метода корреляционного анализа** СЕРГЕЙ ГАЕВ, АЛЕКСАНДР КУЗНЕЦОВ, МАРИЯ БАХМЕТЬЕВА
- №2 / стр. 52 **Разработка портативного устройства и комплекса программ для тестирования и настройки многофункциональных аварийных вычислителей-регистраторов** АНДРЕЙ ВАСЕНЕВ
- №2 / стр. 54 **Причины температурного перегрева электронных компонентов и пути инженерных решений**
АНТТИ ЭС
- №2 / стр. 60 **Синхронная запись АЧХ поля атмосфериков на разнесённых по широте авроральных обсерваториях (экспериментальные данные)** АЛЕКСЕЙ ГАЛАХОВ, АЛЕКСЕЙ ГАЛКИН
- №6 / стр. 24 **«Тройник» для интерфейса 1-WIRE** АНДРЕЙ ШАБРОНОВ
- №6 / стр. 28 **Генератор гармонических колебаний звукового диапазона на базе синтезатора частоты AD9837B, микроконтроллера EFM8SB10 и LCD Nokia-5110 с батарейным питанием**
АЛЕКСЕЙ КУЗЬМИНОВ
- №8 / стр. 34 **Программируемое СДУ и виртуальный симулятор** АЛЕКСАНДР ОДИНЕЦ
- №8 / стр. 42 **Современный способ изготовления двусторонних печатных плат с высоким разрешением своими силами. Часть 1** АЛЕКСЕЙ КУЗЬМИНОВ
- №8 / стр. 48 **Управление моторизованными приводами с шаговыми двигателями по сетевому интерфейсу** СЕРГЕЙ ШИШКИН
- №9 / стр. 20 **Проблематика влагостойкости РЭА. Усиление защиты доступными способами** АНДРЕЙ ЛАСОРЛА
- №9 / стр. 30 **Функциональный модуль на базе программируемого реле для управления актуатором, моторизованным затвором и многооборотным электроприводом** СЕРГЕЙ ШИШКИН
- №9 / стр. 36 **Современный способ изготовления двусторонних печатных плат с высоким разрешением своими силами. Часть 2** АЛЕКСЕЙ КУЗЬМИНОВ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- №3 / стр. 8 **Практические приёмы эффективной работы в САПР Delta Design** АНАСТАСИЯ ЧЕКМАНОВА
- №3 / стр. 12 **Библиотека HDL-тестов для систем моделирования цифровой аппаратуры. Отечественная САПР проектирования микроэлектроники. Часть 1** АРКАДИЙ ПОЛЯКОВ, НИКИТА МАЛЫШЕВ
- №4 / стр. 8 **Сравнение систем цифрового моделирования электронной аппаратуры** НИКИТА МАЛЫШЕВ,
АРКАДИЙ ПОЛЯКОВ
- №6 / стр. 40 **Что вас ждёт при переходе с Altium Designer на Delta Design** ЕГОР ЧИРИКОВ
- №6 / стр. 46 **Новый шаг к сквозному проектированию в приборостроении** ВИКТОР МУРУГОВ, ЛЕВ ТЕВЕРОВСКИЙ
- №8 / стр. 54 **Схемотехнический способ работы с системой цифрового моделирования САПР Delta Design Sintera** НИКИТА МАЛЫШЕВ, АРКАДИЙ ПОЛЯКОВ

- №8 / стр. 60 **Оценка подавления синфазных и дифференциальных помех в сетевых фильтрах с применением осциллографов Rigol серии DS70000** НИКОЛАЙ ЛЕМЕШКО, МИХАИЛ ГОРЕЛКИН
- №8 / стр. 70 **Типовой интегрированный маршрут проектирования 3D-принтера в отечественном PLM-комплексе** ДМИТРИЙ ВОРУНИЧЕВ
- №9 / стр. 40 **Методы расчёта волнового сопротивления линий передач на печатных платах** ВИКТОР УХИН, ВЯЧЕСЛАВ КУХАРУК, ДМИТРИЙ КОЛОМЕНСКИЙ, ОЛЬГА СМИРНОВА
- №9 / стр. 43 **Сравнение результатов расчётов волнового сопротивления линий передач на печатных платах** ВЯЧЕСЛАВ КУХАРУК, ДМИТРИЙ КОЛОМЕНСКИЙ, ВИКТОР УХИН, ОЛЬГА СМИРНОВА

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

- №1 / стр. 62 **Испытания бесплатформенных инерциальных навигационных систем** МАТВЕЙ УЛЬЯНОВ
- №5 / стр. 58 **Ионизирующее излучение космического пространства и конструирование радиационно-стойких приборов для систем управления космическими аппаратами. Часть 1** СЕРГЕЙ КРАВЧУК, ВЛАДИМИР СОКОЛОВ, ОКСАНА ВОВК, МИХАИЛ МАРЧЕНКО, ДМИТРИЙ ШЕЛОМАНОВ
- №6 / стр. 50 **Поле атмосфериков и сейсмическая активность** АЛЕКСЕЙ ГАЛАХОВ
- №9 / стр. 46 **Импедансный подход к анализу индуктивных компонентов** АЛЕКСАНДР ЕМЕЛЬЯНОВ

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

- №1 / стр. 7 **Борноволокнов Эдуард Павлович. Инженер, редактор, разработчик, популяризатор радиоэлектроники** АНДРЕЙ КАШКАРОВ

КОМПЕТЕНТНОЕ МНЕНИЕ

- №4 / стр. 58 **Рынок контрольно-измерительного оборудования в России: работа в условиях жёстких ограничений** РУСЛАН ТЮКАЕВ
- №4 / стр. 60 **Реализация цифрового и промышленного суверенитета страны: возможности и перспективы** БОРИС СПИРИДОНОВ
- №5 / стр. 37 **Замещение человеческого участия и тенденции искусственного интеллекта. Прогноз на 2023-й и последующие годы** АНТТИ СУОМАЛАЙНЕН
- №6 / стр. 54 **Кадры для отраслей промавтоматизации и электроники** МИХАИЛ САНДЛЕРМАН
- №6 / стр. 56 **Проблематика импортозамещения в производстве РЭА и ПО** АНДРЕЙ КАШКАРОВ
- №9 / стр. 50 **Истории инженера-технолога: борьба с контрафактом** ИЛЬДАР ЗАКИРОВ
- №9 / стр. 57 **Как КНР развивает элементную базу и РЭА в космосе** АНДРЕЙ КАШКАРОВ
- №9 / стр. 62 **Новые ворота в Азию: обзор возможностей переноса производства РЭА во Вьетнам** АНДРЕЙ КАШКАРОВ

СВОДНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

- № 9 / стр. 68 **СВОДНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛА ЗА 2023 ГОД**

Физическим лицам для получения печатной версии журнала в 2024 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 2024 год | 9 номеров в год | 9 000,00 |

ООО «СТА-ПРЕСС»
ИНН: 7726208996, КПП: 772801001,
ОГРН 1037739253100,
ПАО АКБ «АВАНГАРД», БИК 044525201,
к/сч 30101810000000000201,
р/сч 40702810100070000708.

Счет на оплату № ПЮ02-2023 от 15 ноября 2023 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 № ПЮ02-2023 от 15 ноября 2023 г.**

| № | Товары (работы, услуги) | Кол-во | Ед. | Цена | Сумма |
|---|--|--------|-----|---------|----------|
| 1 | Подписка на журнал «СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА» на 2024 год | 9 | шт | 1000,00 | 9 000,00 |

Итого: 9 000,00
В том числе НДС: 818,19
Всего к оплате: 9 000,00

Всего наименований 1, на сумму 9000,00 руб.
Девять тысяч рублей 00 копеек

Внимание!

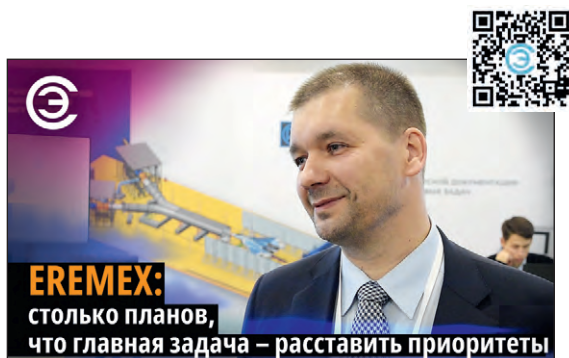
При оплате счёта укажите в платёжном поручении в графе «Назначение платежа» полный адрес доставки (с почтовым индексом), телефон для связи (с кодом города), контактное лицо, e-mail.

Оплата данного счёта означает согласие с условиями поставки товара.

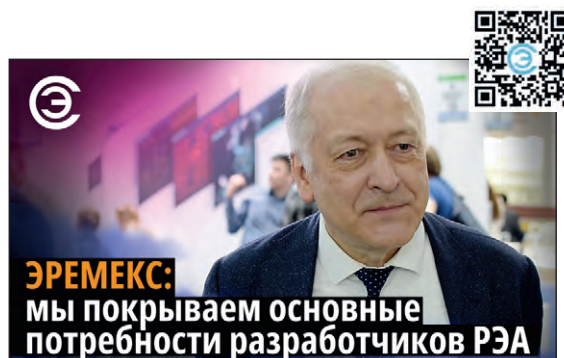
Руководитель


Седов К. В.

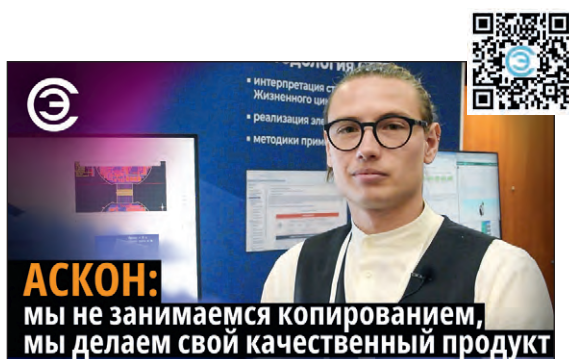
Смотрите на канале **СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**



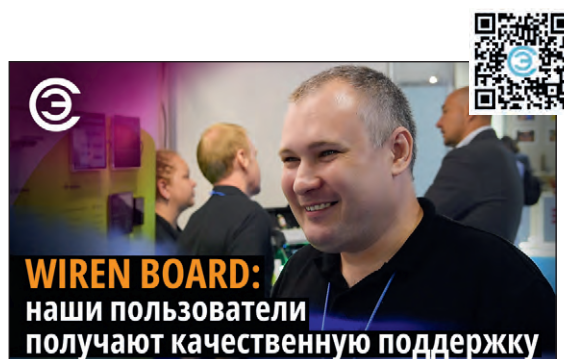
Интервью с Сергеем Рыбкиным,
начальником отдела управления проектами
ЭРЕМЕКС



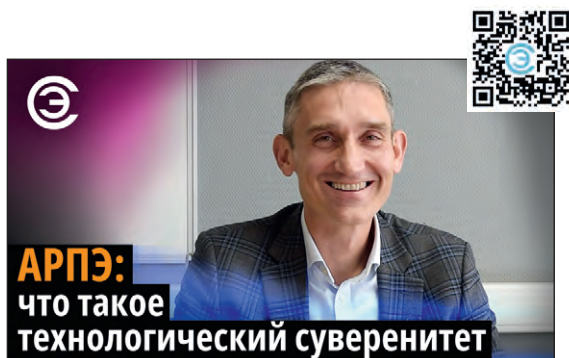
Интервью с Сергеем Сорокиным,
генеральным директором ООО «Эремекс»



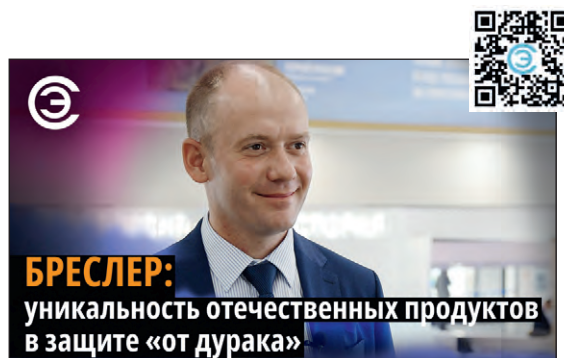
Интервью с Алексеем Маландиным,
руководителем направления Приборостроение,
АСКОН



Интервью с Александром Дегтяревым,
компания Wiren Board



Интервью с Иваном Покровским,
исполнительным директором Ассоциации
российских разработчиков и производителей
электроники АРПЭ



Интервью с Евгением Николаевым,
техническим директором БРЕСЛЕР

ЦПО

WWW.PROSHOES.RU

АНТИСТАТИЧЕСКАЯ ОБУВЬ

Защита электроники от электростатических разрядов

- Соответствует стандартам IEC 61340
- Проверено испытаниями
- Качество материалов и комфорт для ног
- Произведено в России
- Делаем обувь с 2000 года



www.proshoes.ru +7 (495) 988-1997

107370, г. Москва, Открытое шоссе, 14, офис 2/6

Реклама