

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

WWW.SOEL.RU

8

2021

YouTube



**О РАДИОФОТОНИКЕ,
НАЦИОНАЛЬНОЙ ВАЛЮТЕ И СТЕКЛЯННЫХ БУСАХ**



В номере:

1-Wire:
скрытые резервы и возможности

**Продолжаем изучать
Proteus:**
работа с USART

Очерки из жизни:
к 75-летию юбилею Владимира Бартенева

Анализ ЛАФЧХ:
диаграммы Боде и оценка
устойчивости систем



ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

АО «ТЕСТПРИБОР» ПРОВОДИТ ИСПЫТАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ НА ЭМС

Преимущества:

- ✓ ИЛ ЭМС аккредитована в системах «Военный регистр» и «АР МАК»
- ✓ Наличие всего необходимого оборудования и средств измерений
- ✓ Высококвалифицированный персонал
- ✓ Возможность проведения выездных испытаний на территории Заказчика
- ✓ Возможность проведения исследовательских испытаний

ВИДЫ РАБОТ (ИСПЫТАНИЙ)

- Устойчивость к изменениям в системе электропитания
- Восприимчивость к кондуктивным помехам
- Измерение уровня электромагнитных помех
- Устойчивость к воздействию электростатических разрядов, переменных электрических и магнитных полей
- Измерение коэффициента экранирования различных материалов
- Разработка программ и методик проведения испытаний
- Испытания по ТЗ заказчика

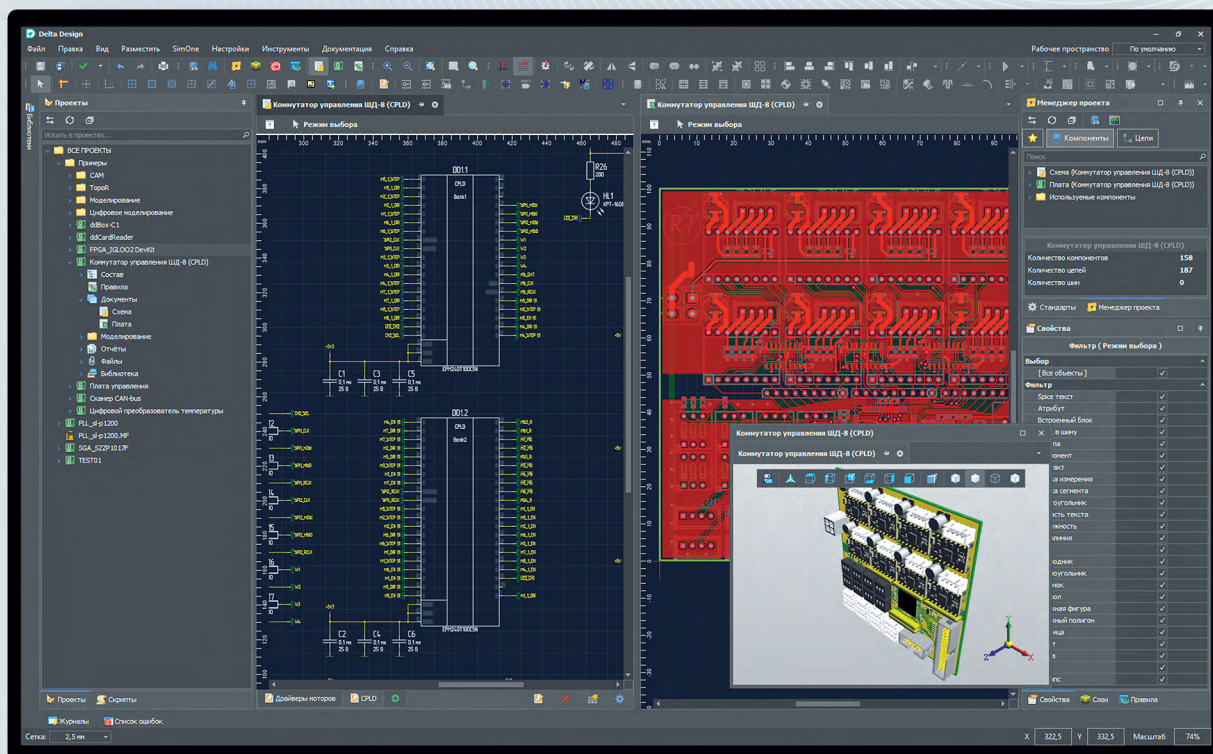




DeltaDesign 3.5

АНОНС - АНОНС - АНОНС - АНОНС - АНОНС - АНОНС

Новая версия российской САПР электроники



Импорт данных из
Mentor PADS и Altium Designer



Поддержка нескольких
вариантов трассировки



Обновленный интерфейс
в новой оболочке



Новая функциональность схемотехнического
редактора и редактора печатных плат

! Чтобы получить консультацию по новой версии и внедрить САПР Delta Design на вашем предприятии, обратитесь к специалистам Эремекс



Здравствуйте, уважаемые друзья!

Многие из ныне разрабатываемых технологий в области ИТ и микроэлектроники способны кардинальным образом изменить мир. Причём произойдёт это во вполне обозримой перспективе.

Глубокое обучение нейросетей, роботы и Индустрия 4.0, дополненная реальность, распространение компьютерного зрения во всех сферах, распределённая инфраструктура в сочетании с облачными и «граничными» вычислениями, цифровые двойники и промышленная 3/4D-печать: развитие этих технологий до 2025 года должно привести к тому, что до 50% нынешней ручной работы на фабриках будет полностью автоматизировано. Самообучающиеся, гибко конфигурируемые роботы смогут контролировать процессы, выходящие за традиционно отводимые механизмам на производстве рамки, что приведёт к высвобождению людей. Более 75% вычислений будет производиться в облаке либо непосредственно в устройствах «на переднем крае». Благодаря этому широкая доступность облачной ИТ-инфраструктуры и услуг сделает ненужными дорогостоящие и сложные в обслуживании локальные ИТ-сервисы. Успехи в обработке натуральных языков и синтезе речи приведут к совершенствованию голосовых ассистентов с ИИ-функциональностью. Это позволит резко повысить качество обслуживания и персонализацию предоставляемых услуг. Компьютерное моделирование и 3/4D-печать резко сократят циклы создания уникальных изделий и повысят гибкость производств. Квантовые и нейроморфные процессоры – потенциальный рынок этих технологий трудно даже представить. Несравненно более высокие вычислительные возможности квантовых процессоров позволят проектировать материалы на молекулярном уровне, создавая новые лекарственные препараты, разрабатывать персонализированные продукты, станут ключом в мир беспилотного транспорта, помогут в деталях моделировать самые сложные процессы. Есть оценки, согласно которым к 2035 году стоимость рынка вычислителей нового типа превысит триллион долларов США. Здесь же надо упомянуть и концепцию Software 2.0 – следующий после нейросетей шаг к разумным машинам. Ожидается, что эта технология снизит затраты на производство нового ПО примерно в 30 раз, позволяя разработчикам концентрироваться на предметной области, абстрагировавшись от написания и отладки кода. В сочетании с огромным приростом производительности «железа» это даст поистине фантастический эффект.

Массовое внедрение 5G для коммуникации устройств IoT в реальном времени и более чем 80% охват населения Земли быстрыми и надёжными беспроводными сетями уже к 2030 году качественно изменят общественный уклад: будут создаваться новые услуги и бизнес-модели, такие как дистанционное наблюдение за пациентами и дистанционная хирургия, подключённые услуги, виртуальная реальность в реальном времени. Уже к 2027 году около 10% мирового ВВП будет обслуживаться сетями на основе технологий блокчейна (zero-trust security). Это повысит кибербезопасность – большое место современной сетевой инфраструктуры.

Описанные тренды затронут все высокотехнологичные сектора промышленности. Из этого следует, что своевременная оценка потенциала высоких технологий обеспечит рост компаний, внедряющих инновации быстрее других. Именно они «снимут сливки» с новых рынков. А где же в этой гонке место России? Читайте об этом в «Современной электронике».

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. Бабичук

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: 119313, Москва, а/я 26

Тел.: (495) 232-00-87 • Факс: (495) 232-16-53
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, 2021

ПОДПИСКА

БЕСПЛАТНАЯ ПОДПИСКА ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ
на электронную версию журнала теперь
СТАЛА БЕССРОЧНОЙ

ПОДПИСКА на печатную версию –
это гарантированное получение журнала
по любому указанному вами адресу!

С УСЛОВИЯМИ ОФОРМЛЕНИЯ ПОДПИСКИ
можно ознакомиться на сайте www.soel.ru

РЕКЛАМОДАТЕЛИ

Beneq (Lumineq)	46
CREE (RFcore)	23
Delta Design	1
Dolomant	33
JTAG	49
Keysight	4 стр. обл.
MICROMETALS	60
NSI, iKEY, InduKey	48
Rohde&Schwarz	21
TDK-Lambda	7
ИНЭК	4
КУЛОН	6
МОРИОН	6
ПЛАТАН	6
Протон-Импульс	4, 25
Тестприбор	2 стр. обл., 9
ЭРКОН	5

Читайте в «СТА» № 4/2021:

Не обманешь, не пройдёшь:
биометрия становится умнее

COVID ИИ не страшен: как современные
технологии спасают жизни

Хотят ли вещи в Интернет: пандемия
и связь без проводов

РЕГУЛИРУЕМ с гарантией:
высоконадёжная АСУ ТП – это просто

О качестве питания: электроснабжение
на высоте – от шахты до ЦОД



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

РЫНОК

4 Новости российского рынка

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

10 Тестирование работы технологии «eSIM M2M»

Батор Батуев

12 Оптимизация производства, которая привела HARTING Technology Group к успеху

Ольга Романовская

ИНСТРУМЕНТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

14 Использование опции построения диаграмм Боде R&S RTM-K36 для измерения импеданса первичных преобразователей ультразвуковых расходомеров

Николай Лемешко, Михаил Горелкин, Павел Струнин

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

22 Замена DS2409 на 12F629

Андрей Шабронов

28 Четырёхканальный ретранслятор 1-Wire на основе 12F629

Андрей Шабронов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

34 Работа с универсальным синхронно/асинхронным приёмопередатчиком USART в программной среде Proteus 8.11

Татьяна Колесникова

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

50 Радиофотоника – передний край обороны страны

Алексей Галицын, Владимир Егоров, Евгений Егоров

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

66 Несколько очерков из моей жизни

Владимир Бартнев

Новости российского рынка

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

Поставки высоконадёжных соединителей для решения задач радиоэлектронной промышленности

ООО «ИНЭК» является поставщиком ЭКБ для производства радиотехнического оборудования, а также оказывает инженерную поддержку на всех этапах проектирования изделий заказчика. Обширная программа поставки включает в себя активные, пассивные, ВЧ/СВЧ компоненты, измерительное и электромеханическое оборудование, встраиваемые вычислительные системы и системы отображения информации и другое сопутствующее оборудование.

В настоящий момент перспективными направлениями поставок ЭКБ остаются предприятия ВПК. Эта информация подтверждается проведёнными нами исследованиями и данными из открытых источников: «К концу 2023 года уровень современного вооружения и техники вырастет до 72,9%, а объём инвестиций по предварительным оценкам составит 21 трлн руб.». Это говорит о возрастающей потребности рынка. Для удов-



летворения этой потребности «ИНЭК» выполняет поиск и аудит новых партнёров в части производства, разработки и поставки ЭКБ, что позволяет сокращать сроки и сохранять конкурентный уровень цен.

Одним из таких партнёров является компания HLT (Huang Liang Technologies Co. Ltd), которая специализируется на разработке и производстве высокочастотных соединителей, адаптеров и кабельных сборок. Продукция HLT применяется для производства радиолокационных комплексов, систем связи, телерадиовещания. Фабрика находится на Тайване, что позволяет гаранти-

ровать стабильность поставок в условиях влияния западных санкций.

Компания «ИНЭК» совместно с отделом разработки производителя предоставляет техническую поддержку по любому вопросу, связанному с применением продукции HLT в изделии, протоколы испытаний, а также оказывает помощь в разработке и производстве разъемов по ТЗ заказчика.

Среди таких изделий стоит отметить разъемы, герметичные по гелию со степенью герметичности 10^{-7} атм·см³/с, виброустойчивые, с метрической резьбой, а также гермовводы (glass beads) и фазостабилизаторы кабельных сборок. Компания имеет уникальную серию изделий: коаксиальные адаптеры UNI-adapters и соединители, монтируемые на плату с механизмом быстрой фиксации. Продукция HLT подойдёт для решения практически любых задач производства высокочастотных изделий с рабочей частотой до 110 ГГц.

www.innek.ru
contact@innек.ru
 +7 (812) 200-40-37

Новое поколение твердотельных реле

ЗАО «Протон-Импульс» – ведущий разработчик и производитель твердотельных реле в России продолжает совершенствовать конструкцию, технологию сборки и производства, улучшает дизайн выпускаемых изделий.

Новое поколение твердотельных реле серии «Энергия» включает в себя целый ряд новаций и улучшений, которые сделают твердотельные реле удобнее для потребителя и надёжнее в эксплуатации.

Реле серии «Энергия» – это лучшее современное решение для коммутации резистивной (нагревательных элементов) и ёмкостной нагрузки, электродвигателей небольшой мощности. Имеются модификации для управления индуктивной нагрузкой, с малым током управления, с функциями диагностики реле и нагрузки и обратной связи.

Новые реле стали меньше по высоте, компактнее, их просто приятно держать в руках. Применённые конструктивные решения надёжно соединяют верхнюю крышку корпуса и радиатор, исключают смещение верхней крышки корпуса относительно нижней, её отрыв. Благодаря переходу на сборку кристаллов силовых элементов

на DCB-керамике снижено тепловое сопротивление на 30%, что уменьшает рабочую температуру силовых элементов и повышает их надёжность.

В результате внедрения широких барьеров для каждого силового выхода появилась возможность использовать наконечники стандартных типоразмеров для соединения проводов сечением до 15 мм². Это повысило удобство монтажа (наконечниками) и электробезопасность при эксплуатации.



Вместо винтов с круглой шайбой применяется винтовое соединение с квадратной несъёмной шайбой. Теперь шайба не потеряется, не провернётся, а благодаря насечкам на её нижней поверхности соединение проводом стало более надёжным.

Применение прозрачной крышки защищает от возможного поражения электрическим током и обеспечивает защиту от попадания инородных тел (твёрдых частиц) размером более 12 мм.

Автоматизированный контроль электрических параметров исключает человеческий фактор при приёмо-сдаточных испытаниях и гарантирует высочайшее качество.

Теперь твердотельные реле производства «Протон-Импульс» не уступают импортным аналогам ни в конструкции, ни в дизайне, ни в технологии, а их цена и надёжность обеспечивают конкурентные преимущества твердотельных реле российского производства как внутри страны, так и за её пределами.

Доступные для заказа твердотельные реле нового поколения:

- реле однофазные переменного тока на токи 10, 25, 40, 63, 80, 100, 125 А / 800, 1200 В с коммутацией в нуле (для резистивной нагрузки) и в случайный момент времени (для активно-индуктивной нагрузки) с управлением 3...32 В пост. тока, 90...250 В пер. тока, 10...25 мА;
- реле двухфазные переменного тока на токи 25, 50, 63 А / 1200 В с коммутацией в нуле (для резистивной нагрузки) и управлением 7,5...25 В пост. тока.

www.proton-impuls.ru
 +7 (4862) 303-324 доб.300

Высоконадёжные чип-индуктивности для поверхностного монтажа

АО «НПО «ЭРКОН» разработало серию ВЧ и СВЧ чип-индуктивностей типа КИК1 новых типоразмеров 1008 и 1206, предназначенных для эксплуатации в высоконадежной аппаратуре с длительным сроком функционирования.

Основные характеристики чип-индуктивностей для поверхностного монтажа КИК1:

- работоспособность в условиях глубокого вакуума при атмосферном давлении 10–6 мм рт. ст. в номинальном режиме при $I = I_{\text{доп}}$ и поддержании температуры контактных площадок $t_{\text{кп}} \leq 125^\circ\text{C}$;
- типоразмеры: 0402, 0603, 0805, 1008, 1206;
- номинальная индуктивность: 1 нГн ... 10 мкГн;
- допускаемое отклонение индуктивности: $\pm 2\%$; $\pm 5\%$; $\pm 10\%$;
- добротность: не менее 13;
- минимальная резонансная частота: 0,02...12,9 ГГц;
- сопротивление обмотки постоянному току: не более 0,03...17 Ом;

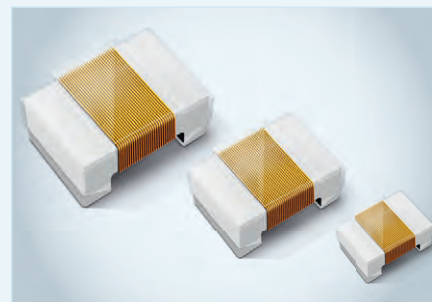
Типоразмер миллиметрах (в дюймах)	Номинальная индуктивность, нГн	Допускаемое отклонение индуктивности, %	Минимальная добротность	Минимальная резонансная частота, ГГц	Максимальное сопротивление обмотки, Ом	Допустимый ток обмотки $I_{\text{доп}}$, мА
1005 (0402)	1...150	± 2 ; ± 5 ; ± 10	13...25	1,16...12,9	0,045...2,2	30...1360
1608 (0603)	1,6...420	± 2 ; ± 5 ; ± 10	16...40	0,68...12,5	0,03...4,45	100...700
2012 (0805)	2,8...10 000	± 2 ; ± 5 ; ± 10	17...65	0,05...12,2	0,06...17	40...800
2520 (1008)	10...8200	± 2 ; ± 5 ; ± 10	16...65	0,025...4,1	0,08...6	170...1000
3216 (1206)	3,3...1200	± 2 ; ± 5 ; ± 10	30...60	0,38...6,2	0,05...3,2	300...1000

Режим эксплуатации при атмосферном давлении 10–6 мм рт. ст.	Гамма-процентная наработка до отказа (Тγ), ч	Изменение параметра- критерия годности, не более	Гамма
$I = I_{\text{доп}}$, $t_{\text{кп}} = 125^\circ\text{C}$	50 000	δL не более $\pm 15\%$	99,5%
$I = 0,5 I_{\text{доп}}$, $t_{\text{кп}} = 125^\circ\text{C}$	150 000		
$I = 0,1 I_{\text{доп}}$, $t_{\text{кп}} = 70^\circ\text{C}$	260 000		
Хранение	30 лет	δL не более $\pm 10\%$	99%

- допустимый ток обмотки: до 1360 мА;
- диапазон рабочих температур: -60°C ... $+140^\circ\text{C}$.

Чип-индуктивности подвергаются электрическим и температурным тренировкам, в процессе которых проходят тщательную отбраковку.

Более подробная информация о новинках и серийно выпускаемой продукции представлена на сайте www.erkon-nn.ru.



Акционерное общество

ЭРКОН

Научно-производственное объединение

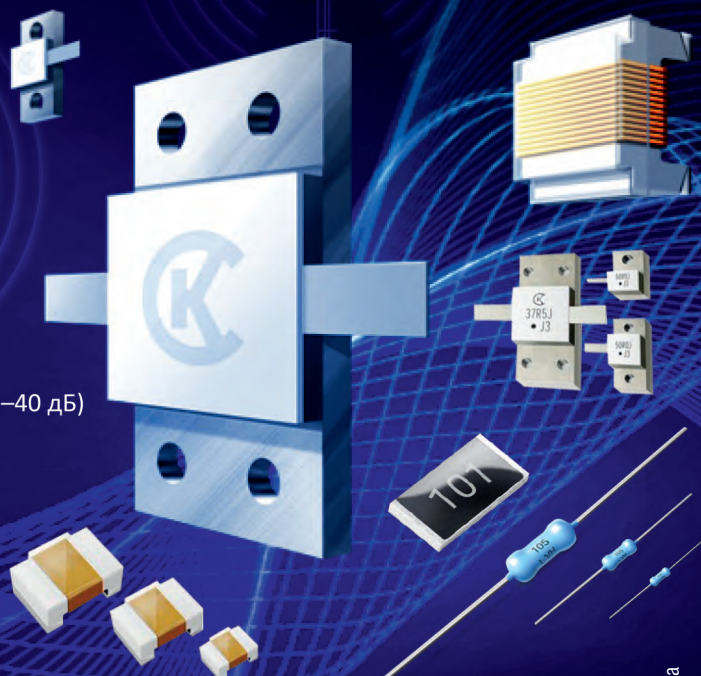
**ПРОИЗВОДСТВО, РАЗРАБОТКА
И ПОСТАВКА ПОСТОЯННЫХ
РЕЗИСТОРОВ, АТТЕНУАТОРОВ
И ЧИП-ИНДУКТИВНОСТЕЙ**

- Современная производственная база
- Высокое качество
- Индивидуальный подход к потребителю

НОВИНКИ

Аттенуатор (поглотитель) ПР1-25 (150 Вт, 500 Вт от 3–40 дБ)
Резистор сверхвысокочастотный Р1-160 (до 40 ГГц)
Мощный резистор Р1-170 (до 1000 Вт)

603104, г. Нижний Новгород, ул. Нартова, д. 6
тел.: (831) 202-24-34 (многоканальный),
(831) 202-25-52 (отдел продаж)
e-mail: info@erkon-nn.com
www.erkon-nn.ru



Улучшенный простой тактовый кварцевый генератор для поверхностного монтажа ГК413-ТК от АО «МОРИОН» (г. Санкт-Петербург)

АО «МОРИОН» (Санкт-Петербург) – ведущее предприятие России и один из мировых лидеров в области разработки и серийного производства пьезоэлектронных приборов стабилизации и селекции частоты – представляет новый улучшенный простой тактовый кварцевый генератор для поверхностного монтажа ГК413-ТК категории качества ВП.

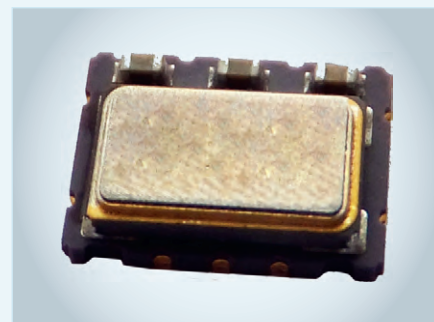
Основные параметры микрогенератора:

- Напряжение питания 3,3; 5,0 В;
- Температурная нестабильность частоты ($-60...+85^{\circ}\text{C}$) $\pm 10,0 \times 10^{-6}$;
- Ток потребления (50 МГц) < 12 мА;
- Спецфакторы 7И (4Ус), 7С (4Ус), 7К;
- Нарботка 100 тыс. ч.

Габаритные размеры генераторов: 7,0×5,0×2,0 (75); 5,0×3,2×1,9 (53) мм.

Низкая G-чувствительность. Выход на режим $\pm 5,0 \times 10^{-6}$ за 0,1 с.

Дополнительная информация о новом приборе доступна на сайте АО «МОРИОН».



www.morion.com.ru

sale@morion.com.ru

+7 (812) 350-75-72

+7 (812) 350-92-43

Теплопроводящие подложки 5 Вт 5519 3М

Мягкие и конформные теплопроводящие подложки от компании 3М предоставляют самый высокий уровень проводимости для ответственных применений в электронной промышленности. Подложки удобны в транспортировке и монтаже, они легко нарезаются в любой нужный размер или форму.

Подложка 5519 – это керамическая подложка средней степени мягкости с очень высокой теплопроводностью 5 Вт/мК (ASTM D5470). Подложка состоит из слегка липкого кремниевого эластомера и теплопроводящего керамического наполнителя. Подложки предназначены для передачи тепла от источника нагрева к радиатору или охлаждающему устройству и продлевают срок службы компонента, повышая надёжность его характеристик.



Мягкость подложки и её достаточная толщина (1 мм) позволяют нивелировать неровность поверхности и обеспечивают превосходную смачиваемость, заполняя все искажения и впадины. Тонкий и липкий слой облегчает монтаж и выравнивание подложки при нанесении. Термоподложку 5519 можно использовать в бытовой электронике, автоэлектронике, светодиодном освещении, медицинской технике, комму-

никационном оборудовании и космической аппаратуре.

Подложки 5519 имеют рабочий температурный диапазон до 160°C , допускается кратковременный нагрев до 200°C (в течение нескольких часов или дней).

Технические особенности:

- очень высокая теплопроводность, 4,9 Вт/мК;
- твёрдость по Шору 00 = 70;
- хорошая мягкость и конформность даже на неровных поверхностях;
- хорошие диэлектрические характеристики;
- UL 94 V-0;
- стойкость к высоким температурам;
- два клейких слоя;
- толщина 1 мм;
- нарезка в любой размер и форму.

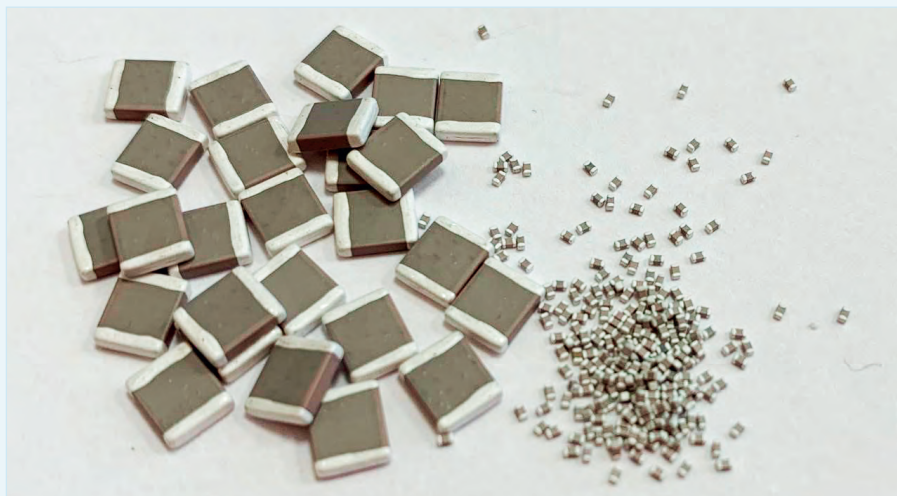
www.platan.ru

+7 (495) 97-000-99

Новые многослойные керамические конденсаторы для поверхностного монтажа производства ООО «Кулон»

ООО «Кулон» совместно с АО «НПЦ «СпецЭлектронСистемы» закончили разработку и освоение в серийном производстве многослойных керамических конденсаторов для поверхностного монтажа K10-90 типоразмеров 1005M, 1608M, 2012M, 3216M, 3225M, 4532M, 5750M. Значения номинальных ёмкостей соответствуют ряду E24 от 10 пФ до 0,15 мкФ для группы МП0 и ряду E12 от 220 пФ до 4,7 мкФ для группы Н30.

Разработанные ООО «Кулон» и АО «НПЦ «СпецЭлектронСистемы» низковольтные многослойные керамические конденсаторы K10-90 впервые в России имеют в линейке типоразмер 1005M (0402). Они предназначены для использования в аппаратуре военного назначения. Освоенные изделия являются функциональными аналогами изделий



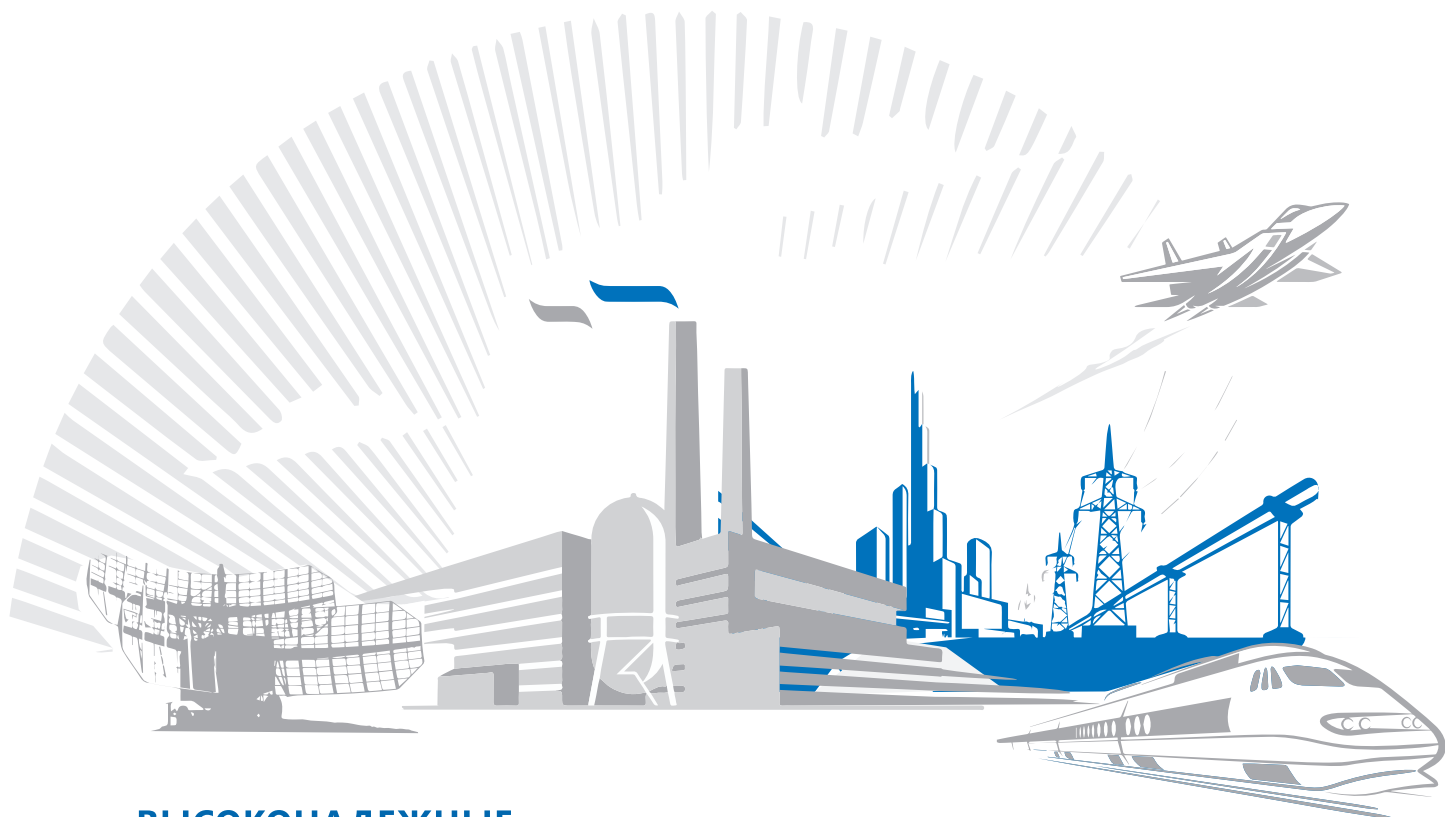
иностранного производства: конденсаторов серий GRM, GRJ, GMD фирмы Murata, серии С фирмы TDK, серий B379, B378 фирмы Epcos (Япония); серии CL фирмы Samsung (Республика Корея); серий С, ST фирмы HITANO (Тайвань); серии SV фирмы AVX

(США); прямые отечественные аналоги отсутствуют.

Начат серийный выпуск продукции, изделия внесены в Перечень ЭКБ.

www.kulon.spb.ru

+7 (812) 407-31-09



ВЫСОКОНАДЕЖНЫЕ МОДУЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ЖЕСТКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ



Серия HWS, HWS-A

- AC/DC-источники питания мощностью от 15 до 1560 Вт
- Ограниченная пожизненная гарантия
- Диапазон рабочих температур $-40...+70^{\circ}\text{C}$, конформное покрытие платы (модификация HD)
- Широкий диапазон выходных напряжений: от 3,3 до 60 В
- Работа в режиме пиковой мощности 300% в течение 5 с (модификация P)



Серия PFE, PFH

- AC/DC-преобразователи на плату от 300 до 1008 Вт
- Вход: 85–265 В AC, регулируемый выход: 12, 24, 48, 51 В DC
- Защиты от перенапряжений, перегрузки, перегрева
- Диапазон рабочих температур подложки $-40...+100^{\circ}\text{C}$
- Цифровое управление, обратная связь, поддержка PMBus™



Серия CN-A

- DC/DC-преобразователи на плату от 30 до 200 Вт
- Повышенная устойчивость к вибрациям, рекомендован для железнодорожного транспорта
- Диапазон рабочих температур $-40...+100^{\circ}\text{C}$ на подложке без снижения мощности
- Вход: 60–160 В DC или 14,4–36 В DC, выход: 5–24 В DC
- 5 лет гарантии



Серия HQA/GQA

- DC/DC-преобразователи на плату мощностью 85 и 120 Вт
- Ударные перегрузки до 50g
- Диапазон рабочих температур $-55 (-40)...+115^{\circ}\text{C}$
- Широкий диапазон входных напряжений: 9–40 В и 18–40 В DC
- Выходные напряжения: 5, 12, 15, 24, 28, 48 В DC
- КПД до 91,5%



СОБЫТИЯ

Конференция ЭКБ-2021

9 сентября состоялась юбилейная X Всероссийская научно-техническая конференция ЭКБ на тему «Актуальные вопросы обеспечения предприятий промышленности качественной электронной компонентной базой». Организатором мероприятия традиционно выступила компания «ТЕСТПРИБОР» совместно с АО «Российская электроника», АО «НИИМА «Прогресс», АО «ЦНИИ «Электроника» и АО «НИИП», при поддержке ФГУП МНИИРИП.

Тематика конференции охватила широкий спектр проблем производства и поставок качественной ЭКБ, проведения закупок в рамках 275-ФЗ, а также вопросы проведения испытаний и хранения ЭКБ.

Открыли работу конференции соорганизаторы мероприятия. Генеральный директор АО «ЦНИИ» «Электроника» А.В. Брыкин рассказал о проблемах формирования опережающих закупок с целью выполнения ГосОборонЗаказа. Главная проблема, по мнению докладчика, состоит в том, что ВП МО РФ отказывают согласовывать заявки на закупки сырья, полуфабрикатов и комплектующих изделий категорий качества «ВП», «ОС», «ОСМ», по причине отсутствия идентификатора госконтракта (ИГК). Следствием этого является сложность планирования технологических циклов производства финальных изделий по всей цепочке кооперации из-за позднего срока заключения госконтрактов, отсутствия финансирования по отдельным расчётным счетам, невозможности производства закупок до заключения контрактов с исполнителями и присвоения ИГК. Среди предложенных решений проблемы прозвучали как концептуальные, решаемые путём изменения законодательства,

так и практические, осуществимые применением специальных методик на этапе заключения контракта. Тему продолжил заместитель исполнительного директора АО «Ярославский радиозавод» А.А. Беляев, поведав об изготовлении запасных частей изделий космического назначения заводами изготовителями с реализацией опережающей закупки в рамках 275-ФЗ.

Во многих докладах были затронуты актуальные вопросы, такие как испытания ЭКБ в условиях COVID-19 (доклад заместителя руководителя директора НТЦ-1 Козюкова Александра Евгеньевича «Радиационные испытания ЭКБ в условиях COVID-19. Привнесённые тренды»), а также разработка и производство изделий СВЧ в условиях санкционных ограничений, одноимённый доклад по которому представили В.Н. Кочемасов, генеральный директор ООО «Радиокомп» и Р.П. Шовкопляс, заместитель генерального директора по производству. В рамках своего доклада А.Е. Козюков пришёл к выводам о том, что наблюдается общий тренд снижения испытаний на стойкость к ИИ, что COVID-19 ускорил развитие автоматизации процесса подготовки и проведения испытаний и что в условиях COVID-19 и снижения объёма испытаний ИЦ стремятся диверсифицировать свою деятельность за счёт иных направлений: медицины, РЭА и других видов испытаний.

Большой интерес вызвал доклад директора по маркетингу ООО «Миландр ЭК» А.Ю. Новосёлова, посвящённый актуальным вопросам, опыту и проблемам поставок отечественной электронно-компонентной базы специального применения.

О возможностях разработки, производства и проведения испытаний ЭКБ расска-

зали представители АО «Тестприбор», филиала АО «ОРКК» – «НИИ КП», АО «ЭНПО СПЭЛС», ООО «Остек-Электро» и ООО «ИПК «Электрон-Маш».

Начальник ИЛ ЭКБ АО «ТЕСТПРИБОР» П.И. Гребенщиков поговорил о рисках, связанных с неопределённостью в поставках, на что влияют и политические, и экономические, и экологические факторы. Всё это указывает на необходимость формирования страховых запасов, что, в свою очередь, напрямую связано с восстановлением производства РЭА, проведением технического обслуживания и ремонта, а также с модернизацией аппаратуры, в которой частично применяются устаревшие компоненты. Не менее полезным оказался и представленный инженером-разработчиком М.Н. Никитиным метод, позволяющий на этапе проектирования бортовой радиоэлектронной аппаратуры космического летательного аппарата (КЛА) определить возможность применения защитных экранов для достижения заданных уровней стойкости радиоэлектронных компонентов (РЭК), входящих в состав БРЭА, к воздействию ионизирующих излучений космического пространства (ИИ).

Крайне содержательным оказался доклад генерального директора АО «ЭНПО СПЭЛС» Д.В. Бойченко о трендах развития и трансформации испытательных центров в наши дни, в котором немалое внимание уделялось вопросам взаимодействия с заказчиками и концепции эволюционного развития и трансформации испытательного центра в Центр Компетенций и Услуг.

В этом году местом проведения мероприятия стал новый теплоход: двухпалубный «Артурс», оборудованный удобным конференц-залом, в котором и проходила конференция. На верхней же палубе участники имели возможность отдохнуть, а также обсудить между собой деловые вопросы. Помимо конференции, мероприятие включало в себя заселение в оздоровительный комплекс, торжественный вечер, угощения и развлекательную программу для гостей. АО «ТЕСТПРИБОР», организатор конференции, продолжает повышать уровень сервиса и удивлять участников приятными сюрпризами. Наверняка что-то не менее интересное приготовят они и для следующей конференции ЭКБ, которую мы, журнал «Современная электроника», оценивший качество проведения мероприятия, с нетерпением ждём!

Уже известно, что XI всероссийская научно-техническая конференция «ЭКБ-2022» пройдёт в III квартале 2022 года.





ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

АО «ТЕСТПРИБОР» ПРОВОДИТ СЕРТИФИКАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЭКБ

Преимущества:

- ✓ Безупречное качество всех выполняемых работ
- ✓ Конфиденциальность
- ✓ Независимая оценка
- ✓ Современное оборудование
- ✓ Квалифицированный инженерно-технический персонал

ВИДЫ РАБОТ

- Анализ применяемой ЭКБ, сбор и разработка технической документации
- 100% входной контроль и идентификация продукции
- 100% отбраковочные испытания
- 100% диагностический неразрушающий контроль
- Разработка программного обеспечения и методик сертификационных испытаний
- Климатические испытания
- Механические испытания
- Разработка и изготовление технологической оснастки



+7 (495) 657-87-37



tp@test-expert.ru
www.test-expert.ru



125480, г. Москва,
ул. Планерная, д. 7А

Тестирование работы технологии «eSIM M2M»

Батор Батуев (bator.batuev@simcom.com)

Компании SIMCom Wireless Solutions и МТС (Публичное акционерное общество «Мобильные ТелеСистемы») успешно проверили работу перспективной технологии «eSIM M2M» на ряде модулей сотовой связи 2G, LTE Cat.1, LTE Cat.4, LTE Cat.6 и LTE NB-IoT.

Компании SIMCom Wireless Solutions и МТС провели тестирование по смене абонентских профилей на eSIM по технологии «eSIM M2M» посредством модулей сотовой связи SIM7500E-L1C, SIM7600E-H1CD, SIM7906E-PCIE, SIM7070G и др. (список будет обновляться). Также была достигнута договорённость о совместной работе по продвижению и поддержке технологии «eSIM M2M».

Под термином eSIM (embedded SIM) подразумеваются две технологии, стандартизированные в GSMA: «eSIM M2M» [1] и «eSIM Consumer». Обе технологии позволяют удалённо загружать абонентский профиль (виртуальную SIM-карту) в память eSIM, но есть существенное отличие в том, как происходит инициализация загрузки абонентских профилей (см. рис. 1).

Технология «eSIM M2M» позволяет оператору загрузить абонентский профиль в оборудование по заявке абонента без его дальнейшего участия

или какой-либо активности со стороны оборудования. Загрузка профиля, его активация и контроль состояния – всё на операторе связи, в отличие от технологии eSIM Consumer (смартфоны), где инициация загрузки абонентского профиля выполняется со стороны абонента вручную путём сканирования QR-кода, что невозможно сделать, если абонентским устройством является оборудование IoT/M2M, такое как счётчики, сигнализации, GPS/GLONASS-трекеры и т.д. (см. рис. 2).

Благодаря тому, что eSIM M2M не предполагает каких-либо действий со стороны оборудования, его программное обеспечение можно никак не модифицировать: всё, что нужно, – подать питание, включить модуль сотовой связи и не выключать его, пока не обновится профиль.

eSIM поставляются в основном в виде микросхем – так называемых «eSIM-чипов» (корпус MFF2). Преимущества такого форм-фактора очевидны и логичны для M2M/IoT-устройств:

- для eSIM не нужен SIM-холдер, а значит, корпус устройства можно сделать герметичным и не нужно принимать специальных мер защиты от электростатического пробоя;

- размер всего 5×6 мм;
- широкий промышленный диапазон рабочих температур и устойчивость к термоциклированию;
- вибро- и удароустойчивость;
- исключена логистика и установка SIM-карт, всё впаивается сразу при производстве устройства;
- на конечном объекте исключён вандализм со стороны охотников за SIM-картами.

Для ясности надо сказать, что МТС уже много лет предлагает SIM-чипы для M2M рынка, но не стоит их путать с eSIM, так как в обычных SIM-чипах абонентский профиль жёстко записывается в память ещё на производстве. И в таком решении есть изъян: эти SIM-чипы на практике нереально переоформить на нового пользователя (см. рис. 3).

Сегодня для решения этой проблемы МТС предлагает «eSIM M2M». Производитель оборудования с «eSIM M2M» может заключить договор на оказание услуг связи, смонтировать eSIM на печатные платы устройств, провести тестирование и подключить бесплатную услугу специальной блокировки (остановка списания денег). На этом шаге производитель устройств может больше не беспокоиться о дебиторской задолженности перед оператором.

Далее конечный пользователь заключает с МТС договор на оказание услуг связи через персонального менеджера или форму обратной связи на сайте МТС, и оборудование

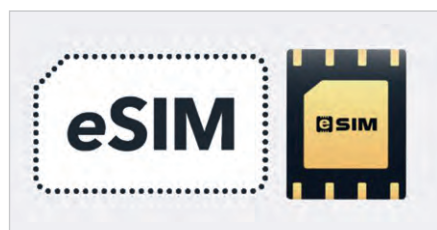


Рис. 1. Логотип eSIM и SIM-чип (MFF2)



Рис. 2. Направление контроля/управления



Рис. 3. Переход устройства с eSIM от производителя к пользователю

Листинг 1

```

RDY // Включение
+CPIN: READY
SMS DONE
PB DONE
AT+CPIN?
+CPIN: READY // eSIM готова
OK
AT+CICCID
+ICCID: 89701010069877052258 // CCID профиля №1
OK
AT+CREG=1
OK
AT+CGREG=1
OK
AT+CNMP=38 // Режим LTE Only
OK
AT+CPSI?
+CPSI: LTE,Online,250-01,0x4592,51328768,342,EUTRAN-
BAND7,3200,3,3,-80,-922,-672,12 // Связь с сетью есть
OK
AT+COPS?
+COPS: 0,0,"MTS RUS MTS RUS",7
OK

AT+CMGF=1 // Отправляем SMS с профиля №1
OK
AT+CSCS="GSM"
OK
AT+CSCA?
+CSCA: "+79168999100",145
OK
AT+CMGS="+7921*****"
>
Test SMS 1
+CMGS: 26 // SMS отправлен
OK

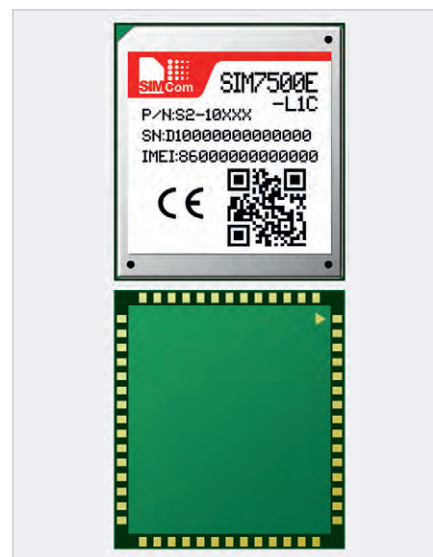
+CREG: 0 // Произошла загрузка и активация профиля №2
+CGREG: 0
+CPIN: READY // eSIM готова
+CREG: 2
+CGREG: 2
SMS DONE
+CREG: 1 // Регистрация в сети
+CGREG: 1
AT+CPIN?
+CPIN: READY
OK
AT+CICCID
+ICCID: 89701010069877051805 // CCID профиля №2
OK
AT+CPSI?
+CPSI: LTE,Online,250-01,0x4592,51328768,342,EUTRAN-
BAND7,3200,3,3,-168,-915,-577,14 // Связь с сетью есть
OK
AT+COPS?
+COPS: 0,0,"MTS RUS MTS RUS",7
OK

AT+CMGF=1 // Отправляем SMS с профиля №2
OK
AT+CSCS="GSM"
OK
AT+CSCA?
+CSCA: "+79168999100",145
OK
AT+CMGS="+7921*****"
>
Test SMS 2
+CMGS: 0 // SMS отправлен
OK

+CREG: 0 // Произошло удаление профиля №2 и активация профиля №1
+CGREG: 0
+CPIN: READY
+CREG: 2
+CGREG: 2
SMS DONE
+CREG: 1
+CGREG: 1
AT+CPIN?
+CPIN: READY
OK
AT+CICCID
+ICCID: 89701010069877052258 // CCID профиля №1
OK
AT+CPSI?
+CPSI: LTE,Online,250-01,0x4592,51328768,342,EUTRAN-
BAND7,3200,3,3,-84,-914,-662,14 // Связь с сетью есть
OK

AT+CMGS="+7921*****" // // Отправляем SMS с профиля №1
>
Test SMS
+CMGS: 30 // SMS отправлен
OK

```

**Рис. 4. LTE-модуль сотовой связи SIM7500E-L1C**

с eSIM полностью готово к работе. На включённое устройство новый абонентский профиль загрузится автоматически, а первоначальный профиль спустя неделю будет исключён из договора производителя, а также будет удалён из eSIM.

Более того, подобная схема смены абонентских профилей применима и при последующей перепродаже оборудования следующему B2B пользователю.

Как же работает смена профилей на практике? Всё очень просто, и это мы проиллюстрируем далее на примере AT-лога (см. листинг 1) со стороны модуля сотовой связи SIM7500E-L1C (см. рис. 4).

Данный модуль может работать в сетях 2G, 3G и LTE. Тесты были проведены во всех режимах, и так как внешние различия нет никакой, то ниже будет приведён только один AT-лог. Во время тестов отправлялись SMS-сообщения для дополнительного контроля смены профилей и передавались произвольные пакетные данные (не отражено в приведённом логе).

Заключение

Важно понимать, что технология eSIM M2M – это весьма перспективное и заманчивое направление для M2M/IoT, и это шаг в сторону решений «одна eSIM – много операторов». Разработчики M2M/IoT-устройств могут сделать первые шаги в освоении eSIM M2M уже сегодня.

Литература

1. URL: <https://www.gsm.com/esim/remote-sim-provisioning-for-machine-to-machine/>.



Оптимизация производства, которая привела HARTING Technology Group к успеху

Michael Klose, Manager Media and Public Relations, HARTING Technology Group
(перевод с английского Ольги Романовской)

В 2020 году компания HARTING Applied Technologies GmbH снова стала абсолютным победителем конкурса «Лучший изготовитель инструментов 2020». Кроме общей победы дочерняя компания HARTING Technology Group получила награду в категории «Производство инструментов с численностью сотрудников до 50». Компания уже побеждала в этой категории в 2014, 2016 и 2018 годах. В данной статье специалисты компании HARTING, а также Dr. Volker Franke (Фолькер Франке), управляющий директор HARTING Applied Technologies GmbH, поделится секретами построения успешных технологических процессов, внедрения повсеместной автоматизации и гибкой системы управления на своём производстве.

Награда «Лучший изготовитель инструментов» вручается Институтом производственных технологий им. Фраунгофера IPT и станкостроительной лабораторией WZL RWTH. По мнению жюри, решающим фактором в пользу HARTING Applied Technologies была «чётко определённая стратегия для каждой области бизнеса, которая включала дорожные карты с определёнными сферами деятельности и целями, а также особенно высокую осведомлённость о видении и стратегии среди сотрудников».

HARTING Applied Technologies – независимая компания в составе HARTING Technology Group. Предприятие разрабатывает, проектирует и производит инструменты для литья под давлени-

ем для алюминия и цинка, а также сборочные системы и специальные машины в двух независимых подразделениях (см. рис. 1, 2, 3). Дочерняя компания работает исключительно для внутренних клиентов. Однако в области сборочных систем также обслуживаются внешние заказчики.

Компания с 49 сотрудниками производит высокоточные и производительные инструменты, используя однокомпонентные и многокомпонентные технологии. Ассортимент продукции, производимой с помощью инструментов и пресс-форм HARTING Applied Technologies, включает в себя широкий диапазон изделий: от крупногабаритных корпусных компонентов для разъёмов из пластика и алюминия до деталей, изготовленных методом литья под давлением с минимальным весом менее одного

грамма и размерами конструкции менее 100 микрон, при этом предъявляются строгие требования к качеству исполнения (см. рис. 4, 5). Помимо производства форм для литья под давлением, разработка соответствующих процессов литья под давлением для производства компонентов из металлопластиковых композитов является ключевым направлением деятельности компании.

Технологическая цепочка производства инструментов HARTING включает в себя внутреннюю предварительную разработку новых производственных процессов и концепций, а также всесторонние консультации с клиентами на ранней стадии. Производство инструментов включает в себя проектирование, разработку, производство и сборку на хорошо оборудованном и частично автоматизированном заводе.

Один из параметров успешно организованного процесса – использование цифровых карт инструментов. Цифровая карта – важный шаг в объединении необходимых технических данных и информации, а также в получении быстрого обзора и доступа. Все отделы производственного цеха хранят в этом документе данные и информацию, необходимые для общего процесса. Это означает, что вся уже собранная информация может быть доступна в любой момент в процессе производства инструмента. Карту цифровых инструментов можно быстро и легко открыть с помощью QR-кода. Гиперссылки в файле обеспечивают быстрый и безопасный доступ к местам в документе, благодаря чему видны уже обработанные и ещё отсутствующие документы на титульном листе.

С 2002 года HARTING Applied Technologies использует программ-

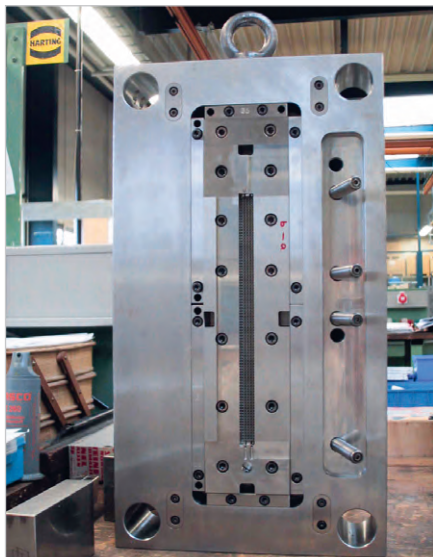


Рис. 1. Инструмент для литья

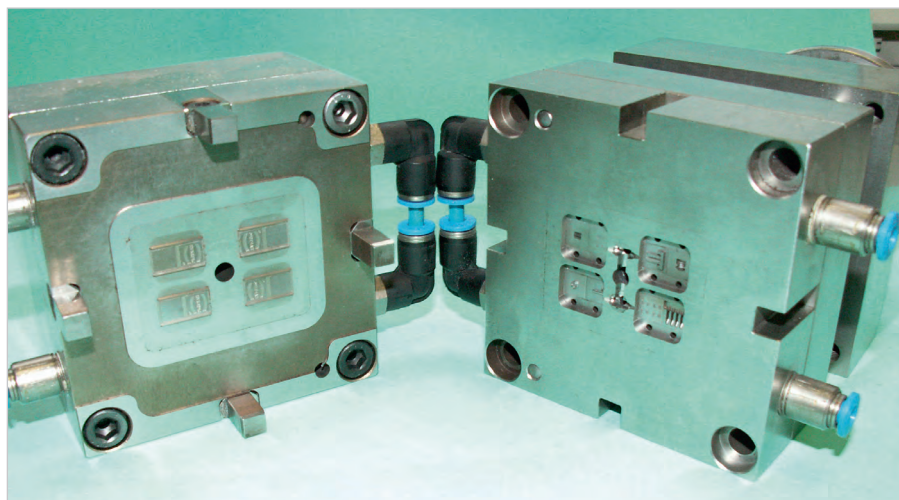


Рис. 2. Инструмент для литья

ное обеспечение CAD/CAM от специализированного поставщика, которое обеспечивает полную согласованность данных при конструировании пресс-форм. Это программное решение позволяет выполнять программу электроэрозионной обработки с опусканием штампа непосредственно во время разряда электрода. Благодаря этому программному обеспечению электроды могут быть получены непосредственно из заготовки, параметры для программы эрозии могут быть предварительно установлены, а затем программа может быть опубликована.

Эта последовательность и автоматизация способствуют сокращению сроков выполнения работ и повышению безопасности производства. Ошибки при передаче данных предотвращаются и сводятся к минимуму. Назначение электродов и программ фрезерования также происходит автоматически в рабочем центре, так что спутать электроды с программой фрезерования практически невозможно. Ещё одним преимуществом является использование заготовок электродов стандартных размеров.

До перехода к поставщику CAD/CAM, который происходил постепенно с 2002 года, дочерняя компания HARTING работала с другими программными решениями, которые не обеспечивали единообразия данных. Отсутствие согласованности данных обычно приводит к браку в производстве из-за ошибок передачи данных между отдельными этапами производства. Благодаря новому решению от поставщика программного обеспечения был оптимизирован весь процесс изготовления пресс-форм и инструментов. Это привело к устойчивому положительному влиянию на качество инструмента, а сроки поставки также были сокращены благодаря автоматизации.

На производстве HARTING Applied Technologies GmbH используется гибкая система разработки, отслеживание на ранней стадии и поддержка меняющихся требований клиентов. В качестве примера можно привести совместный проект с Sennheiser Group по производству миниатюрных преобразователей, отвечающих за качество звука. Компания HARTING Applied Technologies в 2019 году сотрудничала с компанией Sennheiser над созданием производственной системы, которая была доставлена в штаб-квартиру специалиста по звуку в Ведмарк недалеко от Ганновера. Изготовленные компо-

ненты применяются в гарнитурах премиум-класса, таких как беспроводные наушники MOMENTUM True Wireless и наушники-вкладыши для мониторинга, используемые в профессиональных постановках на сцене.

Разработка и производство металлопластиковых композитов – дополнительные сильные стороны HARTING Applied Technologies. В этом контексте важными аспектами являются раннее вовлечение в процесс разработки и своевременная проверка с использованием прототипов. Геометрические сложности и точность пресс-формы создают особые проблемы при производстве лёгких форм, особенно для пресс-форм с несколькими полостями. С самого начала необходимо придерживаться всестороннего, целостного мышления, должным образом учитывающего этапы автоматизации до и после процесса.

Долгосрочная ориентация также играет роль в успехе HARTING Applied Technologies. Здесь основное внимание уделяется каскадному процессу разработки стратегии, начиная с долгосрочного плана (10 лет: маршрут 2030) и далее через три этапа, ведущих к конкретному плану на финансовый год (5–3–1 год). По словам Райнера Хусманна, главы центра по разработке инструментов в HARTING Applied Technologies, сотрудники участвуют в процессах планирования и разработки стратегии. У них есть свобода и возможности для разработки собственных решений в различных командах или даже в группах.

Более того, Хусманн подчёркивает, что, хотя напрямую мотивировать людей невозможно, вполне можно создать мотивирующую среду – подход, которым управленческая команда жила бы годами. «Ошибки» при этом рассматриваются как «сокровища для улучшения». Хусманн называет это «постоянным непрерывным образовательным путешествием».

Франке и Хусманн уверены, что экологические аспекты будут приобретать всё большее значение в будущем, и это также отразится на разработке собственных процессов и продуктов компании. «В этом контексте мы будем испытывать новаторский импульс. Здесь жизненно важно разобраться в вещах на ранней стадии, следить за тенденциями, развивать компетенции и, таким образом, сегодня установить курс на ситуацию, которая наступит через три года – пять лет», – заключает Фолькер Франке.

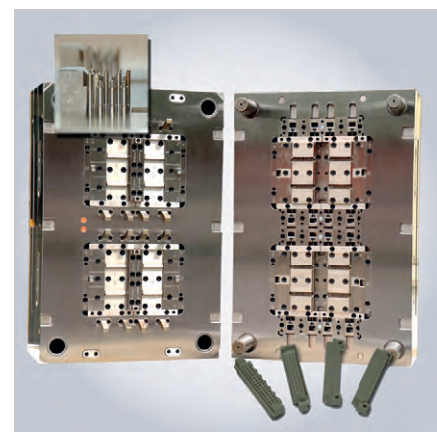


Рис. 3. Инструмент для литья



Рис. 4. Компоненты HARTING, изготовленные методом литья под давлением



Рис. 5. Компоненты HARTING, изготовленные методом литья под давлением

Заключение

Таким образом, дочернее подразделение HARTING Applied Technologies предлагает обширный спектр услуг, начиная с изготовления инструментов и пресс-форм для производства, сложных и специализированных машин, в том числе полностью автоматизированных линий. Также специалисты HARTING проводят консультации заказчиков и разрабатывают проекты под ключ. Собственная разработка программного обеспечения позволяет поддерживать высокую степень стандартизации управления машинами. Кроме того, возможно реализовать интеграцию данных в ИТ-инфраструктуру компании заказчика или предложить собственные решения для интеграции данных. Помогает этому гибкий производственный процесс и вовлечённость заказчика на всех стадиях.



Использование опции построения диаграмм Боде R&S RTM-K36 для измерения импеданса первичных преобразователей ультразвуковых расходомеров

Лемешко Н.В. (д.т.н., нач. отдела АО «Корпорация «Комета», nlem83@mail.ru), **Горелкин М.В.** (инженер по продукту «Осциллографы» ООО «РОДЕ и ШВАРЦ РУС», Mikhail.Gorelkin@rohde-schwarz.com), **Струнин П.А.** (директор департамента продаж ООО «РОДЕ и ШВАРЦ РУС», Pavel.Strunin@rohde-schwarz.com)

В статье рассматривается вопрос об использовании диаграмм Боде для измерений импеданса первичных преобразователей, используемых в ультразвуковых преобразователях. Дается представление о диаграммах Боде и основных областях их применения, а также принципах анализа свойств электрических цепей и систем автоматического управления. Представлена информация о функциональных особенностях опции R&S RTM-K36 осциллографов серии R&S RTM, предназначенной для построения диаграмм Боде для частот от 10 Гц до 25 МГц. Проанализированы свойства применяемых в расходомерах первичных ультразвуковых преобразователей как электронных компонентов, представлены схема измерений и расчетные соотношения для определения действительной и мнимой частей их импеданса в зависимости от частоты. Представлен пример выполнения таких измерений с применением опции R&S RTM-K36.

Введение

В настоящее время в радиоизмерениях особое внимание уделяется вопросам комплексности и достаточности получаемой информации о свойствах исследуемых объектов. Многие узлы электроники можно рассматривать как четырехполюсники, причём их функциональность в конкретной схеме может быть полностью описана, например, во временной области переходной характеристикой, которая применяется для расчёта переходных процессов на основе интеграла Дюамеля [1]. Однако для большинства типов четырехполюсников наиболее подходя-

щим для практических нужд описанием является частотная зависимость комплексного коэффициента передачи, которая включает в себя одновременно их амплитудно-частотную и фазо-частотную характеристики (АЧХ, ФЧХ). Наиболее подходящими они являются для усилителей, фильтров, а также аналоговых регуляторов тембра и систем автоматического управления с непрерывными переменными. Такие зависимости, представленные в логарифмическом масштабе по амплитуде и частоте и иногда совмещённые при помощи единой оси частот, принято называть диаграммой Боде [2].

Для детального экспериментального исследования свойств многополюсников рынок средств измерений предлагает специальные приборы – векторные анализаторы цепей (ВАЦ) [3], предназначенные для измерений частотной зависимости параметров, посредством которых могут быть связаны входные, выходные и отражённые высокочастотные сигналы. В большинстве своём при таких измерениях для ряда частот оцениваются S-параметры, характеризующие передачу сигналов через многополюсник в обе стороны. Такие приборы обычно применяются на частотах выше 1 ГГц, являются специализированными и дорогостоящими средствами измерений. Флагманские векторные анализаторы цепей серии R&S ZVA охватывают диапазон частот от 300 кГц до 60 ГГц, а приборы R&S ZNB4 функционируют, начиная с частоты 9 кГц [3], и, таким образом, охватывают даже часть звукового диапазона.

На практике применение ВАЦ в низкочастотных приложениях обычно оказывается избыточным. Действительно, большая часть перечисленных выше функциональных узлов характеризуется односторонней передачей сигналов, поэтому обратные коэффициенты передачи практически теряют первоначальный смысл. Параметры S_{ij} , характеризующие отражение энергии от портов многополюсника, также обычно не используются для низкочастотных устройств, равно как и диаграммы Вольперта – Смита [4]. Ввиду этого для экспериментального определения АЧХ и ФЧХ здесь следует использовать иную номенклатуру приборов.

С учётом широкого распространения технологии прямого цифрового синтеза сигналов [5] генерирующие блоки, необходимые для построения диаграмм Боде, могут быть реализованы в составе других устройств, включая осциллографы. Такое решение реализо-

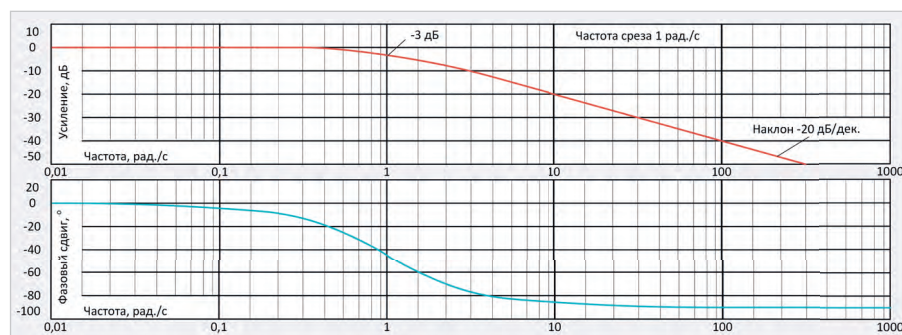


Рис. 1. Диаграмма Боде для фильтра нижних частот первого порядка при $f_0 = 1/(2\pi)$

вано в осциллографах серии RTM компании Rohde&Schwarz в форме опции R&S RTM-K36, которая предназначена для автоматизированного построения диаграмм Бode в частотном диапазоне от 10 Гц до 25 МГц и соответствующим образом управляет встроенным генератором R&S RTM-B6.

Представление о диаграммах Бode и области их применения

Как отмечалось выше, при построении диаграмм Бode используется логарифмический масштаб по частоте и амплитуде, поэтому второе их название – логарифмические амплитудно-фазовые частотные характеристики (ЛАФЧХ). Для оси частот обычно используют декадный масштаб, октавные единицы применяют только для акустических приложений, например, когда измерения проводятся для фильтров, предназначенных для психоакустических измерений [6]. При построении АЧХ по оси ординат используют шкалу в децибелах, а для ФЧХ применяют линейные единицы – градусы ($-180...180^\circ$) либо радианы ($-\pi... \pi$). На рис. 1 представлен пример ЛАФЧХ для фильтра нижних частот первого порядка в виде RC-цепи, передаточная функция которого описывается уравнением $K(j\omega) = 1 / (1 + j\omega RC)$, где $\omega = 2\pi f$ – циклическая частота, рад/с, f – частота, Гц, причём $f_0 = 1 / (2\pi RC)$ – частота среза (см. рис. 1).

Для практических целей, таких как синтез электрических цепей и схем автоматического управления [7], кривые ЛАФЧХ аппроксимируют прямыми линиями. Далее требуемые для ряда частот значения амплитуд и фаз распределяют между узлами схемы таким образом, чтобы они в совокупности давали наиболее близкое к заданному изменение амплитуд и фаз. Действительно, если для частот f_k в количестве M требуется получить некоторые значения АЧХ A_k и ФЧХ φ_k , то при декомпозиции, реализующей такое преобразование схемы на M последовательно соединённых узлов, необходимо потребовать для каждой частоты весьма точного выполнения условий

$$A_k = \prod_{m=1}^M A_{k,m}, \quad \varphi_k = \sum_{m=1}^M \varphi_{k,m},$$

где $A_{k,m}$ и $\varphi_{k,m}$ – коэффициент передачи по амплитуде и фазовый сдвиг узла m на частоте k . Переход к логарифмическому масштабу позволяет перейти от умножения к сложению амплитудных характеристик в децибелах, что значи-

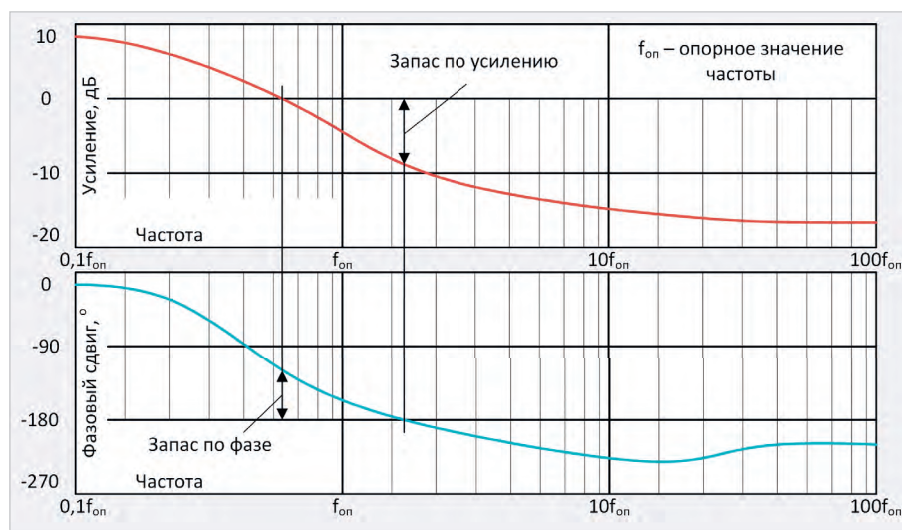


Рис. 2. Определение запаса по фазе и по усилению для систем автоматического управления с обратной связью

тельно упрощает расчёты. Для оптимизации приближения АЧХ и ФЧХ к требуемым формам могут быть использованы регрессионные методы [8].

Аналогичный подход может быть реализован, если передаточная функция $H(s)$ некоторой цепи представлена в операторной области в виде дробно-рациональной функции вида

$$H(s) = A \left(\prod_{i=1}^l (s + x_i) \right)^{a_i} \left(\prod_{j=1}^p (s + y_j) \right)^{-b_j},$$

где A , x_i , y_j , a_i , b_j – постоянные коэффициенты. Существуют специальные правила [7], которые позволяют строить аппроксимированные прямыми линиями ЛАФЧХ по расположению нулей и полюсов передаточной функции.

Область применения диаграмм Бode охватывает:

- анализ и синтез схем усилителей, фильтров и других линейных стационарных систем, в том числе с применением средств автоматизации проектирования;
- анализ устойчивости систем с обратной связью, включая схемы автоматического управления;
- определение типов элементарных передаточных звеньев по форме ЛАФЧХ при анализе систем типа «чёрный ящик».

При использовании диаграмм Бode для анализа устойчивости систем с обратной связью по ним определяется запас по фазе и по усилению. По сути, почти все частотные критерии устойчивости, выработанные в теории автоматического управления, основаны на недопущении превращения имеющейся отрицательной обратной связи в положительную с усилением. Иначе в системе возникнет возбуждение, и она

перестанет правильно выполнять свои функции. Это относится как к механическим, так и к электрическим системам. Для определения запасов по фазе и усилению для разомкнутой системы автоматического управления строят диаграмму Бode и далее определяют названные характеристики так, как показано на рис. 2. При этом исходят из аксиомы о том, что система теряет устойчивость тогда, когда усиление в цепи обратной связи выше 0 дБ и одновременно значение фазового сдвига по модулю превышает 180° .

Для определения типов элементарных звеньев, например, системы автоматического управления, экспериментально построенные ЛАФЧХ соотносят с идеальными [2]. Так, например, пропорциональное звено имеет нулевой фазовый сдвиг в заданной полосе частот, в то время как для идеального интегрирующего звена он равен -90° при наклоне АЧХ -20 дБ/дек. АЧХ колебательного звена имеет характерный резонансный максимум, а значение фазового сдвига может составлять 0° или 90° в зависимости от точек подключения нагрузки. ЛАЧХ звена чистого запаздывания, как и любой замедляющей системы без потерь [9], характеризуется нарастанием фазы по степенному закону, в то время как при линейном масштабе по частоте он меняется строго линейно. Если такой анализ даёт противоречивые результаты, то звено следует считать состоящим из двух и более элементарных звеньев, пытаясь разделить изменение АЧХ и ФЧХ между ними с изменением частоты так, как это было описано выше.



Рис. 3. Схема измерений импеданса УПП с использованием опции R&S RTM-K36

Рассматриваемым ниже примером несколько необычного применения диаграмм Бode является определение ЛАФЧХ для первичных преобразователей промышленного назначения, в частности, применяемых в ультразвуковых расходомерах [10], для определения зависимости их импеданса от частоты. Это необходимо для наиболее точного согласования таких устройств с источником импульсного сигнала и для оптимизации условий передачи мощности в такую нагрузку. Для этого, а также для ряда других промышленных применений, связанных с эксплуатацией резистивных, пьезоэлектрических, электромеханических и других преобразователей, использование опции R&S RTM-K36 является одним из лучших вариантов как по удобству, так и по затратам времени.

Функциональные особенности опции R&S RTM-K36

Опция R&S RTM-K36, реализуемая на базе осциллографов серии R&S RTM, специально предназначена для построения диаграмм Бode. При этом тестовый синусоидальный сигнал с переменной частотой снимается с выхода встроенного генератора R&S RTM-B6 и подается посредством внешнего соединения на один вход осциллографа, а выходной сигнал исследуемого четырехполюсника – на второй вход, конфигурируемые в настройках опции. Диаграмма Бode может строиться однократно или с постоянным обновлением для интервала частот от 10 Гц до 25 МГц и представляется в единой координатной плоскости с двумя осями ординат, соответствующих АЧХ и ФЧХ.

Как это видно на рис. 7, окно построения диаграмм Бode разделено на несколько сегментов. В верхней части окна имеется строка, в которой пока-

заны значения основных настроек построения диаграммы Бode, к которым относятся начальная и конечная частоты, количество точек на декаду частоты, состояние встроенного генератора, а также значение амплитуды его выходного сигнала. Количество точек на декаду частоты может меняться от 10 до 500 шт. [11].

Важной особенностью опции является возможность задания амплитудного профиля: разных значений амплитуды выходного сигнала генератора, что необходимо для цепей с ограниченным динамическим диапазоном, например, для усилителей класса А. Если функция амплитудного профиля активирована, то он задается по точкам и отображается в виде ломаной линии на диаграмме Бode. Сам амплитудный профиль при этом может быть задан установкой опорных точек при помощи сенсорного экрана. В типовом случае уровни тестового напряжения фиксируются постоянными в пределах декады. Уровень тестового сигнала выбирается в интервале от 20 мВп-п до 10 Вп-п для четырехполюсников с большим входным сопротивлением и в два раза меньше, если оно равно 50 Ом.

Ниже строки настроек расположено окно для отображения диаграммы Бode. Изменение амплитуды и фазы сигнала при прохождении через исследуемую цепь отображается в децибелах и градусах, к обеим кривым применимы курсорные измерения, результаты которых отображаются в левой нижней части экрана. Под диаграммой Бode расположено табличное представление результатов измерений по каждой частотной точке. В левой нижней части экрана (см. рис. 7) расположена область для управления процессом измерений. Здесь отображаются обозначения каналов осциллографа, назначенные для входного и выходного сигналов четырехполюсника, кнопки запуска, остановки измерений и обновления диаграммы Бode, а также кнопка, открывающая окно установки настроек измерений.

В окне установки настроек измерений для генератора R&S RTM-B6 может быть выбран тип нагрузки (high-Z или 50 Ом), задано количество точек на декаду, включено или отключено применение амплитудного профиля, задано максимальное значение для фазового угла. Кроме того, здесь устанавливается значение задержки измерений, соответствующее времени, кото-

рое будет проходить между моментом перехода на следующую частоту и осуществлением измерений. Такая задержка позволяет дожидаться завершения переходных процессов в объекте исследования, вызванных перестройкой по частоте. Процесс измерений полностью автоматизирован, результаты могут быть экспортированы в файлы формата *.CSV, что было использовано в экспериментальной части работы для выполнения математической обработки.

Особенности ультразвуковых первичных преобразователей как объекта радиоизмерений и подход к определению их импеданса

Ультразвуковые первичные преобразователи (УПП), предназначенные для использования в расходомерах, обычно состоят из двух одинаковых устройств. Каждое из них включает в себя пьезоэлемент, который способен на основе внешнего сигнала формировать колебания ультразвукового диапазона, а также формировать выходной сигнал по таким колебаниям. Существует большое количество конструкций УПП, но наибольшее распространение получили датчики, установка которых не требует изменения профиля трубопровода и осуществляется при помощи специальных направляющих снаружи труб круглого сечения, что значительно упрощает монтаж и наладку ультразвуковых расходомеров [10, 12].

Принцип действия ультразвуковых расходомеров основан на том, что звуковые волны имеют разную скорость распространения по ходу и против хода рабочего вещества в трубопроводе. По этой разнице и на основе известного сечения трубопровода, а также характеристик плотности и вязкости вещества и осуществляется измерение расхода. Принципиально все методы, основанные на таком принципе, разделяются на фазовые, частотные и времяимпульсные. В первом случае используются сигналы мегагерцового диапазона с совпадающими или близкими частотами, в типовом случае они составляют около 6 МГц. При реализации частотного метода измерительная система автоматически подбирает такие частоты, чтобы на длине измерительного канала при распространении ультразвука в обоих направлениях укладывалось целое число полуволн. Тогда расход рабочего вещества оказывается пропорциональ-

ным разности этих частот. Наконец, времяимпульсный метод основан на применении интегрирующих схем постоянного напряжения, для которых время интегрирования пропорционально задержке распространения ультразвука в среде, передаваемой в трубопроводе.

Функциональность каждой из частей УПП состоит в излучении ультразвуковых импульсов в месте установки и их регистрации, когда импульсы формируются другим УПП. Требование по точности и надёжности работы ультразвуковых расходомеров устанавливает необходимость однозначного распознавания таких импульсов на фоне механических вибраций, акустического шума и других воздействий, почти всегда присутствующих в промышленных условиях. Как отмечается в [6], устройства на основе пьезоэффекта чаще всего представляют собой ёмкостную нагрузку, т.е. реактивная часть их сопротивления отрицательна. На практике конструкция УПП обычно предусматривает использование ряда пьезоэлементов с последовательно-параллельным соединением, что повышает эффективность излучения ультразвуковых волн, чувствительность при их приёме и нагрузочную способность. Наличие дополнительных соединений внутри УПП, а также штатного кабеля для подключения к расходомеру делает неопределённым характер импеданса такой составной нагрузки. Для наиболее эффективного использования выходной мощности импульсного генератора, питающего УПП, требуется предпринять меры по их согласованию по импедансу. Сходная картина возникает на приёмной стороне.

Диаграмма Боде может быть построена для четырёх- либо трёхполюсника. Между тем УПП являются несимметричным двухполюсным устройством, ввиду чего результаты измерений АЧХ и ФЧХ непосредственно с импедансом соотносить невозможно. Однако диаграмма Боде всё же может использоваться в качестве исходных данных для расчёта импеданса, если применить схему измерений, показанную на рис. 3, в которой для определённости указан использовавшийся в экспериментальной части работы тип осциллографа – R&S RTM3004. При оценке зависимости импеданса УПП от частоты $Z(f)$ с её использованием следует учитывать входное сопротивление осциллографического канала R_{01} и его ёмкость C_{01} ,

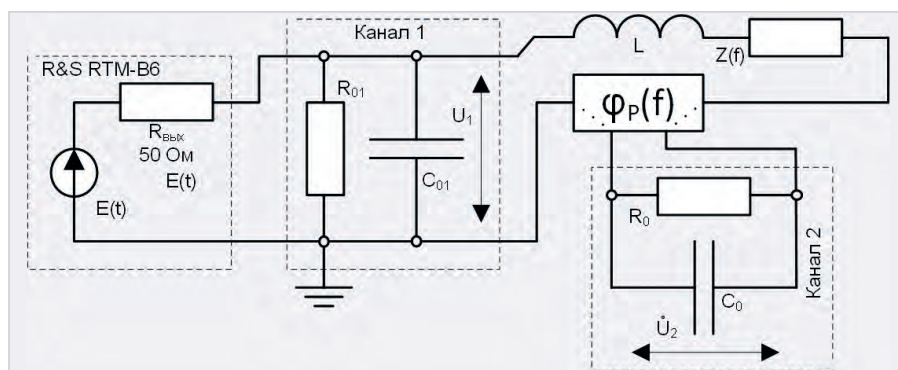


Рис. 4. Схема замещения

аналогичные суммарные параметры R_0 и C_0 для канала осциллографа и пробника при его подключении ко второму каналу, а также фазовый набег $\varphi_p(f)$, вызванный задержкой распространения сигнала в кабеле пробника, если перед измерениями не была выполнена её компенсация.

Вопрос о компенсации фазового набега пока оставим в стороне, подробно его необходимость и способ осуществления освещены в экспериментальной части статьи. Для схемы измерений на рис. 3 справедлива схема замещения (на рис. 4), исходя из которой может быть рассчитана функция $Z(f)$ для УПП вместе с фрагментом коаксиального кабеля до проводной врезки. Схема построена в предположении, что участок кабеля от тройника до проводной врезки имеет малую длину. Звено $\varphi_p(f)$ вносит только задержку и пока учитываться не будет. Для осциллографов серии R&S RTM активное сопротивление осциллографического канала $R_{01} = 1 \text{ МОм}$, ёмкость $C_{01} = 14 \text{ пФ}$, они выдерживаются с погрешностью не выше $\pm 1\%$ и $\pm 1 \text{ пФ}$ соответственно [11].

При построении диаграммы Боде при использовании схемы на рис. 3 опция R&S RTM-K36 в виде функций частоты f рассчитывает отношение амплитуд напряжений $A(f)$ на входах 2 и 1 осциллографа и разность фаз между ними $\varphi(f)$, причём отрицательное значение фазы соответствует запаздыванию напряжения в канале 2. Пусть импеданс УПП $Z(f)$ складывается из действительной и мнимой составляющей, т.е. $Z(f) = R(f) + jX(f)$, где $j = \sqrt{-1}$. Выходное сопротивление генератора R&S RTM-B6 составляет 50 Ом [11], что значительно меньше входного сопротивления осциллографического канала R_0 . Фаза $\varphi(f)$ рассчитывается относительно сигнала в первом канале, принятом за опорный, причём в случае запаздывания $\varphi(f) > 0$, если оно составляет менее

четверти периода. Исходя из этого, если теперь для некоторой частоты принять амплитуды сигналов на входах 1 и 2 осциллографа равными U_1 и U_2 , то $U_2 = U_1 A(f) \exp(j\varphi(f))$. В схеме замещения на рис. 4 имеется индуктивность L , которая моделирует одновитковую индуктивность, образованную элементами пробника. Исходя из конфигурации схемы замещения, наличием элементов R_{01} и C_{01} для канала 1 можно пренебречь. Учитывая, что полный импеданс исследуемой цепи много больше, чем выходное сопротивление генератора $R_{\text{вых}}$, с точностью до фазового сдвига имеем:

$$U_2 = U_1 \left(R_0 \parallel \frac{1}{j2\pi f C_0} \right) / \left(R_0 \parallel \frac{1}{j2\pi f C_0} + Z(f) + j2\pi f L \right) \quad (1)$$

В уравнении (1)

$$R_0 \parallel \frac{1}{j2\pi f C_0} = \frac{R_0}{1 + j2\pi f C_0 R_0}.$$

После преобразований получим:

$$Z(f) = \frac{R_0}{A(f) \exp(j\varphi(f)) (1 + j2\pi f C_0 R_0)} - \frac{R_0}{1 + j2\pi f C_0 R_0} - j2\pi f L. \quad (2)$$

Действительная и мнимая части $Z(f)$, рассчитанные для ряда частотных точек, дадут зависимости $R(f)$ и $X(f)$. При этом при учёте набег фазы $\varphi_p(f)$ необходимо определённым образом скорректировать измеренную ЛФЧХ так, как показано в экспериментальной части работы.

Пример использования опции R&S RTM-K36

Объекты исследования и схемы измерений

В качестве объектов исследований были выбраны:

- аттенуатор JEW 50FNB-020-10-N с предельной рассеиваемой мощностью 10 Вт , номинальным ослаблением 20 дБ и полосой рабочих частот до 2 ГГц [14];

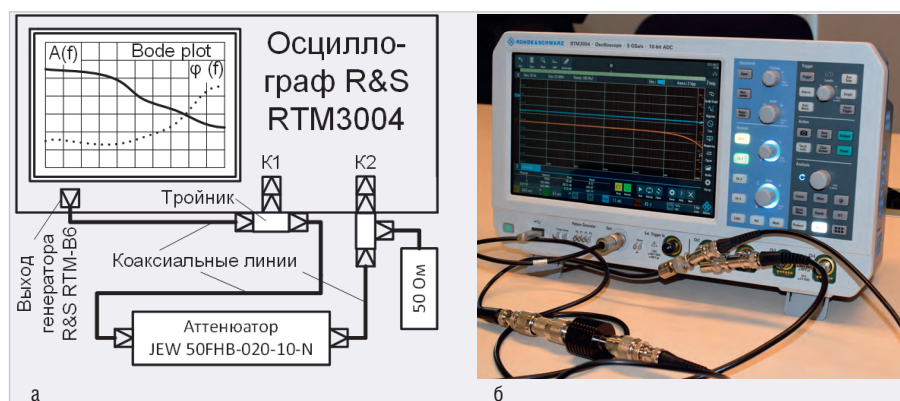


Рис. 5. Измерительная установка для построения диаграммы Боде для аттенюатора: схема (а) и фотография (б)

- УПП из состава расходомера «Акрон-1».

Для аттенюатора диаграмма Боде как таковая является итоговым результатом измерений. При измерениях использовалась схема, показанная на рис. 5а. Она включала осциллограф R&S RTM3004 с четырьмя каналами и полосой рабочих частот 1 ГГц и с опцией R&S RTM-K36. Сигналы передавались в коаксиальных трактах, на выход аттенюатора для согласования была установлена нагрузка номиналом 50 Ом. В настройках опции R&S RTM-K36 было указано, что генератор R&S RTM-B6 работал с нагрузкой 50 Ом. В использовавшейся схеме измерений диаграмма Боде строилась для аттенюатора вместе с подключёнными к нему коаксиальными кабелями, в выбранной полосе частот такое соединение характеризуется постоянством задержки распространения сигналов. Фотография измерительной установки приведена на рис. 5б.

При измерениях частотной зависимости импеданса УПП использовалась схема, показанная на рис. 3, в которой применялся пробник PP016. Как и многие другие пробники, он имеет встро-

енный делитель напряжения. При работе с коэффициентами деления 1:1 и 1:10 полоса его рабочих частот составляет 10 и 300 МГц [15]. Ввиду того, что построение диаграммы Боде для УПП представляет особый интерес на частотах выше 15 МГц, на нём был установлен коэффициент деления 1:10, и тогда по информации из технической документации $R_0 = 10$ МОм, а ёмкости осциллографического канала $C_{01} = 14$ пФ добавляется ещё 12 пФ, откуда имеем $C_0 = 26$ пФ. Перед использованием пробник был компенсирован встроенными средствами регулировки в соответствии с рекомендациями [15] с использованием прямоугольных импульсов с частотой 10 кГц. Фотография измерительной установки приведена на рис. 6, генератор R&S RTM-B6 в ней работал в режиме нагрузки с высоким сопротивлением.

Результаты измерений, полученные для аттенюатора JEW 50FHB-020-10-N, показаны на рис. 7. При построении диаграммы Боде в интервале частот от 10 Гц до 25 МГц использовалось напряжение с амплитудой 5 Вп-п, расчёт амплитуд и фаз выполнялся в ста точках в пределах каждой



Рис. 6. Фотография измерительной установки для построения диаграммы Боде в целях расчёта функции $Z(f)$

декады. В левой нижней части окна показаны результаты курсорных измерений. Для частот 2 кГц и 25 МГц на графики ЛАЧХ и ЛФЧХ установлены маркеры. Как видим, ослабление между этими частотами почти постоянно и находится вблизи номинального значения -20 дБ, что вполне соответствует ожиданиям. Для каждой из указанных частот опция R&S RTM-K36 рассчитала фазовый сдвиг сигналов между вторым и первым каналом осциллографа, которые равны $-0,07^\circ$ и $-101,53^\circ$, или $-3,9 \times 10^{-4}$ и $-0,56$ рад. На основе измеренных значений фазового сдвига $\Delta\varphi$ для исследуемой цепи может быть найдена задержка распространения сигналов для указанных частот f по формуле $\Delta t = -\varphi / (2\pi f)$, расчётные значения которых для частот 2 кГц и 25 МГц составляют соответственно 33 и 35 нс, т.е. практически совпадают. Постоянство задержки характерно для трактов, не проявляющих значительных дисперсионных свойств в рассматриваемой полосе частот [4]. Как следует из полученных результатов, в высокочастотной части диапазона построения диаграммы Боде измерительная оснастка, включая кабели и пробники, способна проявлять собственные свойства, которые, как будет показано ниже, могут приводить к весьма противоре-



Рис. 7. Результат построения диаграммы Боде для аттенюатора



Рис. 8. Диаграмма Боде, построенная с использованием схемы измерений на рис. 3

чивым результатам в отсутствие компенсации фазового сдвига.

Результаты оценки импеданса для УПП. Диаграмма Боде, построенная с использованием схемы на рис. 3, представлена на рис. 8 и включает 500 точек на декаду. Она построена для интервала частот от 1 до 25 МГц. Размах тестового синусоидального сигнала составлял 5 Вп-п. Согласно полученным результатам, на частоте 19,3 МГц происходит переход фазы через значение -180° , и это сопровождается наблюдаемым усилением входного сигнала на 0,4 дБ. С точки зрения теории систем автоматического регулирования это означает, что в исследуемой системе запас по фазе и усилению отрицателен, и она должна была бы потерять устойчивость. Напряжение на входе канала 2 осциллографа должно было бы установиться в одном из крайних значений.

Для дальнейшей обработки диаграмма Боде была сохранена в формате *.CSV. Фазовая характеристика $\varphi^*(f)$, полученная непосредственно при измерениях, повторена точечной кривой на рис. 9. Непосредственная подстановка результатов измерений в формулу (2) даёт зависимости $R^*(f)$ и $X^*(f)$, показанные такими же кривыми на рис. 10 и 11. Плоская петля, образованная проводящими элементами пробника, имеет расчётную индуктивность $L = 5$ мкГн. Значение получено с использованием справочника [16].

Как видно на рис. 9, функция $R^*(f)$ после частоты 19,3 МГц приобретает отрицательные значения. Вместе с тем в теории электрических цепей показано [1], что для любого пассивного двухполюсника активная часть сопротивления всегда будет положительной. Свойства двухполюсников с отрицательным активным сопротивлением дополнительно рассмотрены в работе [17]. Как мы видим, полученные результаты измерений противоречат базовым положениям теории электрических цепей. Именно отсюда возникает необходимость учёта фазового набега $\varphi_p(f)$, определяемого пробником PP016.

Разность времени прихода сигналов при использовании двух и более пробников имеет критическое значение в некоторых приложениях, например, для измерения фазового угла с использованием пробников тока и напряжения, например, при работе опции R&S RT-K31. В этом случае для миними-

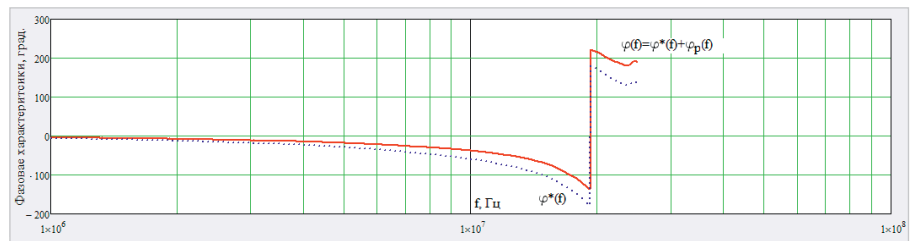


Рис. 9. Измеренная и скорректированная ЛФЧХ

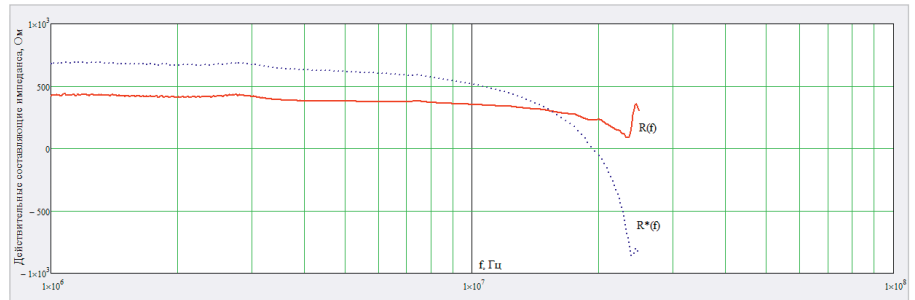


Рис. 10. Расчётные зависимости $R^*(f)$ и $R(f)$

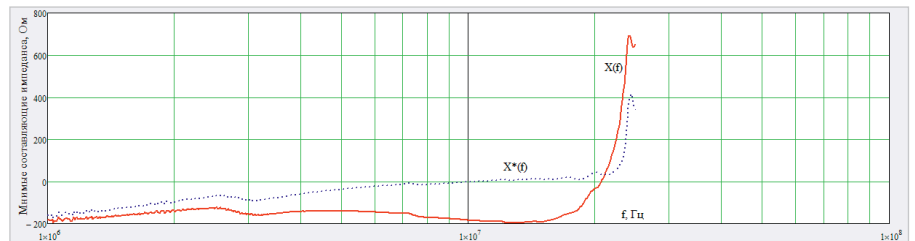


Рис. 11. Расчётные зависимости $X^*(f)$ и $X(f)$

зации фазового сдвига между пробниками используется специальная плата R&S RT-ZF20. В схеме на рис. 3 используется только один пробник, и здесь целесообразно выполнить расчётную оценку функции $\varphi_p(f)$ на основе особенностей его конструкции.

Пробник комплектуется кабелем длиной 1,2 м, а общая длина, проходимая измеряемым сигналом в коаксиальном тракте пробника, составляет $l = 1,3$ м. На основе анализа таблицы П4.2 справочника [18] можно установить, что для кабелей, не относящихся к классу фазостабильных, коэффициент укорочения длины волны составляет $k = 1,52$. Тогда сама функция $\varphi_p(f)$ приобретает вид $\varphi_p(f) = 2\pi l f k / c$, где $c = 3 \times 10^8$ м/с – скорость света в вакууме. Функция $\varphi(f) = \varphi^*(f) + \varphi_p(f)$ показана на рис. 9 сплошной кривой с учётом пересчёта радиан в градусы.

При использовании в расчётах скорректированной ЛФЧХ всё встаёт на свои места. На рис. 10 и 11 сплошными кривыми показаны графики функций $R(f)$ и $X(f)$, отражающие окончательные результаты оценки действительной и мнимой составляющих импеданса. Описанный пример позволяет ещё раз

подчеркнуть важность осуществления фазовой коррекции и отслеживания любых факторов, которые способны приводить к существенным фазовым сдвигам.

Заключение

Таким образом, несмотря на развитие средств измерений и методов определения частотных характеристик четырёхполюсников, диаграммы Боде были и остаются одним из самых наглядных способов представления такой информации. Аналогичный результат в части построения диаграмм Боде даёт использование генераторов и осциллографов как отдельных приборов, но в опции R&S RTM-K36 такая функциональность реализована в одном устройстве и не требует, например, подготовки программ для управления приборами при измерениях. Нельзя также не отметить, что функции генератора R&S RTM-B6 не ограничиваются формированием только синусоидального сигнала – методы прямого цифрового синтеза позволяют сформировать сигналы любой формы в пределах аппаратных ограничений.

Литература

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. В 3 ч. – М.: Высшая школа, 1964. – 750 с.
2. Логарифмическая амплитудно-фазовая частотная характеристика // URL: <https://ru.wikipedia.org>.
3. URL: <http://www.rohde-schwarz.com> (дата обращения: 16.05.2021).
4. Дансмор Д.П. Измерения параметров СВЧ-устройств с использованием передовых методик векторного анализа цепей // Серия книг «Мир электроники». – М.: Техносфера, 2018. – 753 с.
5. Брюханов Ю.А., Пиоров А.Л., Джиган В.И. и др. Основы цифровой обработки сигналов. – Ярославль: ЯрГУТУ, 2013. – 344 с.
6. Левицина Е.С., Новицкий П.В. Электрические измерения физических величин. Измерительные преобразователи. Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 320 с.
7. Воронов А.А. Элементы теории автоматического регулирования. – М.: Военное издательство министерства обороны СССР, 1954. – 470 с.
8. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике (для научных работников и инженеров). – М.: Наука, 1974. – 832 с.
9. Силин Р.А., Сазонов В.П. Замедляющие системы. – М.: Советское радио, 1966. – 632 с.
10. URL: <https://eno-tek.ru/blog/teplo-blog/ultrasonic-method> (дата обращения: 19.05.2021).
11. R&S RTM3000 Oscilloscope. Specification. – 5214.9144.22 11.00 PDP/PDW 1 en. – 32 p.
12. URL: <https://www.kipiavp.ru/pribori/ultrazvukovoy-rashodomer.html> (дата обращения: 19.05.2021).
13. Расходомер ультразвуковой с накладными излучателями АКРОН-01. Руководство по эксплуатации АЦПР.407154.011 РЭ // URL: <http://www.signur.ru> (дата обращения: 20.05.2021).
14. URL: <https://www.rfparts.com/50fhb-020-10-n.html> (дата обращения: 05.09.2021).
15. Passive Probe LeCroy PP016. Instruction Manual. – Revision A. – 12.2008.
16. Калантаров П.Л., Цейтлин Л.А. Расчет индуктивностей. Справочная книга. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 488 с.
17. Лемешко Н.В. Отрицательное активное сопротивление и перспективы его применения в радиоэлектронике // Электромагнитная совместимость и проектирование электронных средств. Сб. науч. трудов / под ред. Кечиева Л.Н. – М.: МИЭМ, 2009. – С. 33–43.
18. Ефимов И.Е., Останькович Г.А. Радиочастотные линии передачи. – М.: Связь, 1977. – 408 с.



НОВОСТИ МИРА

УТВЕРЖДЕНЫ ПРАВИЛА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ СУБСИДИЙ КОМПАНИЯМ НА ВНЕДРЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

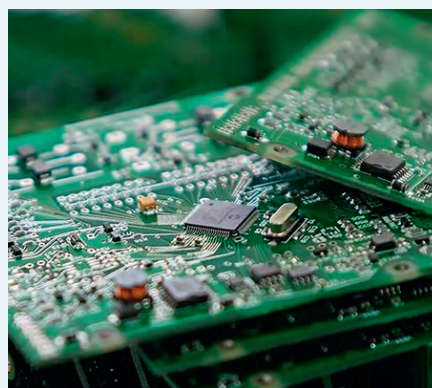
Председатель правительства Михаил Мишустин утвердил правила предоставления субсидий из федерального бюджета российским компаниям на финансовое обеспечение части затрат, связанных с внедрением российской продукции радиоэлектронной промышленности; соответствующее постановление от 27 сентября 2021 года № 1619 опубликовано на сайте правительства.

Как следует из документа, «внедрение российской продукции радиоэлектронной промышленности» – это «комплекс мероприятий, направленных на использование российской продукции радиоэлектронной промышленности в конечной продукции российских компаний, и (или) оказание услуг потребителям с использованием такой продукции, и (или) ведение прочей хозяйственной деятельности с использованием такой продукции».

«Российская продукция радиоэлектронной промышленности» определяется как радиоэлектронная продукция, включенная в единый реестр российской радиоэлектронной продукции.

Субсидии – до 4 миллиардов рублей в год – будут предоставляться на проекты внедрения российской продукции, которые планируется реализовать в ближайшие пять лет. При этом сама компания должна вложить

в проект не менее 100 миллионов рублей за весь период. Кроме того, организация должна взять на себя обязательство, что доля российской электроники в общем объеме проекта по итогам его реализации составит не менее 70%.



За счёт федеральных субсидий компании смогут возместить до 50% затрат. Деньги, в частности, разрешается направить на приобретение продукции и комплектующих, необходимых для её внедрения, модернизацию производства, переобучение сотрудников.

На господдержку могут претендовать проекты, которые одобрены и утверждены правительственной комиссией по цифровому развитию. Сбором заявок на получение субсидии и заключением соответствующих соглашений займётся Минпромторг.

Напомним, ранее правительство утвердило правила предоставления субсидий производителям радиоэлектроники.

РЕЕСТР РОССИЙСКОЙ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ И БАЛЛЬНАЯ СИСТЕМА

Планы Минпромторга в отношении использования Единого реестра российской радиоэлектронной продукции предусматривают введение оценки устройств, вошедших в реестр, в условных баллах, показывающих предпочтительность с точки зрения импортозамещения. Баллы начисляются за выполнение каждого из требований, предъявляемых к продукции.

В конце июня министерство опубликовало для общественного обсуждения проект постановления правительства, вносящего изменения в приложение к постановлению Правительства РФ от 17 июля 2015 г. № 719 «О подтверждении производства промышленной продукции на территории Российской Федерации». В документе описывается предложенная Минпромторгом «балльная система» для компьютеров, ноутбуков, сенсоров, печатных плат, микроконтроллеров и т.д. При этом отменяется обязательность использования отечественного процессора для попадания в перечень российской продукции.

В августе Минпромторг представил проект постановления правительства, предполагающего распространение «балльной системы» для вхождения в реестр отечественной электронной продукции на отдельные виды электронного оборудования в автомобилях.

Против введения такой системы выступают отдельные компании, эксперты, Консорциум отечественных разработчиков систем хранения данных «РосСХД».

d-russia.ru

Комплексное оснащение испытательных лабораторий по ЭМС

от мирового лидера по производству измерительного оборудования*

*Измерительное оборудование и антенны включены в Государственный реестр средств измерений



Хотите узнать подробности?



Реклама

ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real



Замена DS2409 на 12F629

Андрей Шабронов (shabronov@ngs.ru)

Микросхема DS2409 – это специальная микросхема и ключевой элемент увеличения длины линии интерфейса 1-wire. Она выполняет коммутацию шин, что позволяет «суммировать» и «вычитать» электрическую нагрузку элементов сети, создавать таким способом различные топологии и подключать достаточно большое количество элементов 1-wire. Поскольку выпуск DS2409 прекращён, а потребность использования осталась, в данной статье приведено описание схемы и программы замены DS2409 на широкодоступный микроконтроллер 12F629. Возможно применение микроконтроллеров данной серии для замены других элементов интерфейса 1-wire. Отметим, что микроконтроллер даёт возможность добавить новые функции систем измерений и оставить старые элементы интерфейса. Сохраняется наработанное программное обеспечение информационных систем, устраняется монополизм производителей специализированных микросхем и расширяется функциональность систем телеметрии.

Принципиальная схема

Принципиальная схема замены микросхемы DS2409 [1] на микроконтроллер (МК) 12F629 [2] для использования с интерфейсом 1-Wire фирмы Dallas Semiconductor представлена на рис. 1.

Схема выполняет «ветвление» или «разделение» шины 1-Wire на участки, поэтому используется термин «схема ветвителя» или «ветвитель». Стрелками показано состояние приёма или

передачи данных для соответствующего вывода МК.

Схема содержит узел управления на микросхеме U1 (12F629) и управляемые ключевые элементы на транзисторах Q1...Q5 (2N7000).

Диоды D1...D3 (1n5817) выполняют защитные функции от возможных импульсов положительных и отрицательных напряжений, наводимых на линию интерфейса 1-Wire. Кон-

денсатор C1 фильтрует возможные импульсные помехи по линии питания +5 В.

Поскольку интерфейс 1-Wire двунаправленный, для коммутации сигналов используется последовательное включение двух транзисторов от одного сигнала управления. Транзисторы Q 1, 2 управляются от вывода 6 (GP1) МК U1 (12F629), транзисторы Q 3, 4 управляются от вывода 3 (GP4) МК U1 (12F629).

Резисторы R1...R4 выполняют функцию «подтягивания» линии 1-Wire к положительному уровню +5 В. При установке МК на выводах управления высокого логического уровня +5 В управляемые транзисторы открываются, и линия разъёма XP3 (1w) соединяется с разъёмами XP1 (aux-1w) или XP2 (main-1w). Суммарное сопротивление соединения не превышает одного Ома.

И наоборот, при установке МК на выводах управления низкого логического уровня 0 В транзисторы закрываются, и суммарное сопротивление устанавливается максимально большим. Выходная линия отключается, и при этом выполняется «подтяжка» к уровню +5 В через резисторы R2, R3.

Контроль выходных шин MAIN-1W и AUX-1W на возможное короткое замыкание выполняется МК через вывод 2 (GP5) и вывод 5 (GP2). Таким образом, передавая сигнал запроса, можно определить исправность коммутируемых линий.

Управление МК осуществляется в стандарте 1-Wire. Через вывод 4 (GP3) сигналы принимаются от шины 1-Wire и через вывод 7 (GP0) передаются в линию 1-Wire.

Передачу сигнала выполняет управляемый транзистор Q5, который замыкает шину 1-Wire к уровню 0 В и тем самым формирует из него сигнал 0 стандарта 1-Wire для приёма на компьютере.

Временные интервалы замыкания формирует МК U1 (12F629). При использовании внутреннего RC генератора в 4 МГц погрешность сигналов управления составляет ± 1 мс, что не вызывает ошибок в сигналах при приёме и идентификации данных интерфейса 1-Wire.

Необходимо учесть дополнительный потребляемый ток МК в 1...3 мА по шине

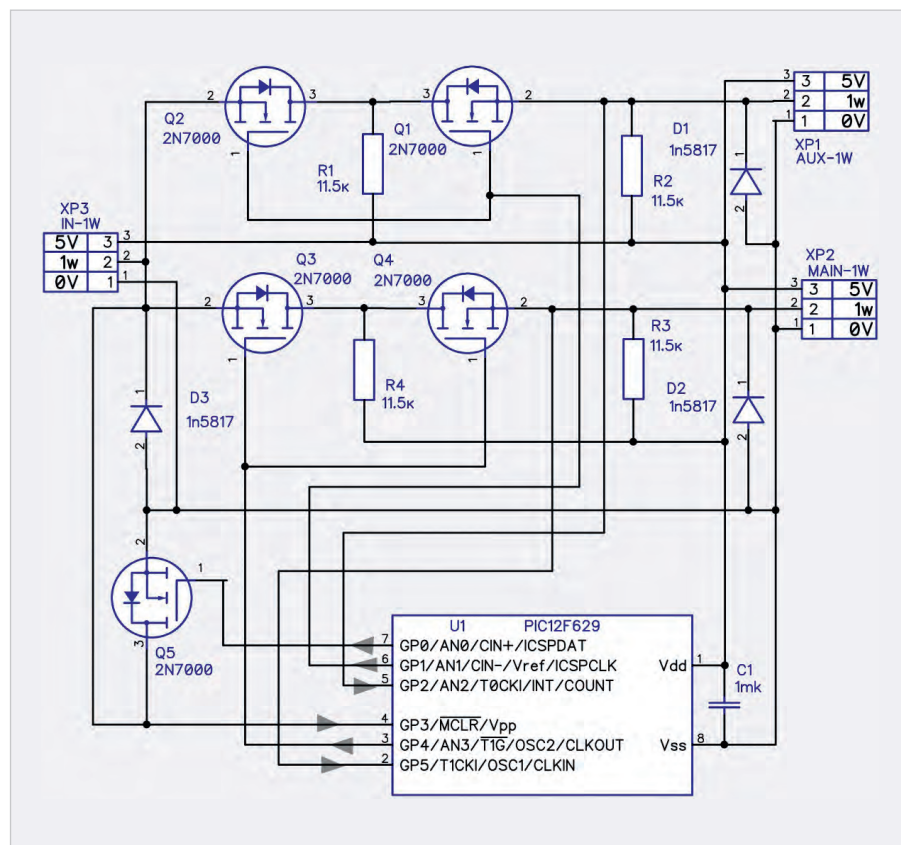


Рис. 1. Принципиальная схема замены DS2409 на 12F629

+5 В и возможное падение напряжения для длинной шины питания.

Конструкция

Схема и все компоненты собраны на печатной плате и предназначены для монтажа под «винт». На рис. 2 представлены: слева фото собранной печатной платы, справа 3D-модель той же платы. Печатная плата разработана в среде проектирования DipTrace, проект доступен в каталоге программ [3] и находится в файле **sh_12F675_kan1_v1.zip**.

Предусмотрена установка транзисторов в разных исполнениях ТО-92 и SOT-23. МК устанавливается через переходную колодку DIN-8, что позволяет модифицировать и изменять программное обеспечение и возможные функции использования.

Программное обеспечение

Для работы схемы замены используется программное обеспечение, совместимое с интерфейсом 1-Wire, которое подготовлено и представлено в [3]. Это программа термометрии **silos_v3.exe**, которая написана на языке программирования FORTH

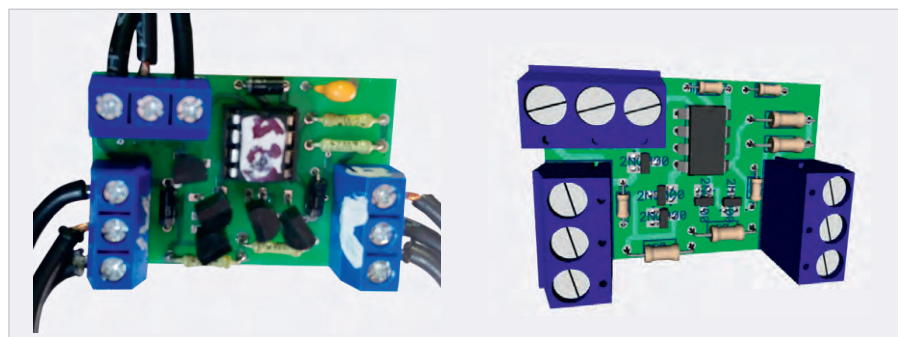


Рис. 2. Фото собранной платы замены DS2409 (слева) и её 3D-модель в DipTrace (справа)

[4]. Программа содержит все компоненты для программирования и модификации программы замены ds2409 [1] на 12F629 [2], а также печатные платы и схемы.

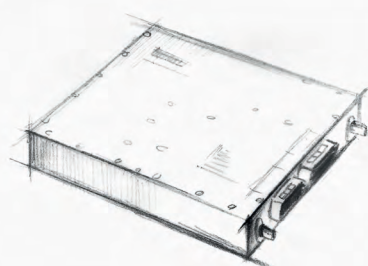
Программный код формируется в режиме «восстановление всех файлов – компиляция нового кода». Для получения кода и дальнейшей прошивки его через программатор требуется выполнить следующую последовательность действий с программой **silos_v3.exe** [3]:

- скачать архив по адресу [3] и распаковать исполняемый файл **silos_v3.exe** в отдельной папке;

- выполнить программу и в предлагаемом меню выбрать режим «восстановление всех исходных файлов» (нажать цифровую клавишу 3);
- программа выполнит восстановление всех исходных файлов и остановится;
- перейти в созданный каталог **test_monsys_exe** и выполнить командный файл **start_new_versii.cmd**;
- программа выполнит компиляцию нового кода, а также создаст каталог **hex_12f629_2409_v1**, в котором созданы файлы для МК. Данные файлы имеют номера, которые привязаны к номерам устройств

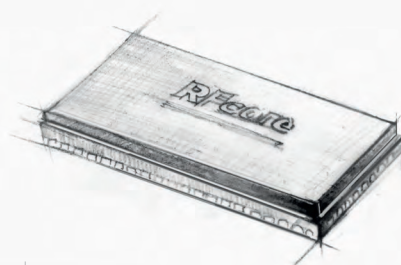


НОВЫЕ МОЩНОСТИ — НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ



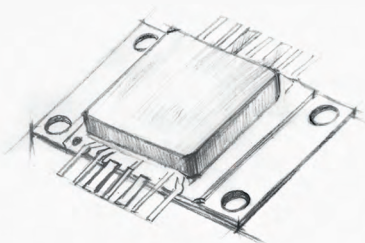
СВЧ-усилители мощности

- Диапазон частот: от HF до Ku
- Выходная мощность: 2...1000 Вт
- Типовое усиление: 25...65 дБ
- Рабочее напряжение: 28, 40 В



Многофункциональные CMOS MMIC

- Диапазон частот: S, C, X, Ku
- Выходная мощность: до 15 Вт
- Исполнение: QFN-корпус



GaN и GaAs MMIC

- Диапазон частот: 2...18 ГГц
- Выходная мощность: до 12 Вт
- Типовое усиление: 10...23 дБ
- Исполнение: QFN-корпус/кристалл

ProCHIP
POWERED BY PROSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

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

Реклама

Таблица 1. Представление кода идентификации в прямом и обратном виде

1	2	3	4	5	6	7	8
D2	01	2F	62	90	04	0B	1F
1F	0B	04	90	62	2F	01	D2

идентификации протокола 1-Wire. Например, файл **hex_12f629_2409_v1_D2012F6290040B1F.hex** предназначен для схемы ветвителя с номером **D2012F6290040B1F**. Для работы программы термометрии этот номер записывается в файле инициализации к соответствующим датчикам DS1820, чтобы обращаться именно к данному ветвителю с установленными для него датчиками.

Полученные файлы нужно записать в МК любым программатором для данного типа МК. Если не требуется модернизация программы, например, изменение кодов для обращения к ветвителям, то сформированный каталог можно удалить. Если изменили коды обращения, то оставляете сформированный файл **silos_v3.exe** и удаляете все предыдущие файлы. После компиляции сформированный файл **silos_v3.exe** содержит все новые изменения для работы с новыми номерами идентификации ветвителя. В новом файле изменится контрольная сумма и дата создания, размер файла останется прежним.

При более «серьёзной» модификации программы изменится и размер исполняемого файла. Рассмотрим несколько поясняющих примеров функционирования программного обеспечения для схемы ветвителя на 12F629 на языке программирования FORTH. Текст программы находится в файле **silos_v3_2409_v1.f** и компилируется через выполнение общей программы **silos_v3.f** с помощью файла **100_spf4.exe**. Для уточнения, где описание и где программа, фрагменты текста программ, «вырезанные» из основного текста, размещены в цветных квадратах.

Пример 1. Изменение идентификационного кода

В стандарте интерфейса 1-Wire доступ к «ведомым» элементам осуществляется по их идентификационному коду, который состоит из 8 байт [1]. Первый байт определяет функцию или тип устройства, далее 6 байт каких-либо номеров, а последний байт – контрольная сумма первых 7 байт.

Таким образом, формируется стандартизация интерфейса 1-Wire и его

устройств. Например, первый байт 0x28 определяет датчики температур DS18B20, первый байт 0x1F определяет ветвителя DS2409 и так далее.

Требуется выполнять стандартизацию обращения к устройствам интерфейса 1-Wire, поскольку в этом случае программное обеспечение производителя будет работать нормально со схемой ветвителя на МК.

Следовательно, можно изменять со 2-го по 7-й байт и оставлять 1-й байт с кодом 0x1F. Последний байт формируется по первым 7 байтам.

Для формирования последовательности номеров задействованы 2-й и 3-й байт. Остальные 4, 5, 6, 7-й байты не меняются, и допустимо записывать любую информацию.

Рассмотрим распределение байт идентификационного номера:

D2012F6290040B1F – код идентификации, где:

- 1F – тип устройства 1-Wire, ветвитель DS2409, и он заменён на 12F629;
- 040B – номер, формируемый программой в количестве 10 штук, начиная с 0403 до 040C;
- 012F6290 – постоянные байты, где записан тип используемого микроконтроллера;
- D2 – контрольная сумма первых 7 байт.

Отсчёт нумерации байтов может выполняться в разных направлениях и зависит от представления в программе. На нижнем уровне передача начинается с байта кода информации об устройстве, а в программном обеспечении верхнего уровня отображается в обратном виде. Представление кодов идентификации с разным видом дано в табл. 1.

- В файле программы **silos_v3_2409_v1.f** текстовым редактором находим строки, определяющие начальный номер идентификации:

```
CREATE ZAPROS_ACP_OUT_RGN1 0x3 C,
\ мл. байт
CREATE ZAPROS_ACP_OUT_RGN2 0x4 C,
\ ст. байт и меняем, например, старший байт на 0x1
```

Таким образом, будет формироваться последовательность 0103, 0104, ... 010C, всего 10 кодов.

Далее находим строку, определяющую количество файлов с идентификационными кодами:

```
CREATE KOLVO_PIC_UT 0xA, \ и изменяем на другое требуемое количество файлов, отличное от 10. Следует обращать внимание на различные способы записи чисел с разными форматами счисле-
```

ния. **0xA** – это число 10 в шестнадцатеричной системе счисления. Запись и отображение значения чисел контролируется через переменную **BASE**.

- В файле программы находим форт-слово **NAME_PIC_HEX_RG1** и изменяем значение постоянных байтов.

Например, после **ks** на месте 12F629 пишем простой ряд чисел от 0...7:

```
:NAME_PIC_HEX_RG1 S> hex_12f629_2409_v1_ks012F629000001F.hex>; – был текст форт-слова,
```

```
: NAME_PIC_HEX_RG1 S> hex_12f629_2409_v1_ks0123456700001F.hex>; – стал текст форт-слова,
```

Необходимо отметить, что имя формируемого файла содержит уточнение функции работы. Это все байты до **ks**. При необходимости данные по названию тоже можно поменять. Например:

```
: NAME_PIC_HEX_RG1 S> hex_12f629_2409_v1_ks012F629000001F.hex>; – был текст форт-слова.
```

```
: NAME_PIC_HEX_RG1 S> Novosibirsk_SibGUTIS_ks012F629000001F.hex>; – стал текст форт-слова.
```

Чтобы не нарушать структуру имени файловой системы, размер текста не должен превышать 255 байт.

- Выполняем компиляцию программы через командный файл **start_new_versii.cmd** и получаем файлы для программирования МК. В процессе выполнения программа посчитает контрольную сумму **ks** и подставит её в нужное место. В байтах 2-м и 3-м формируются номера с увеличением на +1 для младшего байта. Все данные записываются в HEX-формате в шестнадцатеричной системе счисления.

Для понимания отличия значения числа и его отображения в различных системах счисления (сс) приведём пример отображения натуральных чисел в интервале 0...16 в сс от 16 до 2 на языке FORTH.

```
\ начало текста программы
: PKZ_DEMO BASE @ DUP
  DECIMAL CR
  S" Ncc=" TYPE . CR    BASE !
  2DUP DO I . LOOP ;
: FORMAT_CH_DEMO HEX 0x10 0
  2 0x10 DO I BASE ! PKZ_DEMO
  -1 +LOOP HEX 2DROP ;
FORMAT_CH_DEMO
\ окончание текста программы.
```

Для работы программы нужно создать файл, например, **test.f** блокнотом, скопировать текст от комментария **\ начало** ... до комментария **\ окончание** ... и сохранить. Косая линия вле-

во – это начало комментария до конца строки, и также комментарии заключены в круглые скобки внутри форт-слов. Открыть файл **test.f** с помощью файла **100_spf4.exe**, т.е. выполнить программу. Программа выполнится, и в окне консоли отобразится одинаковый ряд натуральных чисел в системе счисления 16...2. Компилятор работает в Windows/XP/7/8/10 и доступен без ограничений [4].

Пример 2. Формирование низкоуровневых команд в конфигурации микроконтроллера

В форт-слове **START_БЛОК** определяются используемые подпрограммы и настройки МК.

Например, две следующие строки определяют режим установки порта МК:

```
status 5 bcf (выбор банка 0 бит 5=0)
porta clrf (установка и сброс порта, выполняется инициализация режима фиксации сигналов)
```

Поясним определение первой строки:

status – специальный регистр определен как **0x03 equ status**, согласно тех. описанию на МК;

5 – цифра, определяющая, какой бит установить в 0 для регистра **status**;

bcf – команда выполнения установки бита в указанный регистр.

Поясним определение **bcf**:

```
: bcf (status Ni – компилируем в область памяти команду по org уст. бита в 0)
```

```
|| status Ni || (локальные переменные)
```

```
-> Ni -> status (сохранили в локальных переменных)
```

```
0x1000 Ni 0x80 * + status + (Kkm – получили код команды)
```

```
WRITE_ORG (Kkm – запись и сдвиг на +1 и проверка на превышение);
```

В определяемом слове **bcf** слово **status** – это локальная переменная, а не специальный регистр. И значение локальной переменной приходит из входного стека, в нашем случае это 3 и 5.

Далее выполняется обработка для получения кода команды. Форт-слово **WRITE_ORG** записывает этот код в область памяти.

Поясним определение **WRITE_ORG**:

```
: WRITE_ORG (Kkm – запись и сдвиг на +1 и проверка на превышение)
```

```
0x100 /MOD SWAP 0x100 * + (перевернули мл. и ст. байты)
```

```
ORG 4+ @ ORG @ 2* + W! (записали словом в 2 байта)
```

```
ORG 1+! (переход к след. ячейке записи)
```

```
TEST_ORG_COMP (тестирование на превышение кол-ва компиляции ячеек);
```

В определяемом слове **WRITE_ORG** арифметические операции подготовки кода и сдвиг на +1 байт счетчика кода в переменной **ORG**.

Поясним определение **TEST_ORG_COMP**:

```
: TEST_ORG_COMP (тестирование на превышение кол-ва компиляции ячеек)
```

```
ORG @ ORG 2 4* + @ = IF UST_ATR_LIM_CMD (установка атрибутов цветности знаков для тревоги)
```

```
CR ." превышен код компиляции 0x3FF FORTH-ACEMBLER pic12f629 " (текст для тревоги)
```

```
5 0 BEGIN BEEP2 0x100 PAUSE exBEEP4 1+ 2DUP = UNTIL 2DROP (цикл 5 звуковых сигналов тревоги)
```

```
BYE (прекращение работы программы) THEN;
```

Используемая переменная **ORG** содержит значения текущей компиляции и

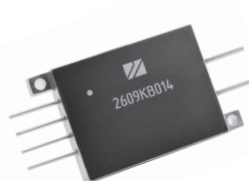
НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ МИКРОСБОРОК ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ОПК



4×10 A / 100 VDC



65 A / 100 VDC



± 20 A / ± 400 V



3×25 A / 600 VAC

Для постоянного тока

Для двунаправленного и переменного тока

Используются:

в аппаратуре спецназначения

Назначение:

в качестве нормально разомкнутого ключа для коммутации цепей постоянного и переменного тока

Заменяют:

электромагнитные реле малой и средней мощности, импортозамещение реле категории «Military»

возможное максимальное значение. Если они сравниваются, то выполняется IF-THEN – условие превышения, и на экране сформируется сообщение о превышении размера программы. Дополнительно прозвучит звуковой тревожный сигнал, и программа прекратит работу.

Все слова форт-ассемблерных команд МК доступны для модификации, что удобно при переходе к другим типам МК. Вторая строка данного примера определяется аналогично по тому же цепочному принципу поиска.

Описание цепочной структуры, т.е. определения форт-слов, показано в порядке последовательности работы.

В тексте программы определения расположены в обратном порядке, т.е. 2 строки примера завершают определение. Первым определяется переменная ORG, затем TEST_ORG_COMP и так далее. Завершает определение в нашем примере bcf.

На данном примере показано, что форт-слова допускают любую функцию или действие:

- исполняемое действие;
- компиляция в область памяти;
- указатель на переменную и значение.

Все форт-слова имеют цепочную связь, которая позволяет определить назначение, состав форт-слова, условия и возможности в работе.

Пример 3. При отсутствии сигналов по шине 1-Wire более 2 секунд выполняется сброс ключей шины MAIN и AUX

В исходной микросхеме DS2409 такого режима нет, но поскольку существует вероятность сохранения подключения коммутируемой шины из-за помех при передаче, автор счёл необходимым добавить такую функцию.

Используются три общих регистра, которые определены так:

```
0x26 equ time_n0 \ счетчик 0г времени паузы,
0x27 equ time_n1 \ счетчик 1г времени паузы,
0x28 equ time_n2 \ счетчик 2г времени паузы; итого 3 байта 2r1r0r
```

Интервал отсутствия сигнала на шине 1-Wire задаётся в форт-слове UST_TIME_I2M_PAUSE_1W# и оформлен подпрограммой.

\ задаём значения подсчета в переменные регистры, начиная с младшего байта

```
0x40 movlw \ тут можно и FF или 0
```

```
time_n0 movwf \ счётчик 0г времени паузы
0x4B movlw \
time_n1 movwf \ счётчик 1г времени паузы
0x04 movlw \
time_n2 movwf \ счётчик 2г времени паузы 04 4b 40 = 2 сек; если сигнала нет, выдается уст. 0 main aux
```

В форт-слове ST_RST_1W находится участок, который отвечает за фиксацию начала сигнала RST. Там и расположен учёт отсутствия сигнала.

(ждём перепада до --_ и если очень долго ждём, то выдаём сигнал уст. aux=main=0, т.е. выкл.)

```
ORG @ m1 ! porta 0x3 btfss \ проверка на 0 gp3 выв.4 in-out-1w пропустить, если =1
```

```
m1 goto \ нет 1 далее, есть 0 возврат m1
```

```
1 UST_TIME_I2M_PAUSE_1W# (подпрограмма уст. значения для паузы)
```

```
ORG @ m2 ! 1 I2M_TIME_PAUSE_1W# (подсчёт по отниманию 1 и, если =0, то выкл. aux-main)
```

```
porta 0x3 btfsc \ проверка на 0 gp3 выв.4 in-out-1w; пропустить, если =0
```

```
m2 goto \ нет 0 далее, есть 1 возврат m2
```

Если программа ждёт сигнала 0, то она «циклится», и выполняется подпрограмма I2M_TIME_PAUSE_1W#.

Поясним определение подпрограммы:

\ отнимаем 1 и смотрим, пока не будет всё 0, тогда выдаём сигнал выключения main aux

```
0x1 movlw \ значение 1 для вычитания в общий регистр
```

```
time_n0 0xF decfsz \ декремент вычесть 1 из f и пропустить, когда будет 0, т.е. к след. разряду
```

```
m10 goto \ уходим
```

```
time_n1 0xF decfsz \ декремент вычесть 1 из f и пропустить, когда будет 0, т.е. к след. разряду
```

```
m10 goto \ уходим
```

```
time_n2 0xF decfsz \ декремент вычесть 1 из f и пропустить, когда будет 0, т.е. выполним выкл.
```

```
m10 goto \ уходим
```

\ или выключаем main aux в случае всех 0 в time_n0 n1 n2

```
porta 0x1 bcf (b'001m-x1aw' m/4/= a/1/= w/0/= - выбор bsf=1 bcf=0 нет aux)
```

```
porta 0x4 bcf (b'001m-x1aw' m/4/= a/1/= w/0/= - выбор bsf=1 bcf=0 нет main)
```

```
1 UST_TIME_I2M_PAUSE_1W# (подпрограмма уст. значения для паузы)
ORG @ m10 ! (выход)
```

Таким образом, при «зависании» или ожидании сигнала RST сброса от ведущей шины 1-Wire периодически выдаётся сигнал 0 на управляемые транзисторы для их закрытия.

Необходимо обратить внимание, что большая точность данного интервала не требуется, и можно значения для регистров time_n0 time_n1 не устанавливать. Время определяет регистр time_n2, и примерное значение 1 равно задержке в 0,5 секунды. Более подробное изучение Форт-ассемблера выходит за рамки данной темы. Необходимо отметить, что в тексте программы имеются комментарии и пояснения по функционированию.

Выводы

Предложенная схема и программа замены специальной микросхемы на универсальный микроконтроллер позволяет снизить монополизм производителей и фирм, поставляющих электронные компоненты.

Универсальный микроконтроллер создаёт возможность формирования новых функций к работающим системам измерений без их существенной модификации.

Использование языка программирования FORTH и подготовленного на этом языке FORTH-ASSEMBLER позволяет легко переходить на другие типы микроконтроллеров и также создавать программы с хорошей оптимизацией кодов для микроконтроллеров с малым объёмом памяти.

Язык программирования FORTH, кроме Windows, работает на всех основных типах операционных систем (Linux, Unix, Android и т.д.), существующих в настоящее время, что позволяет использовать данную программу на любых компьютерах.

Литература

1. Описание DS2409 шины 1-Wire // URL: <http://www.gaw.ru/html/cgi/txt/ic/Maxim/1-Wire/start.htm>.
2. Описание 12F765 // URL: http://www.microchip.ru/files/d-sheets-rus/PIC12F629_675.pdf.
3. Каталог программы, платы: URL: http://90.189.213.191:4422/doc_sh/toguchin_2020n/test/ и копия в «облачном хранилище»: URL: https://disk.yandex.ru/d/aKAo_DVD1LzrUQ.
4. Описание языка Форт spf4.exe, автор версии А. Черезов // URL: <http://www.forth.org.ru/>.

НОВОСТИ МИРА

КАК ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ ВМЕСТЕ С РАЗВИТИЕМ 5G И ПЕРИФЕРИЙНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ СТИМУЛИРУЕТ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИННОВАЦИИ

Даже учитывая то, что количество подключённых устройств IoT в потребительском пространстве в настоящее время превышает количество подключённых устройств IoT в промышленности, инвестиции в промышленный IoT демонстрируют рост с точки зрения межотраслевых решений, а также устройств, предназначенных для удовлетворения потребностей конкретных секторов.

В исследовании консалтинговой фирмы Reply «Промышленный Интернет вещей: проверка реальности» рассмотрены две ключевые области, которые способствуют развитию IoT на промышленном рынке: интеллектуальное производство; интеллектуальный транспорт и логистика.

Соединяя оборудование и инструменты, промышленный Интернет вещей (IIoT) позволяет компаниям-производителям улучшить наглядность своего производства в режиме реального времени. Огромный объём данных, генерируемых устройствами IIoT, служит топливом для оптимизации производства, повышения качества доставки, внедрения профилактического обслуживания, автоматизации цепочки поставок и многого другого.

«Без промышленного Интернета вещей "Индустрия 4.0" не может существовать, — утверждает технический директор консалтинговой фирмы. — Данные — это топливо для всех "умных" сценариев использования в промышленном мире. Промышленный Интернет вещей — это ключевой элемент, который гарантирует инфраструктуру для сбора данных, их отправки в облако и управления пост-анализом обратной связи — всё это является частью целого круга преимуществ для бизнеса».

Несмотря на сложный экономический климат 2020 года, в обоих кластерах («Европа-5» — Германия, Италия, Франция, Бельгия и Нидерланды и «Большая пятёрка» — США, Китай, Индия, Бразилия и Великобритания) наблюдался небольшой, но заметный рост инвестиций в интеллектуальные предприятия, а также в область интеллектуального транспорта и логистики. К 2025 году ожидается дальнейший и гораздо более значительный рост. Ожидается, что к 2025 году объём кластера «Большой пятёрки» во главе с США превысит 86 млрд евро с серьёзными инвестициями в платформы, решения для прогнозирования и удалённого мониторин-



га. Рынок интеллектуального транспорта и логистики должен превысить 15 млрд евро. В кластере «Европа-5», с другой стороны, ожидается, что рынок умных фабрик почти утроится во всех странах, достигнув в общей сложности более 23 миллиардов евро в пяти рассматриваемых странах во главе с Германией. Платформы настроены на экспоненциальный рост, и предприятия будут инвестировать в улучшение управления качеством и снижение затрат. Германия также останется лидером в области интеллектуального транспорта и логистики, но в других странах кластера по-прежнему будет наблюдаться значительный рост. Ожидается, что в 2025 году этот кластер достигнет общей стоимости 3,6 млрд евро.

Внедрение недорогих датчиков и сетей 5G, обусловленное крупными инвестициями телекоммуникационных компаний, ещё больше улучшит распространение промышленного Интернета вещей. Например, ожидается, что улучшенная связь между автономными транспортными средствами/роботами, искусственным интеллектом и механизмами в сочетании с повышенной вычислительной мощностью и очень низкой задержкой повысит не только эффективность предприятий, но и их безопасность. Кроме того, возможность создавать частные сети с высокой плотностью размещения позволит более широко использовать промышленный IoT, а также подключать значительное количество датчиков, оборудования, транспортных средств и роботов в дополнение к более широкому использованию дополненной и виртуальной реальности для поддержки «подключённых работников».

Постоянный рост количества подключённых устройств и их неоднородность требуют чёткого управления безопасностью настройки и политики обслуживания как устройств, так и сетей. Основываясь на своём опыте,

исследователи считают, что организациям необходимо внедрять микросегментированные среды (локальные и/или облачные), которые являются стабильными и готовыми реагировать как на традиционные, так и на новые опасные технологии и методы, тем самым снижая вероятность того, что новые виды атак будут успешными. Анализ архитектуры Интернета вещей, промышленных компонентов и всей инфраструктуры поможет компаниям заранее устранить существующие пробелы, уязвимости и угрозы. Но это гораздо больше, чем просто технологический вопрос: программы обучения сотрудников, наряду с изучением и постоянным тестированием всех используемых устройств, также будут иметь решающее значение.

Если в последние годы технологии промышленного Интернета вещей были приняты и использовались, прежде всего, для повышения эффективности заводов и логистических центров, то во время пандемии новые инвестиции были направлены в первую очередь на повышение безопасности работников. Однако ожидается, что долгосрочная тенденция напрямую затронет конечных потребителей. Успех так называемых «подключённых продуктов» на самом деле ускоряет инвестиции в решения, в которых сбор и обработка данных задействует не только производственное оборудование, но и использование готовой продукции. Модернизация процессов проектирования, производства и распространения продуктов, подключённых к Интернету вещей, позволяет создавать дополнительные услуги и облегчает возможность удалённого обновления и обслуживания бытовой техники, автомобилей, роботов, электроники и развлекательных устройств.

vestnik-glonass.ru

Четырёхканальный ретранслятор 1-Wire на основе 12F629

Андрей Шабронов (shabronov@ngs.ru)

Системы сбора данных часто сталкиваются с проблемой длинной линии, которая может решаться разными техническими методами. В данной работе приведено описание схемы и программного обеспечения метода ретрансляции сигнала для линии интерфейса 1-Wire на основе микроконтроллера 12F629 на четыре независимых направления. Представлен процесс ретрансляции данных для температурных датчиков DS1820, которые удалены на расстояние, превышающее допустимую длину линии, и поэтому не имеют условий устойчивой работы из-за искажений в кабеле. Ретрансляция сигналов создаёт альтернативу замене специальных микросхем коммутации интерфейса 1-Wire DS2409, выпуск которых прекращён. Работа микроконтроллеров данной серии в качестве ретрансляторов сигналов интерфейса 1-Wire позволяет добавлять новые функции систем измерения и оставить старые элементы интерфейса. Сохраняется наработанное программное обеспечение информационных систем, устраняется монополизм производителей специализированных микросхем и расширяется функциональность систем телеметрии.

Функциональная схема ретрансляции данных интерфейса 1-Wire на МК 12F629

Согласно информационной модели связи OSI [1] существуют семь уровней взаимодействия между компьютерами, или, в нашем случае, имеется два участка: компьютер – МК, МК – датчик DS1820. Поскольку нижний физический уровень интерфейса 1-Wire двунаправленный, ретрансляция данных может существовать только на верхнем, протокольном уровне обмена или сеанса. Необходимо выполнить ретрансляцию как повторение сеанса обмена, т.е. задействовать все уровни взаимодействия. На рис. 1 показана функциональная схема одного канала и временные диаграммы сеанса получения данных через ретранслятор на основе МК 12F629.

Ретранслятор на МК 12F629 имеет свой уникальный номер по стандарту 1-Wire и определяется как устройство, которого нет в существующей базе производителя. При определении программой производителя выдаётся сообщение о ретрансляторе как о метке с неизвестного устройства. На рис. 2 представлена группа устройств с указанными номерами, которые определила программа iButton Viewer.

Крайний байт справа идентифицирует функцию устройства, а именно:

- 6C3C01D6077F6F28 – цифровой датчик температуры DS1820;
- DE00000003C47D1F – «ветвитель» линии 1-Wire DS2409;
- 5C000003F2B39609 – адаптер 1-Wire DS9097U;
- 90012F6290040C5F – МК 12F629, который не определяется программой, так как ретранслятора нет в базе производителя устройств.

Видно, что программа определила два датчика температуры с байтом 0x28 и два ветвителя с байтом 0x1F, но отображено в развёрнутом виде на рис. 2 только по одному найденному устройству. Таким образом, ретранслятор можно определить имеющимся и разработанным ранее программным обеспечением. Датчики также определяются этим программным обеспечением и затем переключаются в линии каналов ретрансляции. Идентификационный номер 0x5F для ретранслятора автор установил выше номеров известных на данный момент устройств. Определение подключаемых каналов и их коммутация построены по аналогии с ветвителями DS2409. Используются два байта контроля и управления: первый для определения состояния и второй для подключения к каналу. Для выбора канала задаётся байт подключения, который определяется как: 0xCC – 1-й канал MAIN, 0x33 – 2-й

канал AUX, 0xCF – 3-й канал MAIN2, 0x3F – 4-й канал AUX2.

Пакет доступа к датчику DS1820 с номером 6C3C01D6077F6F28, если он подключён к 3-му каналу ретранслятора МК 12F629 с номером 90012F6290040C5F, выглядит так:

<RST>–0x55–<90012F6290040C5F>0xCF–0xFF–0xDF–<6C3C01D6077F6F28>,

где:

- <RST> – последовательность байт команды сброса, которая зависит от типа адаптера;
- 0x55 – стандартный байт «назначить устройство 1-Wire», все последующие 8 байт – это номер адресуемого устройства на шине 1-Wire. В данном примере это <90012F6290040C5F>;
- 0xCF – байт назначает 3-й канал MAIN2 для работы в ретрансляционном режиме;
- 0xFF – байт определения состояния. Он возвращает данные о наличии 0 В или +5 В на выходах МК для контроля возможности последующей ретрансляции. Следовательно, если определится 0 В, то этот канал неисправен, и, возможно, какой-либо датчик замкнул линию. Кроме того, всегда возвращается 7-й бит = 0, если производится запрос, ретранслятор в наличии и отвечает;
- 0xDF – байт команды на передачу данных. Всего используется три команды для управления режимом ретрансляции, которые определяются соответствующим битом в байте. Все другие биты должны быть равны единице:
 - 1011-1111=0xBF, 6-й бит = 0 – выполняется команда сброса всех режимов МК и установка выходных уровней в +5 В;
 - 1101-1111=0xDF, 5-й бит = 0 – выполняется назначение номера температурного датчика, ретранслируемого в используемый канал;
 - 1110-1111=0xEF, 4-й бит = 0 – выполняется приём данных ранее назначенного температурного датчика.

В алгоритме работы с датчиками требуется убедиться в исправности МК ретранслятора, передав номер и получив байт ответа. Далее – передать пакет с командой и номером датчика,

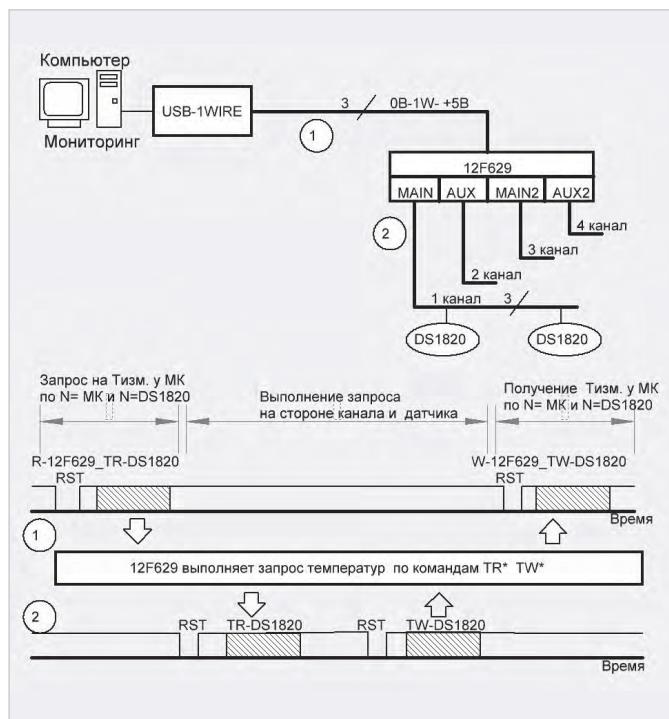


Рис. 1. Функциональная схема одного канала ретрансляции

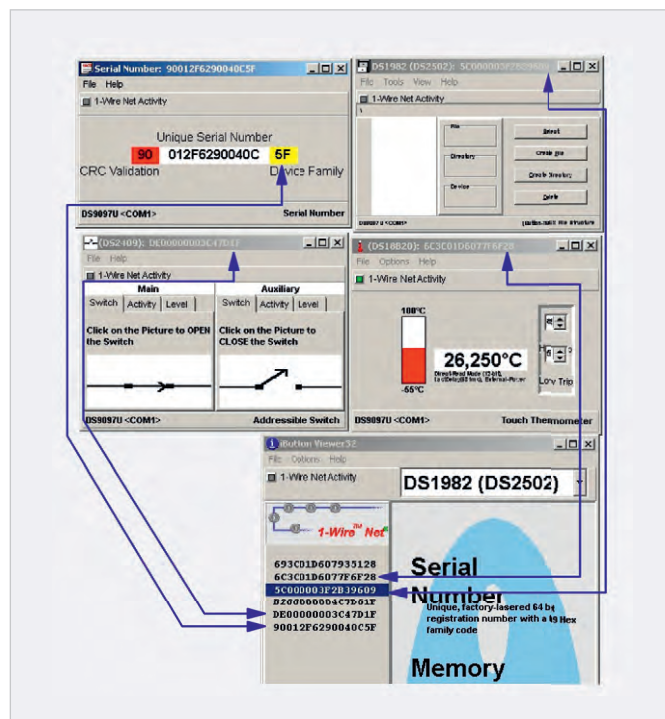


Рис. 2. Определённые устройства на шине 1-Wire с МК 12F629

выждать паузу на ретрансляцию и передать пакет на получение данных температуры. Поддерживается весь протокол обмена датчика DS1820, что даёт возможность назначить и другие режимы при необходимости. Время ретрансляции и получения ответа выбрано, исходя из максимально возможной точности, и не превышает 700 мс.

Принципиальная схема

Принципиальная схема ретрансляции на микроконтроллере (МК) 12F629 [2] для использования с интерфейсом 1-Wire фирмы Dallas Semiconductor представлена на рис. 3.

Схема ретранслирует сигналы шины 1-Wire от разъёма XP5 (IN-1W) на четыре возможных направления: XP1 (AUX2), XP2 (AUX), XP3 (MAIN2), XP4 (MAIN). Выбор направления определяется программой верхнего уровня. Стрелками показано состояние приёма и передачи данных только для однонаправленных режимов на выводах МК. Режимы работы выводов МК для четырёх выходных каналов двунаправленные и с внутренним «подтягивающим» сопротивлением, что обеспечивает постоянный режим «подтяжки» для датчиков DS1820.

Схема содержит узел управления на микросхеме U1 (12F629) и управляемый ключевой элемент на транзисторе Q1 (2N7000).

Диоды D1...D5 (1n5817) выполняют защитные функции от возможных импульсов положительных и отрица-

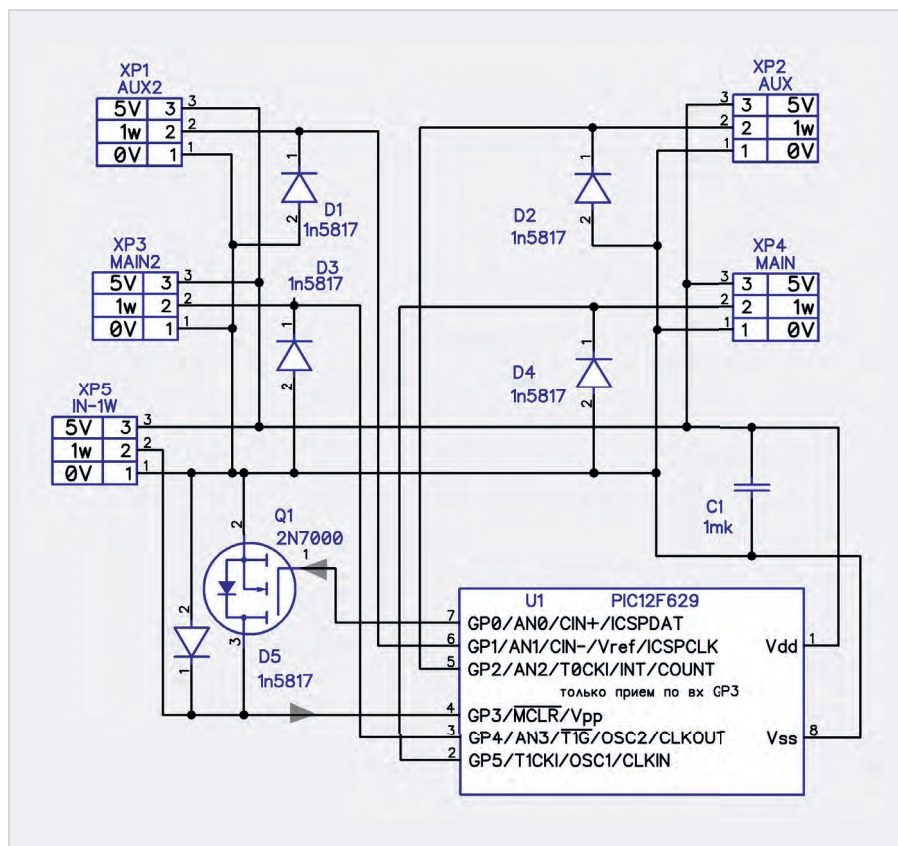


Рис. 3. Принципиальная схема четырёхканального ретранслятора 1-Wire на 12F629

тельных напряжений, наводимых на линию интерфейса 1-Wire. Конденсатор C1 фильтрует возможные импульсные помехи по линии питания +5 В.

Поскольку интерфейс 1-Wire двунаправленный, выходные каналы ретрансляции МК установлены на передачу и с «подтяжкой» от внутреннего источника. При-

ём 1-Wire осуществляется через вывод 4 (GP3), который для данного семейства МК всегда функционирует только на приём.

Таким образом, управление МК осуществляется в стандарте 1-Wire. Через вывод 4 (GP3) сигналы принимаются и через вывод 7 (GP0) передаются в линию 1-Wire.

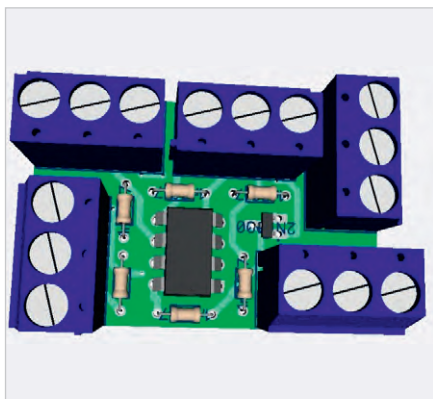


Рис. 4. 3D-модель в DipTrace печатной платы четырёхканального ретранслятора

Передачу сигнала выполняет управляемый транзистор Q1(2N7000), который замыкает шину 1-Wire к уровню 0 В и тем самым формирует из него информационный сигнал нуля или единицы стандарта 1-Wire для приёма на компьютере.

Временные интервалы замыкания формирует МК U1(12F629). При использовании внутреннего RC генератора в режиме работы 4 МГц погрешность сигналов управления составляет ± 1 мкс, что не вызывает ошибок в сигналах при приёме и идентификации данных интерфейса 1-Wire.

Необходимо учесть дополнительный потребляемый ток МК в 1...3 мА по шине +5 В и возможное падение напряжения для длинной шины питания.

Конструкция

Схема и все компоненты собраны на печатной плате и предназначены для монтажа «под винт». На рис. 4 представлена 3D-модель платы. Печатная плата разработана в среде проектирования DipTrace, проект доступен в каталоге программ [3] и находится в файле **sh_12F629_reg1_v1.zip**.

Предусмотрена установка транзистора в разных исполнениях TO-92 и SOT-23. МК устанавливается через переходную колодку DIN-8, что позволяет модифицировать и изменять программное обеспечение и возможные функции использования.

Программное обеспечение

Для работы схемы ретранслятора используется программное обеспечение, совместимое с интерфейсом 1-Wire, которое представлено в [3]. Это программа термометрии **silos_v3.exe**, подготовленная на языке программирования FORTH [4]. Программа содержит все компоненты для программирования и модификации режимов работы

МК 12F629 [2], а также печатные платы и схемы.

Программный код формируется в режиме «восстановление всех файлов – компиляция нового кода» [5] и доступен в [3], файл **silos_v3.exe**.

Рассмотрим несколько поясняющих примеров функционирования программного обеспечения для схемы ретранслятора на 12F629 на языке программирования FORTH. Текст программы находится в файле **silos_v3_12f629_regn_v1.f** и компилируется через выполнение общей программы **silos_v3.f** с помощью файла **100_spf4.exe**. Для уточнения, где описание и где программа, фрагменты текста программ, «вырезанные» из основного текста, размещены в цветных врезках.

Внимание: так как компиляция занимает время, подключение библиотек для приведённых других авторских устройств в данной программе переведено в комментарий – косая черта влево. При компиляции сразу нескольких библиотек их состав «пересекается», и в этом случае будет выдаваться сообщение о дублировании форт-слов. Дублирование форт-слов создаёт избыточность кода и является источником ошибок в работе основного алгоритма программы сбора данных термометрии.

Пример 1. Запрос по шине ретранслятора к датчикам с использованием косвенной адресации

Данные о номере датчика передаются от главного ПК и записываются в ячейки с названием NUM_BT0...7.

```
0x2B equ NUM_BT0 \ нач. байт приёма данных - 9300080100D00528, итого 8 регистров
```

```
* * * \ регистры от 0x2B до 0x32
0x32 equ NUM_BT7 \ конечный байт
```

Для обращения к данным для чтения и записи восьми байт номера датчика и побитной передачи-приёма в канал ретрансляции используются регистры косвенной адресации.

```
0x04 equ FSR \ адрес косвенного регистра для работ с INDF
```

```
0x00 equ INDF \ регистр косвенной адресации
```

Текущий используемый номер регистра находится в FSR, а действия с ним выполняются в INDF.

Рассмотрим подпрограмму **WORKS_DAN_MAIN_SBORS_NUM_BT#** передачи сигнала сброса RST в канал MAIN ретранслятора с фрагментом ретран-

сляции номера термодатчика DS1820 методом косвенной адресации.

```
\ выдан сигнал RST и код байта 0x55, назначить номер датчика.
Далее выдаём этот номер
0x2B movlw \ в акм. первый байт данных хранения номера
FSR movwf \ передали в косвенный регистр значение регистра первого байта
0x8 movlw \ количество байт в номере, т.е. 8 байт
N_1W8 movwf \ передали в счётчик учёта байт
ORG @ m1 ! INDF movf \ из регистра в акм. Передали байт
1 MAIN_OUT_8BT# \ подпрограмма передачи байта в шину main из акм.
0x80 movlw \ значение паузы на 50 мкс между байтами
1 PAUSE_1W# \ выполняем паузу через подпрограмму
0x1 movlw \ единица для увеличения номера регистра байта данных
FSR 0xF addwf \ складываем адрес FSR+1, т.е. переходим к сл. байту.
N_1W8 0xF decfsz \ вычитаем 1 из счётчика байт и пропускаем, когда 0. Т.е. выйти из пп.
m1 goto \ повторяем следующие байты, если они не закончились.
```

Таким образом, косвенная адресация позволяет циклически обращаться к регистрам хранения данных. В данном примере полученные данные ретранслируются далее к датчику.

Необходимо обратить внимание на паузу между передачами байта. С шиной +5 В можно от паузы отказаться. В этом случае пакет идёт «плотно». Если используется двухпроводный режим с паразитным питанием, то без паузы этого питания не хватает для работы датчика DS1820, поскольку сопротивление подтяжки в МК 12F629 составляет около 10 кОм.

Пример 2. Передача кода формата 1-Wire в шину ретранслятора

Передаётся байт из аккумулятора в шину ретранслятора в подпрограмме форт-слова **MAIN_OUT_8BT#**.

```
BYAT_1W movwf \ данные в регистр из акм. Передача бита=0
```

```
0x8 movlw \ количество бит в байте, т.е. кол-во циклов
```

```
N_1W movwf \ счётчик загрузили
ORG @ m1 ! porta 0x5 bcf \ GP5 установили в 0 - это вывод ретранслятора MAIN
```

```
BYAT_1W 0x0 btfsf \ проверка на 0 b=0. Пропустить, если =0
```



```

m3 goto \ пришла 1, далее пере-
дача, что это 1 сигнал \_/-----
m5 goto \ пришло 0
ORG @ m3 ! 0x2 movlw \ ставим зна-
чение 2 для сигнала =1=
1 PAUSE_1W# \ -- пп паузы
0x18 movlw \ ставим значение для
периода при сигнале 1
m4 goto \ уходим на выключение
ORG @ m5 ! 0xC movlw \ ставим зна-
чение 0xC для сигнала =0=
1 PAUSE_1W# \ -- пп паузы
0xE movlw \ ставим значение для
периода при сигнале 0
ORG @ m4 ! porta 0x5 bsf \ GP5 уста-
новили в 1 выкл./-- оконч. имп.
1 PAUSE_1W# \ -- пп паузы по дан-
ным в акм.
BYAT_1W 0xF rrf \ сдвигаем вправо
байт с данными для следующего бита
0x1 movlw \ единица для декре-
мента счётчика бит
N_1W 0xF decfsz \ вычесть 1 из f
и пропустить, когда будет 0, т.е.
выйти из пп
m1 goto \ продолжаем передавать
или выходим

```

В данном примере для поддержания одинакового периода передачи сигнала устанавливается разная задержка при сигнале 1 или 0, но так, чтобы общая длительность была одинаковой. То есть период одинаков и равен $0x1A$. Сигнал нуля и пауза нуля – $0xC + 0xE = 0x1A$, и сигнал единицы и пауза единицы – $0x2 + 0x18 = 0x1A$.

Для частоты МК 4 МГц представленные в программе задержки формируют сигналы в 10...12 мкс и 45...50 мкс стандарта 1-Wire для передачи единицы и нуля.

Пример 3. При нажатии разных клавиш формируется разное звуковое подтверждение

Рассмотрим более высокий уровень программирования на FORTH. Нарботано огромное количество прикладных программ и библиотек в системе Windows. Покажем использование DLL-библиотеки на примере звуковой сигнализации. В системах термометрии зачастую удобно привлекать внимание персонала разными звуковыми комбинациями или мелодиями. Далее приведён пример программы, которая при нажатии на клавиши клавиатуры выдаёт звуковые сигналы с разными частотой и длительностью или проигрывает файл формата mid/kar.

```

\ начало текста программы
WINAPI: mciSendStringA WINMM.DLL

```

```

WINAPI: Beep KERNEL32.DLL
WINAPI: ShellExecuteA SHELL32.DLL
CREATE ADR1 0x100 ALLOT
: CONCAT-TO >R 2SWAP SWAP OVER
R@ SWAP MOVE R> + SWAP MOVE ;
: CONCAT 2OVER NIP OVER + DUP
>R 1+ ALLOCATE THROW DUP
>R CONCAT-TO R> R> 2DUP + 0
SWAP C! ;
: MID1 0 0x100 ADR1
S" OPEN muz.mid ALIAS MUSIC"
DROP mciSendStringA
0= IF CR S" OK muz.mid " TYPE
0 0x100 ADR1 S" PLAY MUSIC" DROP
mciSendStringA DROP ELSE
S" ? muz.mid" TYPE THEN ;
: MID2 CR S" stop muz.mid " TYPE
0 0x100 ADR1 S" STOP MUSIC" DROP
mciSendStringA DROP 0 0x100
ADR1 S" CLOSE MUSIC" DROP
mciSendStringA DROP ;
: DIRM ( An n -- ) DROP 5 0 0 3
ROLL S" OPEN" DROP 0
ShellExecuteA DROP ;
: DIR1 S" http://90.189.213.191:"
S" 4422/poteha/mid/muz.mid"
CONCAT DIRM ;
: DIR2 S" https://disk.yandex."
S" ru/d/duzQ8WKSeH4opA"
CONCAT DIRM ;
: ZWUK Beep DROP ;
: ZW1 DUP 0x10 * 0x100 SWAP 2DUP
. . ZWUK ; DECIMAL
: PIK_OT_KEY CR S" Выход - ПРОВЕЛ"
S" продолжить - любая другая"
2SWAP ANSI>OEM TYPE ANSI>OEM
TYPE 1 BEGIN ZW1
DUP [CHAR] 0 = IF MID1 THEN
DUP [CHAR] 9 = IF MID2 THEN
DUP [CHAR] 8 = IF DIR1 THEN
DUP [CHAR] 7 = IF DIR2 THEN
DROP KEY DUP 0x20 = UNTIL ;
0 TO SPF-INIT?
' NOOP MAINX !
' PIK_OT_KEY TO <MAIN>
S" test2.exe" SAVE
BYE
\ окончание текста программы

```

Программа компилируется и сохраняется в формате приложения. Для работы программы нужно создать файл, например **test.f**, блокнотом, скопировать текст от комментария \ начало ... до комментария \ окончание ... и сохранить. Косая линия влево – это начало комментария до конца строки, и также комментарии заключены в круглые скобки внутри форт-слов. Открыть файл test.f с помощью файла 100_spf4.exe, т.е. выполнить программу. Программа выполнится и сформирует файл приложения **test2.exe**.

Этот файл необходимо выполнить и, нажимая клавиши, проверить звуковые комбинации для контроля. Для проигрывания звуковых файлов формата mid или kar (файлы для караоке) нажмите кл. 7, чтобы открыть архив «облачного хранения». Скопируйте желаемый музыкальный файл в рабочее место программы и переименуйте вместе с расширением в имя **muz.mid**. Возможно воспроизведение и других типов звуковых файлов, которые поддерживает данная библиотека: avi, wav и т.д. Смотрите описание версии библиотеки. Программа показывает вариант доступа к сетевым ресурсам. В форт-словах **DIR1**, **DIR2** можно указать любой другой адрес или сайт, который откроется. Компилятор работает в Windows/XP/7/8/10 и доступен без ограничений [4].

Выводы

Свойства языка FORTH создают основу дальнейшего развития систем измерений методом сохранения всех компонентов исходной программы в исполняемом файле.

Если расширение и модернизация не требуются, то исполняемый файл в работе функционирует как исполнитель. Если требуется модернизация, то из «тела» исполняемого файла извлекаем все файлы и компоненты для модернизации и расширения. После модернизации вновь формируем исполняемый файл, содержащий все созданные изменения.

Предложенная схема и программа ретрансляции сигналов интерфейса 1-Wire на универсальном микроконтроллере позволяет увеличить расстояние измерений при сохранении исходных измерительных узлов.

Литература

1. Сетевая модель OSI // URL: <https://info-comp.ru/sisadminst/161-modelosi.html>.
2. Описание 12F765 // URL: http://www.microchip.ru/files/d-sheets-rus/PIC12F629_675.pdf.
3. Каталог программы, платы // URL: http://90.189.213.191:4422/doc_sh/toguchin_2020n/test/; копия в «облачном хранилище» // URL: https://disk.yandex.ru/d/aKao_DVD1LzrUQ.
4. Черезов А. Описание языка FORTH spf4.exe // URL: <http://www.forth.org.ru/>.
5. Применение интерфейса 1-Wire... // Современная Электроника. 2020. № 8. С. 42–45.



НОВОСТИ МИРА

**Состояние рынка устройств
Интернета вещей**

Консалтинговая фирма IoT Analytics выпустила отчёт «Состояние Интернета вещей — лето 2021 года» и обновлённый «Анализ рынка сотового Интернета вещей и энергосберегающих технологий (LPWA)» (III квартал 2021 года), объявив, что количество подключённых устройств Интернета вещей на 9% в год.

Несмотря на нехватку микросхем и сильное влияние COVID-19 на цепочку поставок, рынок Интернета вещей продолжает расти. Аналитики ожидают, что в 2021 году глобальное количество подключённых устройств IoT вырастет до 12,3 млрд активных конечных точек. К 2025 году, по их мнению, нас ждёт более 27 млрд подключений к Интернету вещей.

Фактические данные по количеству подключённых устройств IoT на середину 2020 года оказались немного ниже прогноза (прогнозируемые 11,7 млрд по сравнению с фактическими 11,3 млрд).

Прогноз общего количества подключённых устройств IoT в 2025 году также снижен до 27,1 млрд (против 30,9 млрд, прогнозируемых год назад). Два критических фактора приводят к появлению «вмятины» на кривой роста.

1. Пандемия COVID-19 повлияла как на спрос, так и на предложение. Предложение было сокращено, поскольку производство временами останавливалось, а цепочки поставок и доступ к сырью не были в порядке. В первой половине 2020 года бюджеты были заморожены. Во второй половине 2020 года спрос вернулся, но предложение часто прерывалось. Многие инициативы IoT были остановлены или, в некоторых случаях, отменены в 2020 году. В 2021 году последствия коронавируса продолжали оказывать значительное влияние на некоторые регионы, что привело к дополнительным проблемам в цепочке поставок, таким как нехватка судов и транспортных контейнеров и загруженность портов.

2. Нехватка чипов. Первоначально нехватка чипов была побочным продуктом воздействия COVID-19 на цепочку поставок. Однако это стало отдельной проблемой: объём предложения не позволяет удовлетворить мировой спрос на микросхемы. Нехватка чипов сначала повлияла на автомобильную промышленность, а затем распространилась на другие сегменты, такие как смартфоны, телевизоры, игры и Интернет вещей. Ожидается, что в 2021 году нехватка микросхем будет фактором ещё до



двух последующих лет, прежде чем появятся достаточно дополнительных производственных мощностей. Текущий дефицит настолько распространён, что из 3000+ проанализированных публичных компаний 11% упомянули «нехватку чипов» в своих конференц-звонках во втором квартале 2021 года.

Ожидается, что эти два фактора будут иметь негативное влияние в течение нескольких лет.

С точки зрения возможности подключения новые технологические стандарты, такие как 5G, Wi-Fi 6 и LPWA, управляют подключением устройств. «Джокером» в этом сочетании является спутниковый Интернет вещей, который может оказать большое влияние на последнюю часть прогнозного периода.

Важно отметить, что хотя прогноз общего количества подключений к Интернету вещей был снижен из-за вышеупомянутых причин, рынки Интернета вещей в целом ускоряются после COVID-19. Ускорение Интернета вещей обусловлено инвестициями в дополнительные программные инструменты и приложения, а также необходимой интеграцией. Глобальные расходы на корпоративный Интернет вещей в 2020 году выросли на 12,1%, достигнув \$128,9 млрд.

Количество подключённых устройств Интернета вещей, использующих сотовые технологии, выросло на 18% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года и достигло 2 млрд к концу первого полугодия 2021 года. На China Mobile, China Telecom и China Unicom приходится почти три четверти рынка. За последние 12 месяцев China Telecom выросла на 42% и увеличила свою долю рынка более чем на два процентных пункта. Vodafone продолжает лидировать на мировом рынке за пределами Китая с долей мирового рынка 6%. Компания из США AT&T выросла на 22% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года и занимала 4% мирового рынка в первом полугодии 2021 года. Инициативы Интернета вещей в КНР за последние 1,5 года значительно меньше пострадали от COVID-19

и во многих случаях продолжались, как и планировалось, после короткого локдауна.

Что касается сотовых технологий, то снижение количества подключений 2G и 3G IoT продолжается, а массовое развёртывание подключений 5G ожидается в этом году. Соединения четвёртого поколения с долгосрочным развитием (4G LTE) выросли на 25% в годовом сопоставлении из-за более широкого внедрения подсегментов категории 1 с долгосрочным развитием (LTE-Cat 1) и LTE-Cat 1 bis.

В первой половине 2020 года доля подключённых устройств IoT, использующих нелицензионный LPWA (например, Long Range (LoRa) и Sigfox), лидировала с долей 53%, а на долю лицензированных LPWA (то есть узкополосного IoT (NB-IoT) и LTE-M) пришлось 47% глобальных соединений LPWA. Год спустя лицензированные LPWA занимают 54%, в то время как нелицензированные LPWA имеют 46% глобальных подключений LPWA. Основная причина заключается в том, что соединения NB-IoT выросли на 75% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. NB-IoT как отдельная технология сейчас доминирует на рынке соединений LPWA с долей рынка 44%, а LoRa опустилась на второе место с долей в 37% глобальных соединений.

В последние 12 месяцев отслеживание и мониторинг активов были ключевыми приложениями, способствовавшими росту нелицензионного LPWA, в то время как рост NB-IoT был обусловлен интеллектуальными счётчиками и вертикалями в зданиях и инфраструктуре.

Эксперты ожидают, что NB-IoT и LoRa/LoRaWAN продолжат доминировать на рынке в ближайшие пять лет, а LTE-M и Sigfox будут занимать третье и четвёртое места соответственно. Хотя другие технологии будут продолжать существовать, на данный момент не похоже, что они будут играть значительную роль на общем мировом рынке, хотя и остаются привлекательными для определённых нишевых приложений.

vestnik-ghonass.ru



ЗАО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «ДОЛОМАНТ»

**ОТВЕТСТВЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА
ДЛЯ ЖЕСТКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

2021

100% РОССИЙСКАЯ КОМПАНИЯ



ЗАКАЗНЫЕ РАЗРАБОТКИ

Разработка электронного оборудования по ТЗ заказчика в кратчайшие сроки

- Модификация КД существующего изделия
- Разработка спецвычислителя на базе COM-модуля
- Конфигурирование модульного корпусированного изделия
- Сборка магистрально-модульной системы по спецификации заказчика
- Разработка изделия с нуля



КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Контрактная сборка электроники уровней: модуль / узел / блок / шкаф / комплекс

- ОКР, технологические консультации и согласования
- Макеты, установочные партии, постановка в серию
- Полное комплектование производства импортными и отечественными компонентами и материалами
- Поддержание складов, своевременное анонсирование снятия с производства, подбор аналогов
- Серийное плановое производство
- Тестирование и испытания по методикам и ТУ
- Гарантийный и постгарантийный сервис

Работа с универсальным синхронно/асинхронным приёмопередатчиком USART в программной среде Proteus 8.11

Татьяна Колесникова (beluikluk@gmail.com)

В статье рассматривается проектирование схем микроэлектронных устройств с использованием модуля USART в Proteus. Приведены примеры моделирования схем, в которых проводится обмен данными через последовательный интерфейс между виртуальным терминалом, алфавитно-цифровым дисплеем и микроконтроллерами AVR (семейства Mega) и STM32 (семейства Cortex-M3) под управлением программы, написанной на языке C или ассемблере, с применением одного или сразу двух модулей USART. В ходе выполнения программы отслеживается состояние регистров управления модулем USART. С помощью осциллографа и логического анализатора осуществлён контроль входных/выходных сигналов, присутствующих в цепях исследуемых схем.

Введение

USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) – это модуль последовательного ввода-вывода, который используется для обмена данными между цифровыми устройствами (например, персональным компьютером и его периферией). Модуль подходит для организации связи между двумя микроконтроллерами, а также для связи любых устройств, где данный протокол поддерживается. На базе USART построены многие промышленные интерфейсы передачи данных: RS-232 (COM-порт), RS-422, RS-485, «токовая петля», которые отличаются физической средой передачи логической 1 и 0 при одинаковой структуре кадра и временных параметров. USART может работать в трёх режимах:

- асинхронный, полный дуплексный режим;

- ведущий синхронный, полудуплексный режим;
- ведомый синхронный, полудуплексный режим.

Модуль приёмопередатчика обеспечивает полнодуплексный обмен по последовательному каналу, при этом скорость передачи данных может варьироваться в довольно широких пределах. Длина посылки может составлять от 5 до 9 бит. В модуле присутствует схема контроля и формирования бита чётности. Модуль USART обнаруживает следующие внештатные ситуации:

- переполнение;
- ошибка кадрирования;
- неверный старт-бит.

Для уменьшения вероятности сбоев в модуле реализована функция фильтрации помех. Для взаимодействия с программой в микроконтроллере, как правило, предусмотрены прерывания,

запрос на генерацию которых формируется при наступлении следующих событий:

- «передача завершена»;
- «регистр данных передатчика пуст»;
- «приём завершён».

Интерфейс USART задействует 3 линии ввода-вывода:

- TxD – передача данных;
- RxD – приём данных;
- XCK – тактовый сигнал (используется только в синхронном режиме).

Рассмотрим работу с USART на примере микроконтроллеров AVR (микросхемы ATmega128 и ATmega16) и STM32 (микросхема STM32F103C4), для чего воспользуемся программой компьютерного моделирования электронных схем Proteus (см. рис. 1). Основное отличие программы Proteus от аналогичных по назначению пакетов программ, например, Multisim, заключается в развитой системе симуляции (интерактивной пошаговой отладки и отладки в режиме реального времени) для различных семейств микроконтроллеров, среди которых Mega и Cortex-M3.

Первый этап проектирования узла печатной платы в системе Proteus [1] – это разработка схемы электрической принципиальной в редакторе Schematic Capture. На этой стадии проектирования выбирают компоненты из библиотеки, размещают их в рабочем поле чертежа, выполняют связь компонентов при помощи цепей и шин. При необходимости модифицируют свойства компонентов, добавляют текстовые надписи.

Приём и передача данных через последовательный интерфейс USART в микроконтроллерах Cortex-M3 в Proteus

Работа с универсальным синхронно/асинхронным приёмопередатчиком USART

Микроконтроллеры семейства Cortex-M3 имеют в своём составе до трёх модулей универсального синхронно/асинхронного приёмопередатчика USART. В микросхеме STM32F103C4 имеется три таких модуля USART (USART1,

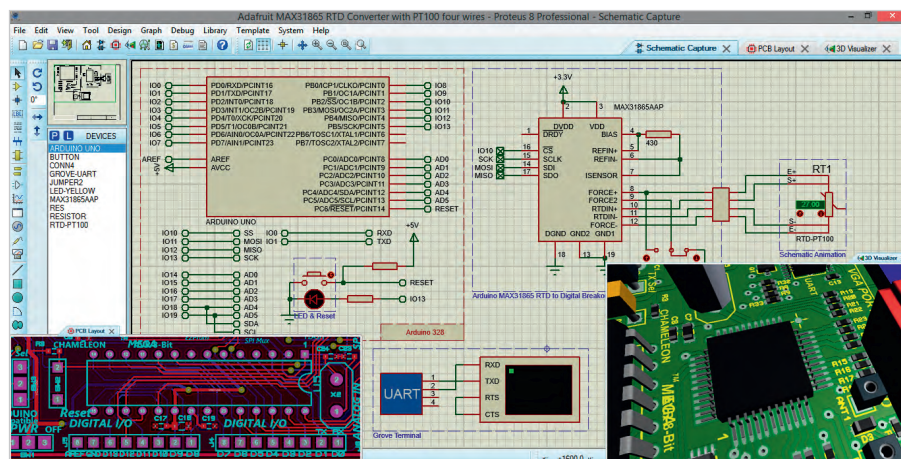


Рис. 1. Программная среда Proteus 8.11

USART2, USART3), а также 2 модуля UART (UART4, UART5), которые предоставляют практически те же возможности, что и USART, за исключением функций синхронного обмена данными и аппаратного контроля передачи (соответственно, для этих модулей недоступен режим Smartcard). Кроме того, для модуля UART5 недоступна работа через DMA. Все модули приёмопередатчиков обеспечивают полнодуплексный обмен по последовательному каналу. Длина посылки может составлять от 8 до 9 битов. Во всех модулях в обязательном порядке присутствуют схемы контроля и формирования бита чётности. Выводы микроконтроллера, используемые модулями USART, являются линиями ввода/вывода общего назначения (микросхема STM32F103C4 имеет два 16-разрядных порта ввода/вывода с возможностью управления их битовыми линиями). Назначение выводам функции USART осуществляется в регистрах настройки GPIO. В микроконтроллере STM32F103C4 модулем USART1 используются линии PA10 (RXD) – вход USART1, PA9 (TXD) – выход USART1, PA8 (XCK) – вход/выход внешнего тактового сигнала USART1. Однако, используя регистры AFIO, вход и выход USART1 можно перенести на выводы PB7 и PB6 соответственно. USART2 для приёма/передачи данных использует выводы PA3 и PA2.

Модуль USART состоит из трёх основных частей: блока тактирования, блока передатчика и блока приёмника. Буферные регистры приёмника и передатчика располагаются по одному адресу пространства ввода/вывода. Для доступа к ним используют младшие 9 бит регистра USART_DR. При чтении регистра USART_DR выполняется обращение к буферному регистру приёмника RDR, при записи – к буферному регистру передатчика TDR. Прямого доступа к регистрам TDR и RDR нет.

Для управления модулем USART используются регистры USART_SR, USART_BRR, USART_CR1, USART_CR2, USART_CR3. Работа модуля USART разрешается установкой в лог. «1» бита UE (USART Enable) регистра USART_CR1. Работа передатчика разрешается установкой в лог. «1» бита TE (Transmitter Enable) регистра USART_CR1. При установке бита вывод TXD подключается к передатчику USART и начинает функционировать как выход, независимо от установок регистров управления портом. Если используется синхронный режим работы, то переопределя-

ется также функционирование вывода XCK. Передача инициируется записью передаваемых данных в буферный регистр передатчика, т.е. в регистр данных USART_DR. После этого данные пересылаются из регистра USART_DR в сдвиговый регистр передатчика. После пересылки слова данных в сдвиговый регистр флаг TXE регистра USART_SR устанавливается в 1, что означает готовность передатчика к получению нового слова данных. В этом состоянии флаг остаётся до следующей записи в буфер.

Выключение передатчика осуществляется сбросом бита TE регистра USART_CR1. Если в момент выполнения этой команды осуществлялась передача, сброс бита произойдёт только после завершения текущей и отложенной передач, то есть после очистки сдвигового и буферного регистров передатчика. При выключенном передатчике вывод TXD может использоваться как контакт ввода/вывода общего назначения. Настройку скорости передачи данных выполняют записью соответствующего значения в регистр USART_BRR.

Работа приёмника разрешается установкой в лог. «1» бита RE регистра USART_CR1. При установке бита вывод RXD подключается к приёмнику USART и начинает функционировать как вход, независимо от установок регистров управления портом. Если используется синхронный режим работы, переопределяется также функционирование вывода XCK. Выключение приёмника осуществляется сбросом бита RE регистра USART_CR1. В отличие от передатчика, приёмник выключается сразу же после сброса бита, а значит, кадр, принимаемый в этот момент, теряется. Кроме того, при выключении приёмника очищается его буфер, то есть теряются также все непрочитанные данные. При выключенном приёмнике вывод RXD может использоваться как контакт ввода/вывода общего назначения.

Включение контроля чётности выполняют установкой в лог. «1» бита PCE регистра USART_CR2. В этом же регистре задают количество стоповых битов, определив значение флага STOP (00-1, 01-0,5, 10-2, 11-1,5 стоп-бита). Управляя значениями битов регистров модуля USART микроконтроллеров Cortex-M3, реализовывают процесс обмена данными. Для этого в регистре настроек USART_CR1 используют флаги:

- UE – 13-й бит регистра, установка 1 в котором включает модуль USART, 0 – выключает;

- M – 12 бит регистра, в котором определяют количество информационных битов в посылке (0–8 бит, 1–9 бит);
- PCE – 10-й бит регистра, установка единицы в котором включает контроль чётности, нуля – выключает;
- PS – 9-й бит регистра используют для проверки нечётности (1) или чётности (0);
- TE – 3-й бит регистра, где определяют состояние передатчика: 1 – включён, 0 – отключён;
- RE – 2-й бит регистра, где определяют состояние приёмника: 1 – включён, 0 – отключён;
- RWU – 1-й бит управляет режимом работы приёмника USART, когда в нём записана единица – приёмник переключается в режим ожидания, когда ноль – устанавливается активный режим.

В регистре состояния USART_SR используют флаги:

- TXE – 7-й бит регистра USART_SR устанавливается в 1 после передачи всех битов регистра TDR в сдвиговый регистр передатчика, что указывает на то, что буферный регистр пуст и готов к приёму новых данных. Флаг сбрасывается автоматически после записи байта данных в регистр USART_DR;
- TC – 6-й бит регистра устанавливается в 1 после передачи всех битов из сдвигового регистра передатчика, если при этом установлен бит TXE (то есть если в регистре данных передатчика нет новых данных для передачи). Сбрасывается автоматически выполнением программной последовательности: чтение регистра USART_SR с последующей записью в регистр USART_DR;
- RXNE – 5-й бит регистра, устанавливается в 1 после перемещения принятых данных из сдвигового регистра приёмника в регистр данных приёмника, что указывает на то, что буферный регистр приёма не пуст. Данные должны быть считаны до прихода следующих, иначе они будут потеряны. Флаг сбрасывается автоматически при чтении регистра USART_DR;
- ORE – 3-й бит регистра устанавливается в 1, если в сдвиговом регистре приёмника готова очередная порция данных для передачи в регистр данных приёмника, но при этом из регистра данных приёмника ещё не считали предыдущие принятые данные. При возникновении этой ошибки данные в регистре RDR сохраняют-

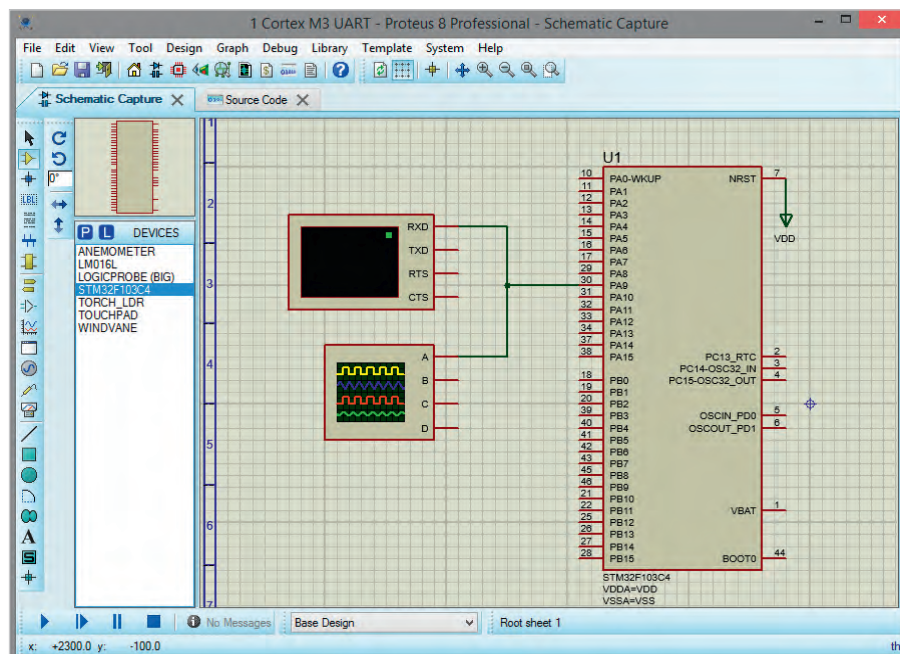


Рис. 2. Новый проект на базе микроконтроллера STM32F103C4 в Proteus 8.11

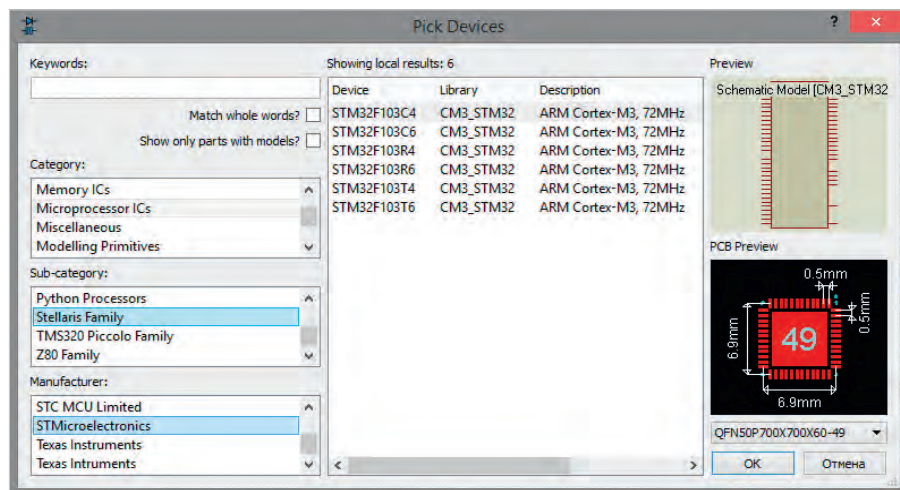


Рис. 3. Выбор микросхемы STM32F103C4 из библиотеки микроконтроллеров Microprocessor ICs базы данных компонентов Proteus

ся, а в сдвиговом регистре приёмника перезаписываются;

- PE – 0-й бит регистра устанавливается в единицу при обнаружении ошибки чётности.

Передача данных через последовательный интерфейс USART

Рассмотрим работу модуля USART на конкретном примере. Передадим программным способом на экран виртуального терминала комбинацию символов английского алфавита «ABC» через последовательный интерфейс. Для этого создадим в Proteus новый проект с использованием микроконтроллера STM32F103C4 (см. рис. 2), микросхема которого находится в разделе Stellaris Family библиотеки Microprocessor ICs

базы данных компонентов Proteus (см. рис. 3).

Щёлкнув левой кнопкой мыши на панели INSTRUMENTS (рис. 4) строку с названием VIRTUAL TERMINAL, а затем OSCILLOSCOPE разместим мышью в рабочем поле проекта виртуальный терминал и виртуальный осциллограф, которым воспользуемся для просмотра осциллограммы работы USART. Чтобы открыть панель INSTRUMENTS на левой панели схемного редактора, нажимают пиктограмму Virtual Instruments Mode. Подсоединим вывод PA9 (TXD) микроконтроллера к выводу RXD виртуального терминала, а также к каналу A осциллографа.

В окне настроек микроконтроллера Edit Component в поле Crystal Frequency установим частоту его работы 2 МГц

(см. рис. 5а). В окне настроек терминала (см. рис. 5б) определим значения следующих параметров:

- Baud Rate – скорость обмена данными (9600 бод);
- Data Bits – формат пакета данных (8 бит);
- Parity – контроль чётности (отсутствует – NONE);
- Stop Bits – количество стоповых битов (1).

Окна настроек открывают двойным щелчком левой кнопкой мыши по размещённому на схеме компоненту.

Для проверки работы собранной схемы на языке программирования C была написана программа, код которой приведён ниже:

```
#include <stm32f1xx.h> // подключение библиотеки функций
#define F_CPU 2000000 // рабочая частота микроконтроллера
#define baudrate 9600L // скорость обмена данными
```

```
int init_USART() // инициализация USART и GPIO
{ // включаем тактирование USART1
  RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_USART1EN;
  // подсоединение линий порта PA к шине APB2
  RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_IOPAEN;
```

```
// настройка линии PA9 (TXD) порта PA
// биты CNF = 10, биты MODE = 01
GPIOA->CRH = 0x00000090;
```

```
// конфигурация USART1
USART1->CR1 = (1<<13); // решаем USART1, сбрасываем остальные биты
USART1->BRR = (F_CPU / (16 * baudrate)) * 16; // рассчитываем значение для регистра BRR
USART1->CR1 |= (1<<3); // включаем передатчик
USART1->CR2 = 0; // сбрасываем все флаги регистров CR2 и CR3
USART1->CR3 = 0;
}
```

```
// вывод данных
void send_USART (char value) {
  while ( USART1->SR == ((0<<6)|(0<<7)) ) { } // ожидаем, когда очистится буфер передачи
  USART1->DR = value; // помещаем данные в буфер, начинаем передачу
}
```



```

int main(void) // начало программы
{
    init_USART(); // инициализация USART и GPIO
    send_USART('A'); // вывод на экран символа 'A'
    send_USART('B'); // вывод на экран символа 'B'
    send_USART('C'); // вывод на экран символа 'C'
}

```

После того как в рабочей области проекта собрана схема, а на вкладке Source Code введен код программы, можно запускать моделирование, для чего предусмотрена кнопка Run the simulation в левом нижнем углу окна программы. Как видно из рис. 6, разработанный проект функционирует верно: на экран виртуального терминала была выведена указанная в коде программы комбинация символов. На этом же рисунке показана осциллограмма работы USART.

Для подключения виртуального осциллографа к схеме используется его пиктограмма. Для настройки прибора и наблюдения формы исследуемого сигнала предназначена лицевая панель, которая открывается после запуска симуляции схемы. В её левой части расположен графический дисплей, который предназначен для графического отображения формы сигнала (напряжения по вертикальной оси и времени по горизонтальной

оси). Панель управления осциллографа находится в правой части его лицевой панели и предназначена для настройки отображения измеряемого сигнала. Результаты работы четырехканального осциллографа отображаются на экране графического дисплея в виде четырех кривых, которые представляют четыре сигнала со входов A, B, C, D. Для получения осциллограммы работы модуля USART настроим параметры осциллографа так, как показано на рис. 6.

Так как в микроконтроллере STM32F103C4 имеется 3 модуля USART, при написании программного кода необходимо указывать номер модуля, к которому мы обращаемся. В нашем примере это USART1. Программа инициализации микроконтроллера содержит три функции: `int init_USART()`, `void send_USART(char value)`, `int main(void)`. В функции `int init_USART()` выполняется включение тактирования модуля USART1 и порта PA (команды `RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_USART1EN` и `RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_IOPAEN`), настройка режима работы вывода PA9 (команда `GPIOA->CRH = 0x00000090`), включение модуля USART1 и передатчика (команды `USART1->CR1 = (1<<13)` и `USART1->CR1 |= (1<<3)`). В функции `void send_USART(char value)` выполняется проверка 6 и 7 бита регистра `USART1_SR` (команда `while ( USART1->SR == ((0<<6)|(0<<7)) ) { }`) – как только его флаги TXE и TC установятся в 1, начнется передача данных (команда

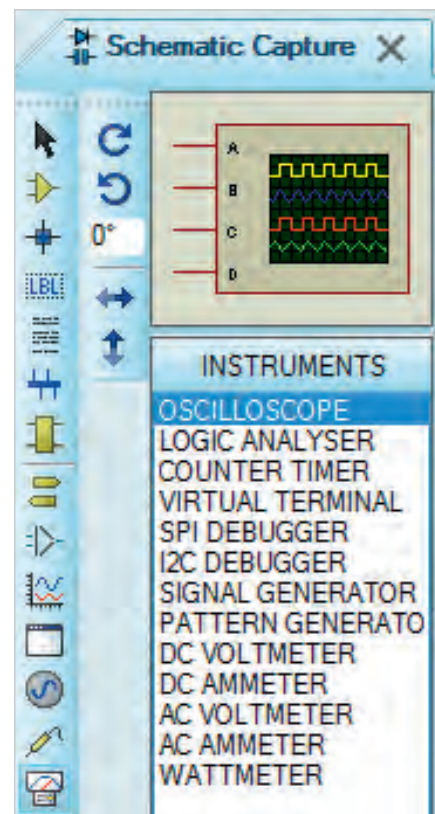


Рис. 4. Открытие панели INSTRUMENTS с помощью пиктограммы Virtual Instruments Mode

`USART1->DR = value`). Из функции `int main(void)` выполняется вызов функций инициализации и вывода данных.

В микроконтроллере STM32F103C4 линии ввода/вывода, в зависимости от настроек, могут быть общего назначения (GPIO) либо использоваться как специальные. Настройка портов GPIO для цифрового ввода/вывода требует выпол-

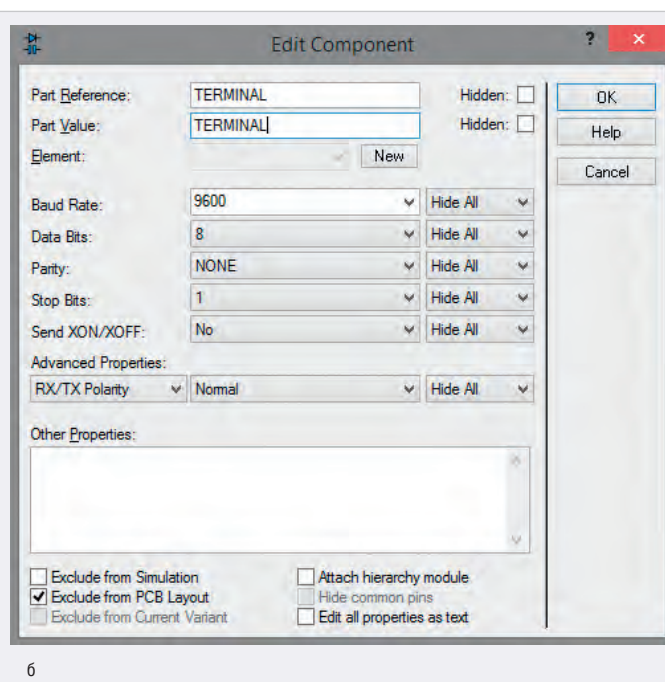
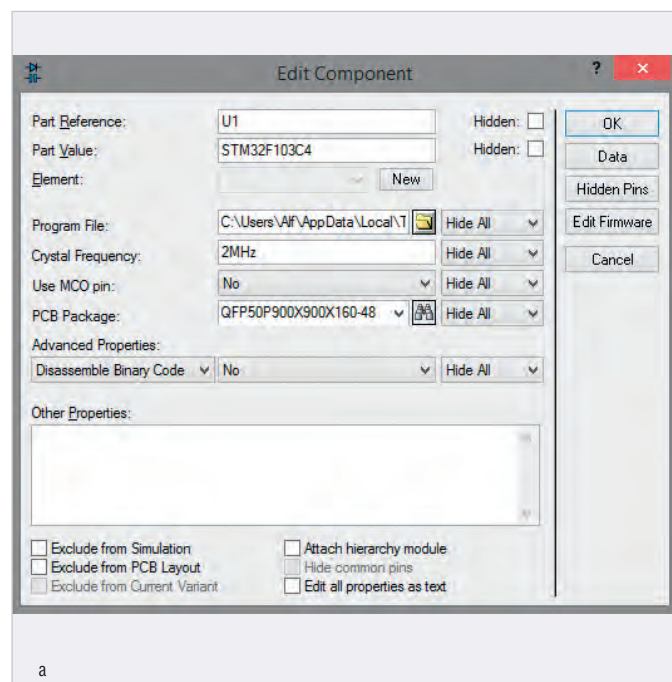


Рис. 5. Настройка параметров: (а) Crystal Frequency микроконтроллера STM32F103C4 и (б) Baud Rate, Data Bits, Parity, Stop Bits виртуального терминала

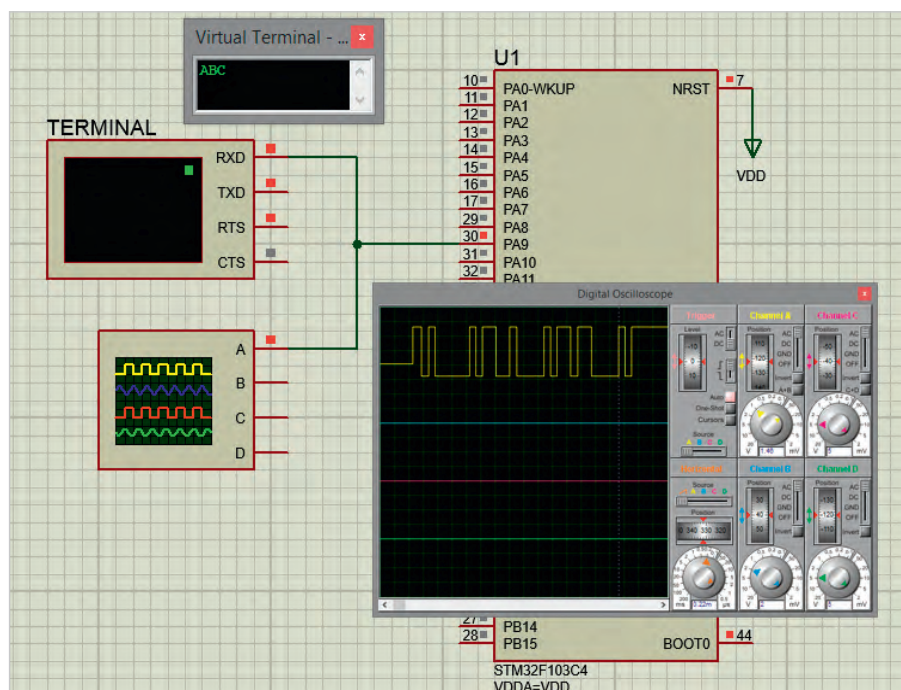


Рис. 6. Вывод символов ABC на экран виртуального терминала через последовательный интерфейс USART микроконтроллера STM32F103C4

нения двух основных действий: подключения тактового сигнала и определения режима работы. В рассмотренном выше примере подключение тактового сигнала реализовано с помощью следующего фрагмента кода: `RCC->APB2ENR|=RCC_APB2ENR_IOPAEN`, которым даётся указание микроконтроллеру подсоединить линии порта PA к шине APB2, установив соответствующий бит IOPAEN (где PA – имя порта) в регистре разрешения тактирования периферийных блоков RCC_APB2ENR. Запись `RCC->APB2ENR` представляет собой обращение к регистру APB2ENR из группы регистров тактирования и контроля RCC. Аналогичным образом с помощью команды `RCC->APB2ENR|=RCC_APB2ENR_USART1EN` включается тактирование модуля USART1.

Для переключения режимов работы портов ввода/вывода STM32 Cortex-M3 используются два 32-разрядных регистра для каждого GPIO. Они позволяют произвольно настроить режим работы любой отдельной линии. Регистр GPIOx_CRL отвечает за линии с номерами от 0 до 7, GPIOx_CRH – за линии от 8 до 15 (где x – это имя порта). В нашем примере для последовательной передачи данных на экран виртуального терминала необходимо настроить режим работы линии PA9, что осуществляется с помощью 1 бита регистра конфигурации GPIOA_CRH. Для линии PA9 в регистре GPIOA_CRH имеется два двухразрядных поля: CNF1 и MODE1. Первое определяет тип работы линии, второе – направление передачи информации по линии (все биты доступны для чтения/записи).

Запись GPIOA->CRH = 0x00000090 в коде программы означает, что линия PA9 порта PA микроконтроллера STM32F103C4 имеет специальное назначение (работает на вывод данных по USART), для чего для этой линии в поле MODE записано значение 01 (линия работает на вывод данных с максимальной частотой переключения 10 МГц), а в поле CNF – значение 10 (цифровой выход с альтернативной функцией). Двоичный код 1001 соответствует шестнадцатеричному значению – 9, которое записано в первый разряд регистра конфигурации GPIOA_CRH линий 8...15 порта PA.

Каждый разряд регистров GPIOx_CRL и GPIOx_CRH управляет своим разрядом порта. Если в каком-либо разряде регистров GPIOx_CRL и GPIOx_CRH в поле MODE записана комбинация 00, то соответствующий разряд порта работает как вход. Если же в поле MODE этого разряда записаны значения 01, 10, 11, то разряд порта работает как выход общего назначения (если в поле CNF записаны значения 00 или 01) или специального (если в поле CNF записаны значения 10 или 11).

Включение модуля USART1 и его пере датчика выполняется установкой флагов UE и TE регистра USART1_CR1, то есть записью логической единицы в 13 и 3 биты регистра USART1_CR1 с помощью команд `USART1->CR1 = (1<<13)` и `USART1->CR1 |= (1<<3)`. Флаги регистров USART1_CR2 и USART1_CR3 в нашем примере не имеют значения. Расчёт значения скорости передачи данных и его запись в регистр USART1_BRR выполняется с помощью команды `USART1->BRR = (F_CPU / (16 * baudrate)) * 16`.

Таким образом, для того чтобы послать данные через USART в микроконтроллере STM32F103C4, необходимо:

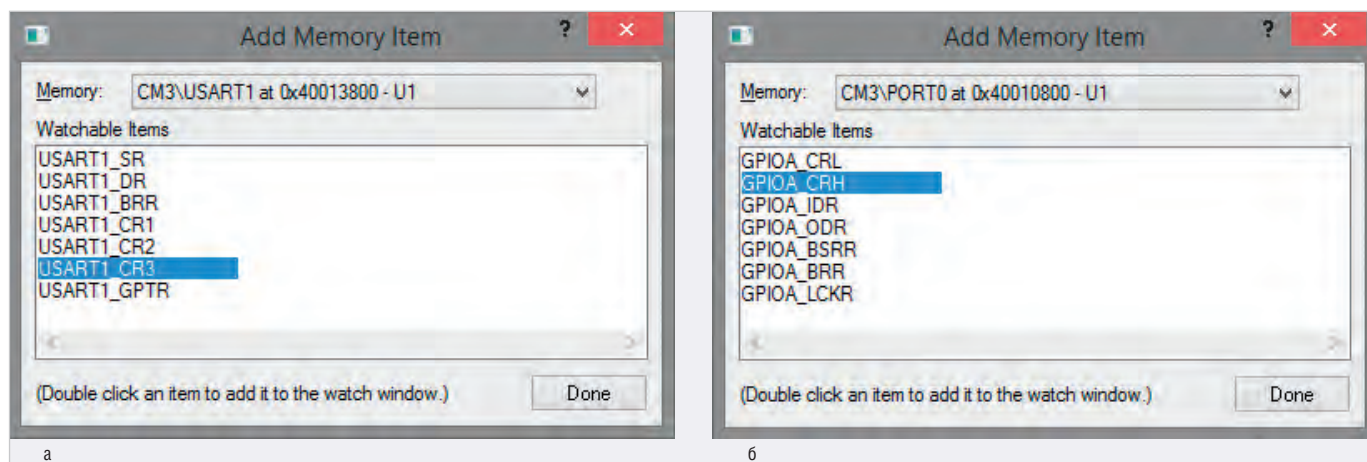


Рис. 7. Добавление в окно Watch Window регистров: (а) модуля USART1, (б) порта PA

Name	Address	Value	Watch Expression
USART1_SR	0x40013800	0x000000C0	
USART1_DR	0x40013804	0x00000043	
USART1_CR1	0x4001380C	0x00002008	
USART1_CR2	0x40013810	0x00000000	
USART1_CR3	0x40013814	0x00000000	
GPIOA_CRH	0x40010804	0x00000090	

Рис. 8. Список регистров в окне Watch Window

- включить тактирование выбранного модуля USARTx (где x – номер модуля) и порта ввода/вывода, через который будет вестись передача данных;
- настроить режим работы линии передачи на вывод данных с альтернативной функцией, записав в соответствующий разряд GPIOx_CRH нужную комбинацию бит;
- разрешить работу с выбранным модулем USARTx и включить передатчик;
- записать в регистр USARTx_BRR значение скорости передачи;
- после установки в 1 флагов TXE и TC регистра USART1_SR записать данные в регистр USART1_DR.

После отображения на экране виртуального терминала комбинации символов «ABC» приостановим симуляцию кнопкой *Pause the simulation, or start up at time 0 if stopped* (кнопка находится в левом нижнем углу окна программы) и проверим содержимое регистров микроконтроллера. Для этого, используя команду основного меню *Debug / Watch Window*, откроем окно *Watch Window*, где можно размещать регистры микроконтроллера и отслеживать их содержимое в ходе выполнения программы. Добавление регистра выполняется щелчком правой кнопки мыши в области окна *Watch Window* и выбором в открывшемся контекстном меню пункта *Add Items (By Name)* – добавить элементы по имени. В результате чего будет открыто окно *Add Memory Item*, которое содержит список групп всех регистров микроконтроллера. В нашем примере представляют интерес регистры модуля USART1 (USART1_CR1, USART1_CR2, USART1_CR3, USART1_SR, USART1_DR) и порта PA (GPIOA_CRH), с которыми ведётся работа в тексте программы инициализации микроконтроллера. Программа переключает биты регистров, осуществляя управление параметрами микроконтроллера. Для добавления регистров USART (см. рис. 7а) в окно *Watch Window* из выпадающего списка в поле *Memory* окна *Add Memory Item* выберем пункт *CM3\USART1 at 0x40013800-U1* (имена регистров появятся в поле *Watchable Items*), двойным щелчком левой кнопки мыши выберем нужные элементы и нажмём кнопку *Done*.

Name	Address	Value
USART1_SR	0x40013800	0x000000C0
PE	0x0000	0
FE	0x0000	0
NE	0x0000	0
ORE	0x0000	0
IDLE	0x0000	0
RXNE	0x0000	0
TC	0x0000	1
TXE	0x0000	1
LBD	0x0000	0
CTS	0x0000	0
reserved	0x0000	0

a

Name	Address	Value
USART1_SR	0x40013800	0x000000C0
USART1_DR	0x40013804	0x00000043
USART1_CR1	0x4001380C	0x00002008
USART1_CR2	0x40013810	0x00000000
ADD	0x0010	0
reserved	0x0010	0
LBDL	0x0010	0
LBDIE	0x0010	0
reserved	0x0010	0
LBCL	0x0010	0
CPHA	0x0010	0
CPOL	0x0010	0
CLKEN	0x0010	0
STOP	0x0010	0
LINEN	0x0010	0
reserved	0x0010	Item (17 byt

b

Name	Address	Value
USART1_SR	0x40013800	0x000000C0
USART1_DR	0x40013804	0x00000043
USART1_CR1	0x4001380C	0x00002008
USART1_CR2	0x40013810	0x00000000
USART1_CR3	0x40013814	0x00000000
GPIOA_CRH	0x40010804	0x00000090
MODE0	0x0004	0
CNF0	0x0004	0
MODE1	0x0004	1
CNF1	0x0004	2
MODE2	0x0004	0
CNF2	0x0004	0
MODE3	0x0004	0
CNF3	0x0004	0
MODE4	0x0004	0
CNF4	0x0004	0
MODE5	0x0004	0
CNF5	0x0004	0
MODE6	0x0004	0
CNF6	0x0004	0
MODE7	0x0004	0
CNF7	0x0004	0

д

Рис. 9. Значения битов регистров: (а) USART1_SR, (б) USART1_CR1, (в) USART1_CR2, (г) USART1_CR3 модуля USART1 и (д) GPIOA_CRH порта PA после выполнения кода программы инициализации микроконтроллера

Для добавления регистров порта PA (см. рис. 7б) в окно *Watch Window* в поле *Memory* окна *Add Memory Item* выберем пункт *CM3\PORT0 at 0x40010800-U1*. Добавить элементы в окно *Watch Window* также можно и по адресу, для чего в окне вызывают контекстное меню и выбирают в нём пункт *Add Items (By Address)*.

Элементы в окне *Watch Window* располагаются в виде списка (см. рис. 8), который раскрывают щелчком левой кнопки мыши по значку «+», при этом становятся доступными для просмотра адрес и значения функционально связанных битов регистра. В биты TC и TXE регистра USART1_SR (см. рис. 9а)

Name	Address	Value
USART1_SR	0x40013800	0x000000C0
USART1_DR	0x40013804	0x00000043
USART1_CR1	0x4001380C	0x00002008
SBK	0x000C	0
RWU	0x000C	0
RE	0x000C	0
TE	0x000C	1
IDLEIE	0x000C	0
RXNEIE	0x000C	0
TCIE	0x000C	0
TXEIE	0x000C	0
PEIE	0x000C	0
PS	0x000C	0
PCE	0x000C	0
WAKE	0x000C	0
M	0x000C	0
UE	0x000C	1
reserved	0x000C	0
USART1_CR2	0x40013810	0x00000000

б

Name	Address	Value
USART1_SR	0x40013800	0x000000C0
USART1_DR	0x40013804	0x00000043
USART1_CR1	0x4001380C	0x00002008
USART1_CR2	0x40013810	0x00000000
USART1_CR3	0x40013814	0x00000000
EIE	0x0014	0
IREN	0x0014	0
IRLP	0x0014	0
HDSEL	0x0014	0
NACK	0x0014	0
SCEN	0x0014	0
DMAR	0x0014	0
DMAT	0x0014	0
RTSE	0x0014	0
CTSE	0x0014	0
CTSIE	0x0014	0
reserved	0x0014	Item (21 byt
GPIOA_CRH	0x40010804	0x00000090

г

и в биты TE и UE регистра USART1_CR1 (см. рис. 9б) записаны логические единицы, в биты регистров USART1_CR2 (см. рис. 9в), USART1_CR3 (см. рис. 9г) записаны логические нули, в биты MODE1 и CNF1 регистра GPIOA_CRH (см. рис. 9д) записаны шестнадцатеричные значения 1 (двоичное 01) и 2 (двоичное 10), что соответствует логике работы программы инициализации микроконтроллера.

Приём данных через последовательный интерфейс USART

Рассмотрим пример, в котором программным способом выполняется чтение

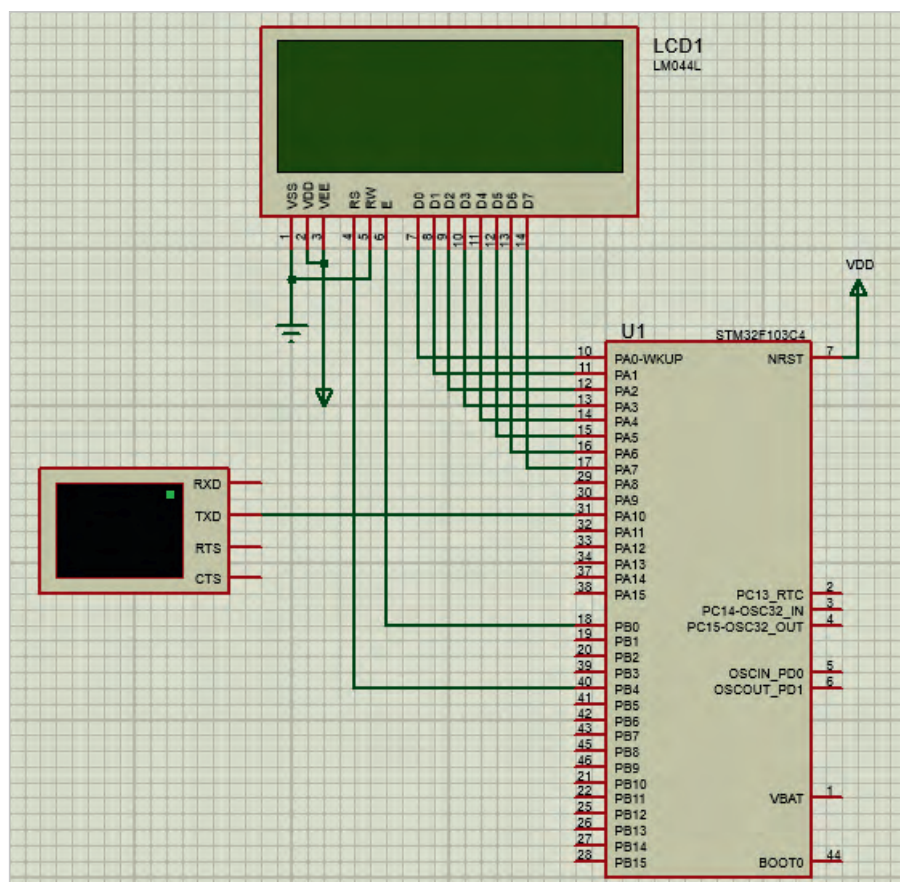


Рис. 10. Система ввода/вывода текстовых данных на базе микроконтроллера STM32F103C4 в Proteus 8.11

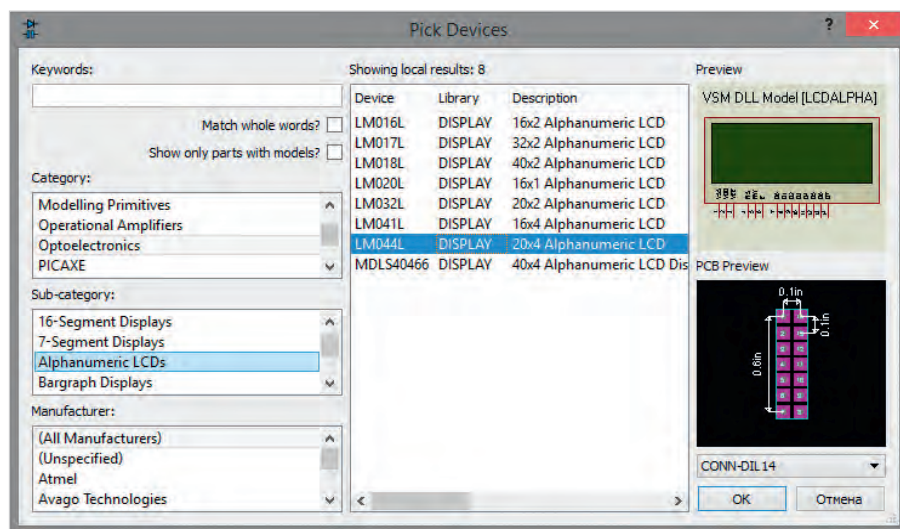


Рис. 11. Добавление в проект Schematic Capture микросхемы алфавитно-цифрового дисплея LM044L

ние текстовой информации с экрана виртуального терминала через последовательный интерфейс USART микроконтроллера и её вывод на экран алфавитно-цифрового дисплея, в качестве которого применим микросхему LM044L. Ввод текстовой информации осуществляется с помощью клавиатуры компьютера. Управление электронной системой ввода/вывода организуем с помощью микроконтроллера STM32F103C4. Пере-

дачу данных между периферийными устройствами и микроконтроллером обеспечим с помощью модуля USART (чтение данных с экрана виртуального терминала) и 8-разрядной шины данных/команд LCD-дисплея (вывод данных на экран дисплея). Интерфейс обмена данными настроим программно с помощью управляющих команд микроконтроллера. Связь между устройствами осуществляется с помощью линий ввода/вывода

общего назначения микроконтроллера. Для вывода данных на экран дисплея и передачи управляющих команд воспользуемся линиями PA0...PA7, а для чтения данных с экрана терминала – линией PA10 порта PA микроконтроллера STM32F103C4, которая настроена как специальная. Чтение и вывод данных выполняется посимвольно.

Создадим в Proteus новый проект с использованием микроконтроллера STM32F103C4. Добавим в проект виртуальный терминал и подсоединим его вывод TXD к выводу PA10 (RXD) микроконтроллера. Добавим в рабочее поле проекта микросхему алфавитно-цифрового дисплея LM044L (см. рис. 10), которая находится в разделе Alphanumeric LCDs библиотеки Optoelectronics (см. рис. 11). Микросхема LM044L имеет 14 контактов, назначение которых следующее:

- V_{ss} – GND;
- V_{dd} – напряжение питания +5 В;
- V_{ee} – напряжение контрастности от 0 до +5 В (настройка контрастности отображаемых на дисплее символов);
- RS – выбор регистра данных DR (RS – 1) или команд IR (RS – 0);
- RW – выбор операции чтения (RW – 1) или записи (RW – 0);
- E – линия синхронизации;
- D0...D7 – шина данных/команд.

Микросхема LM044L может работать в двух режимах:

- 8-разрядном (для обмена информацией используются выводы D0...D7);
- 4-разрядном (для обмена информацией используются выводы D4...D7).

В представленном примере вывод данных на экран дисплея разрешением 20 символов на 4 строки выполнен в 8-разрядном режиме [3]. Подача управляющих сигналов через подключённые к портам микроконтроллера STM32F103C4 линии выполняется программно. Для подключения микросхемы LM044L к схеме управления используется параллельная синхронная шина данных/команд (D0...D7), вывод выбора операции чтения/записи (RW), вывод выбора регистра данных/команд (RS) и вывод синхронизации (E). Подсоединим выводы модуля дисплея D0...D7 к выводам PA0...PA7, а выводы RS и E к выводам PB4 и PB0 порта микроконтроллера так, как показано на рис. 10. Вывод RW подключим к «земле», так как в нашей системе будет выполняться только запись информации в микросхему LM044L. Выводы Vss и Vdd подключим к «земле» и напряжению +5 В соответственно. На вывод Vee подаётся

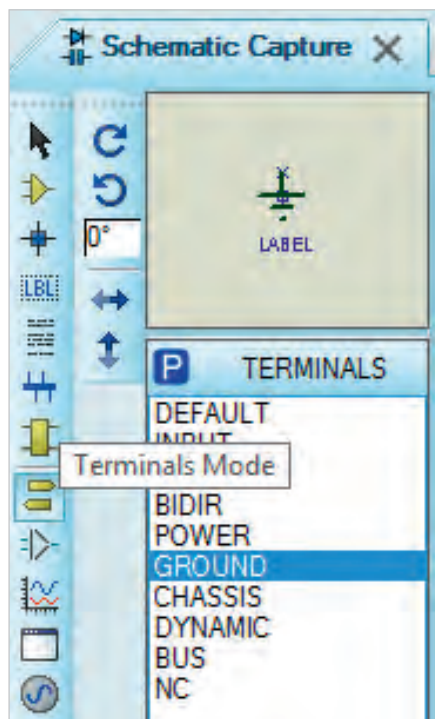


Рис. 12. Выбор символа «земли» на панели TERMINALS

напряжение контрастности (от 0 до +5 В). На практике этот вывод подключают к питанию через подстроечный резистор, который позволяет плавно регулировать контрастность отображения символов на дисплее.

Символы «земли» и питания добавляют в схему, выбрав на панели TERMINALS (см. рис. 12) строки GROUND и POWER. Панель открывают нажатием кнопки Terminals Mode на левой панели схемного редактора.

Выбор линий портов микроконтроллера для подключения к указанным

выводам дисплея выполняется разрабатчиком произвольно. В окне свойств дисплея в поле Advanced Properties из выпадающего списка выбирают пункт Clock Frequency (тактовая частота), значение которой в нашем примере составляет 250 кГц (см. рис. 13а). В окне свойств микроконтроллера указывают путь к файлу прошивки на диске компьютера (поле Program File) и значение частоты (поле Crystal Frequency) – в нашем примере 2 МГц (см. рис. 13б). Другие параметры оставляют без изменений. Окна свойств открывают двойным щелчком левой кнопки мыши по выделенному на схеме компоненту.

В окне настроек терминала определим значения следующих параметров:

- Baud Rate – скорость обмена данными (9600 бод);
- Data Bits – формат пакета данных (8 бит);
- Parity – контроль чётности (отсутствует – NONE);
- Stop Bits – количество стоповых битов (1).

Для графического отображения сигналов воспользуемся виртуальным логическим анализатором, добавить который в рабочую область проекта можно посредством выбора пункта LOGIC ANALYSER на панели INSTRUMENTS и щелчка левой кнопкой мыши в области схемы (см. рис. 14). Панель INSTRUMENTS открывают нажатием пиктограммы Virtual Instruments Mode на левой панели схемного редактора. Подсоединим выходы A0...A7 логического анализатора к линиям D0...D7 микро-схемы LM044L, а выходы A9, A10 к лини-

ям RS, E соответственно (см. рис. 14). После запуска моделирования схемы прибор снимает входные значения со своих выводов и отображает полученные данные в виде прямоугольных импульсов на часовой диаграмме во временной области лицевой панели.

Логический анализатор оперирует последовательно записанными в буфер захвата входными цифровыми данными. Процесс захвата данных запускается при помощи кнопки Capture окна Trigger лицевой панели прибора. Спустя некоторое время после выполнения условий переключения этот процесс останавливается, а кнопка меняет свой цвет при записи и после её завершения. Результат – содержимое буфера захвата – отображается на дисплее. В окне Horizontal расположены две ручки: Display Scale и Capture Resolution. При помощи первой производится масштабирование отображения диаграммы, при помощи второй – подстройка разрешения.

Видимость вводимого текста на экране виртуального терминала задают командой Echo Typed Characters контекстного меню (см. рис. 15), которое вызывают после запуска симуляции схемы щелчком правой кнопки мыши в области открывшегося окна терминала.

Необходимо учитывать, что большинство операций, выполняемых контроллером управления дисплеем (в нашем примере это HD44780 [3]), занимают значительное время, около 40 мкс, а время выполнения некоторых доходит до единиц миллисекунд. Поэтому в программе управления жидкокристаллическим модулем совершенно

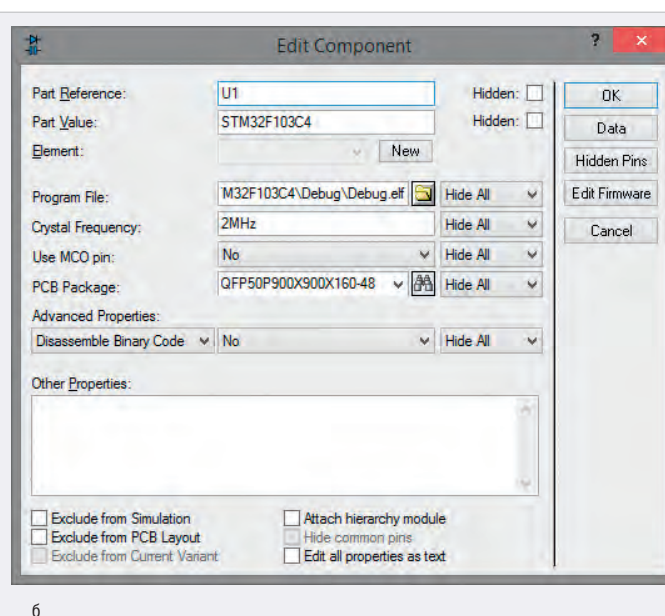
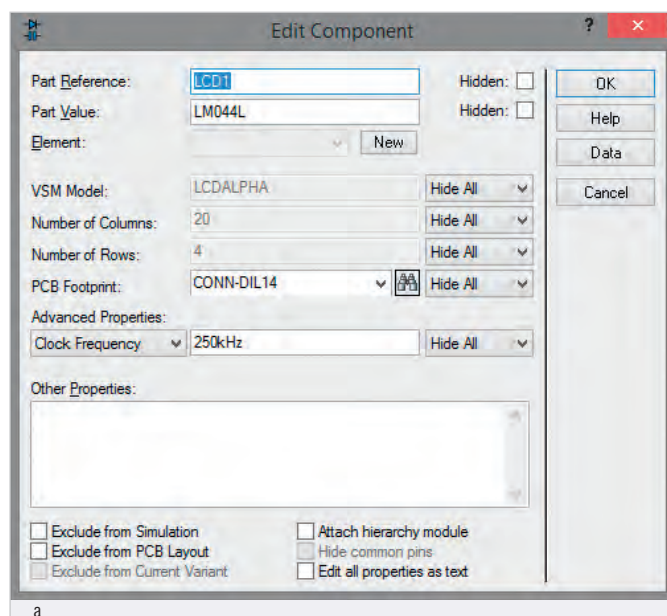


Рис. 13. Окно свойств: (а) дисплея LM044L, (б) микроконтроллера STM32F103C4

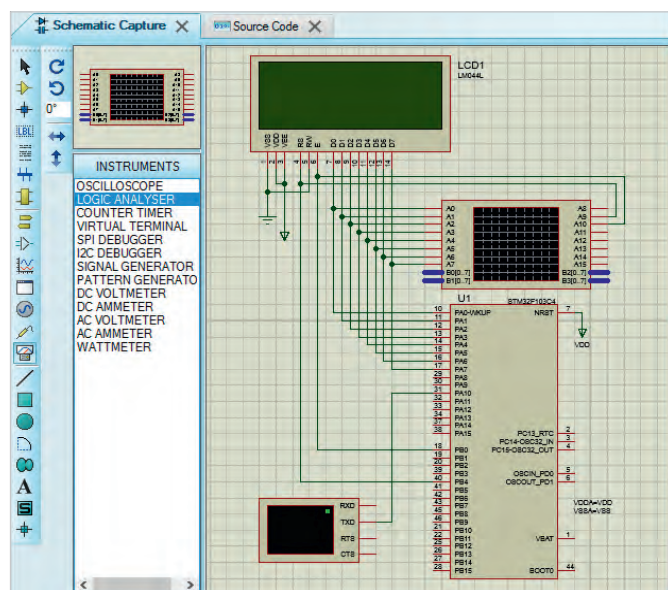


Рис. 14. Выбор логического анализатора на панели INSTRUMENTS и его подключение к схеме ввода/вывода текстовых данных

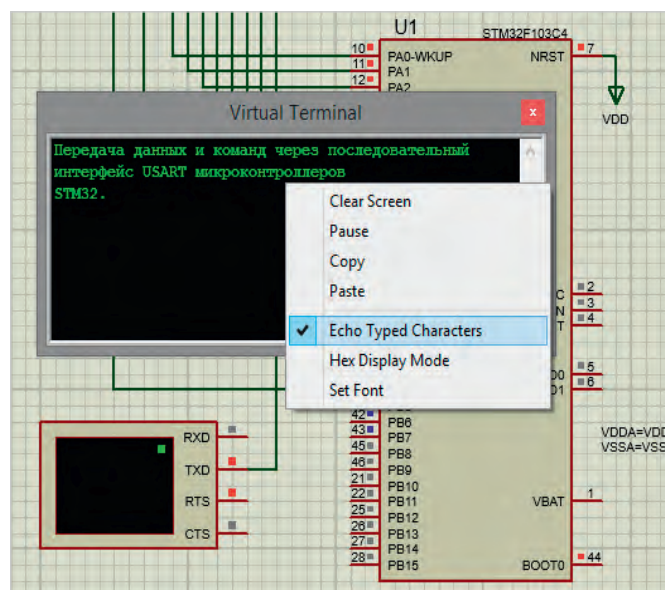


Рис. 15. Настройка параметров отображения символов на экране виртуального терминала

любой операции должны предшествовать команды задержки. Также необходимо обеспечить формирование тактового сигнала на линии E микросхемы LM044L. В нашем примере это сделано программно посредством чередования подачи значений нуля и единицы.

После создания схемы, подключения всех приборов и настройки их параметров переходят к следующему этапу разработки: написанию программного кода управления устройством (в нашем примере на языке C), который в Proteus вводят на вкладке Source Code. В результате его компиляции (при условии отсутствия в коде ошибок) на диске компьютера будет получен исполняемый файл с расширением *.elf, путь к которому автоматически прописывается в окне свойств микроконтроллера в поле Program File.

Завершающий этап работы в редакторе Schematic Capture – запуск процесса моделирования схемы (см. рис. 16), который выполняют кнопкой Run the simulation, расположенной в левом нижнем углу окна редактора или командой основного меню Debug/Run Simulation.

Текст программы инициализации микроконтроллера:

```
#include <stm32f1xx.h> // подключение заголовочного файла
#define F_CPU 2000000 // рабочая частота микроконтроллера
#define baudrate 9600L // скорость обмена данными
void delay (int dly) // подпрограмма формирования задержки
{ int i;
```

```
for(; dly>0; dly--)
for ( i=0; i<10000; i++); }

int main() // начало программы
{ RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_USART1EN; // включаем тактирование USART1
// подсоединение линий порта PA к шине APB2
RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_IOPAEN;
// подсоединение линий порта PB к шине APB2
RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_IOPBEN;

GPIOA->CRL = 0x33333333; // линии PA0-PA7 порта PA работают на вывод данных
GPIOB->CRL = 0x33333333; // линии PB0-PB7 порта PB работают на вывод данных
// настройка линии PA10 (RXD) порта PA, биты CNF = 10, биты MODE = 00
GPIOA->CRH = 0x33333333;

// конфигурация USART1
USART1->CR1 = (1<<13); // решаем USART1, сбрасываем остальные биты
USART1->BRR = (F_CPU/ (16 * baudrate))*16; // рассчитываем значение для регистра BRR
USART1->CR1 |= (1<<2); // включаем приёмник
USART1->CR2 = 0; // сбрасываем все флаги регистров CR2 и CR3
USART1->CR3 = 0;

// настройка дисплея
```

```
// устанавливаем 1 на выводе PB0 микроконтроллера, RS=0 (приём команд)
GPIOB->ODR = (1<<0)|(0<<4);
delay(10); // вызов подпрограммы задержки
// включаем дисплей
GPIOA->ODR = (1<<0)|(1<<1)|(1<<2)|(1<<3)|(0<<4)|(0<<5)|(0<<6)|(0<<7);
// устанавливаем 0 на выводе PB0 микроконтроллера
GPIOB->ODR = (0<<0)|(0<<4);
delay(10);
// установка 8-разрядной шины
GPIOA->ODR = (0<<0)|(0<<1)|(1<<2)|(0<<3)|(1<<4)|(1<<5)|(0<<6)|(0<<7);
// устанавливаем 1 на выводе PB0 микроконтроллера
GPIOB->ODR = (1<<0)|(0<<4);
delay(10);
// очистка дисплея и установка курсора в нулевую позицию
GPIOA->ODR = (1<<0)|(0<<1)|(0<<2)|(0<<3)|(0<<4)|(0<<5)|(0<<6)|(0<<7);
// устанавливаем 0 на выводе PB0 микроконтроллера
GPIOB->ODR = (0<<0)|(0<<4);
delay(10);

while (1) {
GPIOB->ODR = (1<<0)|(1<<4);
delay(10); // RS=1 (приём данных)
while ((USART1->SR & USART_SR_RXNE) == 0) { } // ожидаем данные
char d = USART1->DR; // начинаем прием данных
GPIOA->ODR = d; // отправляем данные на экран дисплея
```

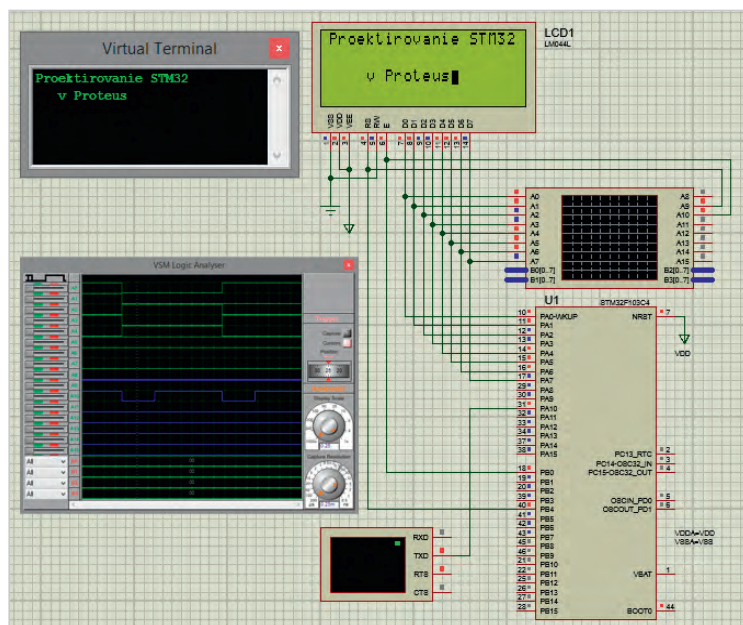



Рис. 16. Результат работы программы управления системой ввода/вывода текстовых данных на базе микроконтроллера STM32F103C4

```
GPIOB->ODR=      (0<<0) | (1<<4);
delay(10); }
```

Проанализируем работу демонстрационной схемы, представленной на рис. 16. После запуска программа инициализации микроконтроллера включает тактирование модуля USART1 и портов PA и PB, через которые будет вестись приём и передача данных и команд. Далее выполняется запись в соответствующий разряд GPIOx_CRH/CRL нужной комбинации бит для настройки режима работы линий GPIO на приём или передачу информации. Чтение данных из потока ввода виртуального терминала осуществляется определением с помощью второго бита регистра конфигурации GPIOA_CRH режима работы линии PA10. Для линии PA10 в регистре GPIOA_CRH имеется два двухразрядных поля: CNF2 и MODE2. Первое определяет тип работы линии, второе – направление передачи информации по линии. Запись GPIOA->CRH = 0x33333833 в коде программы означает, что линия PA10 порта PA микроконтроллера STM32F103C4 работает на ввод данных – для этой линии в поле MODE записано значение 00 (приём данных), а в поле CNF – значение 10 (вход с «подтягивающим резистором»). Двоичный код 1000 соответствует шестнадцатеричному значению 8, которое записано во второй разряд регистра конфигурации GPIOA_CRH линий 8...15 порта PA (см. рис. 17). Линии PA0...PA9, PA11...PA15 и PB0...PB7 работают на вывод данных, для чего для каждой отдельной линии в поле MODE записаны

значения 11 (линия работает на вывод данных с максимальной частотой переключения 50 МГц), а в поле CNF – значение 00 (цифровой выход). Двоичный код 0011 соответствует шестнадцатеричному значению 3, которое записано в соответствующие разряды регистров конфигурации GPIOA_CRH (0x33333833) и GPIOA_CRL (0x33333333), GPIOB_CRL (0x33333333).

Далее программа инициализации микроконтроллера разрешает работу модуля USART1 (команда USART1->CR1 = (1<<13)), включает приёмник (команда USART1->CR1 |= (1<<2)), выполняет расчёт скорости передачи и запись полученного значения в регистр USART1_BRR.

Затем выполняется настройка дисплея, для чего программным путём даны указания микроконтроллеру через порт PA отправить контроллеру микросхемы LM044L кодовые комбинации команд (если на линии PB4 ноль) или данные (если на линии PB4 единица). Для приёма команд/данных в микросхеме LM044L используются линии D0...D7. Управляющий сигнал с линии порта PB4 поступает на вывод RS микросхемы LM044L и подаётся программно. Вывод PB0 микроконтроллера подключён к выводу E микросхемы LM044L и используется для подачи тактовых импульсов.

После запуска симуляции схемы программа инициализации микроконтроллера выводит на линию PB4 логический ноль, который поступает на вывод RS микросхемы LM044L. В результате чего шина D0–D7 переходит в режим приёма следующих команд: включение дисплея

Name	Address	Value
GPIOA_CRH	0x40010804	0x33333833
MODE0	0x0004	3
CNF0	0x0004	0
MODE1	0x0004	3
CNF1	0x0004	0
MODE2	0x0004	0
CNF2	0x0004	2
MODE3	0x0004	3
CNF3	0x0004	0
MODE4	0x0004	3
CNF4	0x0004	0
MODE5	0x0004	3
CNF5	0x0004	0
MODE6	0x0004	3
CNF6	0x0004	0
MODE7	0x0004	3
CNF7	0x0004	0

Рис. 17. Карта битов регистра GPIOA_CRH

(GPIOA->ODR = (1<<0)|(1<<1)|(1<<2)|(1<<3)|(0<<4)|(0<<5)|(0<<6)|(0<<7)), установка 8-разрядной шины (GPIOA->ODR = (0<<0)|(0<<1)|(1<<2)|(0<<3)|(1<<4)|(1<<5)|(0<<6)|(0<<7)), очистка дисплея и установка курсора в нулевую позицию (GPIOA->ODR = (1<<0)|(0<<1)|(0<<2)|(0<<3)|(0<<4)|(0<<5)|(0<<6)|(0<<7)). Далее программа инициализации микроконтроллера выводит на линию PB4 логическую единицу, что переводит шину D0...D7 микросхемы LM044L в режим приёма данных (команда GPIOA->ODR = d), запись которых выполняется побайтно в цикле в регистр USART1_DR (команда d = USART1->DR) после установки в лог. «1» флага RXNE регистра USART1_SR. При этом на вывод E непрерывно подаётся тактовый сигнал, по заднему фронту которого микросхема LM044L считывает информацию (команды/данные). Таким образом, на экран микросхемы LM044L посимвольно выводится строка, двоичные коды символов которой были поданы на шину D0...D7 (см. рис. 16). Символ отображается на экране дисплея после его ввода на экране виртуального терминала. Временные диаграммы работы схемы ввода/вывода текстовых данных на базе микроконтроллера STM32F103C4 представлены на рис. 16.

Работа с двумя USART

Работа с двумя модулями USART показана на рис. 18. Ниже представлен текст программы инициализации микроконтроллера STM32F103C4, которая управ-

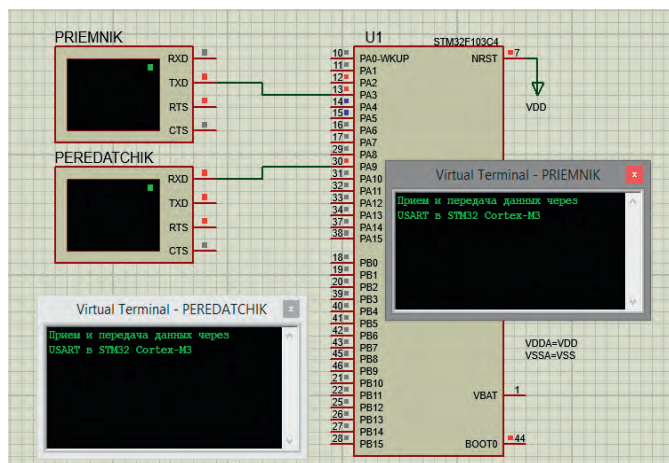


Рис. 18. Приём данных через USART2 и их передача через USART1 в микроконтроллере STM32F103C4

ляет приёмом данных по USART2 через виртуальный терминал PRIEMNIK и их выводом через USART1 на экран терминала PEREDATCHIK. Текст программы инициализации микроконтроллера:

```
#include <stm32f1xx.h> // подключение заголовочного файла
#define F_CPU 2000000 // рабочая частота контроллера
#define baudrate 9600L // скорость обмена данными
```

```
int main() // начало программы
{
    RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_USART1EN; // включаем тактирование USART1
    RCC->APB1ENR |= RCC_APB1ENR_USART2EN; // включаем тактирование USART2
    // подсоединение линий порта PA к шине APB2
    RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_IOPAEN;
```

```
// настройка линии PA3 (RXD) порта PA, биты CNF = 10, биты MODE = 00
GPIOA->CRL = 0x00008000;
// настройка линии PA9 (TXD) порта PA, биты CNF = 10, биты MODE = 01
GPIOA->CRH = 0x00000090;
```

```
// конфигурация USART2
USART2->CR1 = (1<<13); // разрешаем USART2, сбрасываем остальные биты
USART2->BRR = (F_CPU/ (16 * baudrate))*16; // рассчитываем значение для регистра BRR
USART2->CR1 |= (1<<2); // включаем приёмник
USART2->CR2 = 0; // сбрасываем все флаги регистров CR2 и CR3
USART2->CR3 = 0;
```

```
// конфигурация USART1
USART1->CR1 = (1<<13); // разрешаем USART1, сбрасываем остальные биты
USART1->BRR = (F_CPU/ (16 * baudrate))*16; // рассчитываем значение для регистра BRR
USART1->CR1 |= (1<<3); // включаем передатчик
USART1->CR2 = 0; // сбрасываем все флаги регистров CR2 и CR3
USART1->CR3 = 0;

while (1) { // бесконечный цикл
    while ((USART2->SR & USART_SR_RXNE) == 0) { } // ожидаем данные
    char d = USART2->DR; // начинаем приём данных с экрана первого терминала
    while (USART1->SR == ((0<<6)|(0<<7)) ) { } // ожидаем, когда очистится буфер передачи
    // помещаем данные в буфер, начинаем передачу на экран второго терминала
    USART1->DR = d;
}
```

Работа с универсальным синхронно/асинхронным приёмопередатчиком USART в микроконтроллерах Mega в Proteus

Рассмотрим процесс моделирования схем с использованием микроконтроллеров AVR семейства Mega на примере микросхем ATmega128 и ATmega16. Все микроконтроллеры семейства Mega имеют в своём составе от одного до четырёх модулей универсального синхронно/асинхронного приёмопередатчика USART. В микроконтроллере ATmega16 присутствует один такой модуль, а в ATmega128 – два.

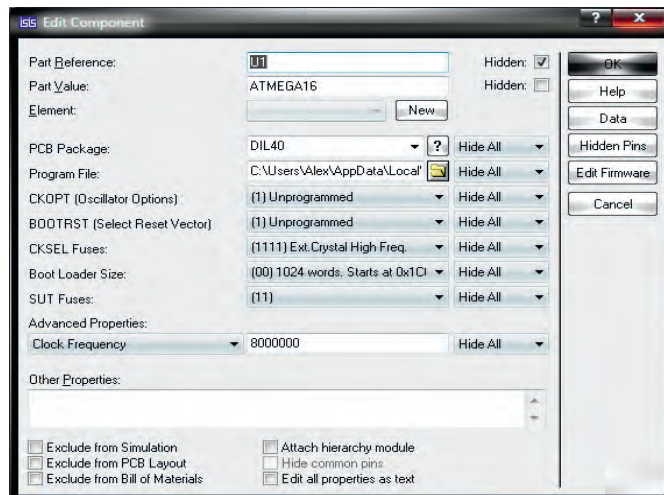


Рис. 19. Окно настроек микроконтроллера ATmega16

Выводы микроконтроллера, используемые модулями USART, являются линиями ввода/вывода общего назначения. К примеру, в микроконтроллере ATmega16 модулем USART используются линии PD0 (RXD) – вход USART, PD1 (TXD) – выход USART, PB0 (XCK) – вход/выход внешнего тактового сигнала USART.

Модуль состоит из трёх основных частей: блока тактирования, блока передатчика и блока приёмника. Буферные регистры приёмника и передатчика располагаются по одному адресу пространства ввода/вывода и обозначаются как регистр данных UDR. В этом регистре хранятся младшие 8 бит принимаемых и передаваемых данных. При чтении регистра UDR выполняется обращение к буферному регистру приёмника, при записи – к буферному регистру передатчика.

Для управления модулем USART используются три регистра: UCSRA, UCSRB, USRCR. Работа передатчика разрешается установкой в лог. «1» бита TXEN регистра UCSRB. При установке бита вывод TXD подключается к передатчику USART и начинает функционировать как выход, независимо от установок регистров управления портом. Если используется синхронный режим работы, то переопределяется также функционирование вывода XCK. Передача инициируется записью передаваемых данных в буферный регистр передатчика – регистр данных UDR. После этого данные пересылаются из регистра UDR в сдвиговый регистр передатчика. После пересылки слова данных в сдвиговый регистр флаг UDRE регистра UCSRA устанавливается в 1, что означает готовность передатчика к получению нового слова данных.

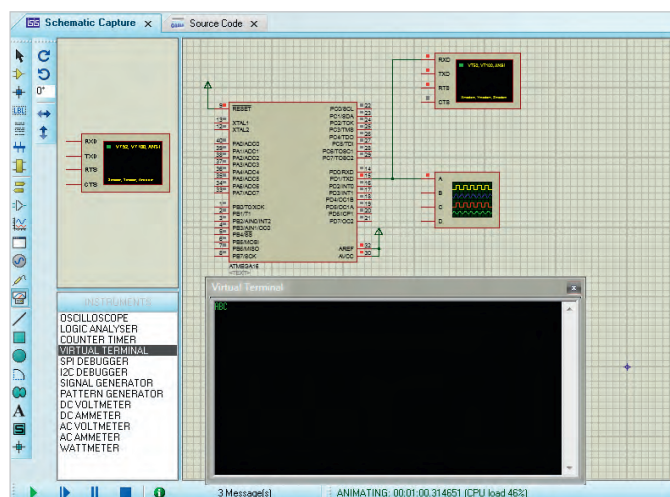


Рис. 20. Схема передачи данных при помощи модуля USART микроконтроллера ATmega16

В этом состоянии флаг остаётся до следующей записи в буфер.

Выключение передатчика осуществляется сбросом бита TXEN регистра UCSRB. Если в момент выполнения этой команды осуществлялась передача, сброс бита произойдёт только после завершения текущей и отложенной передач, то есть после очистки сдвигового и буферного регистров передатчика. При выключенном передатчике вывод TXD может использоваться как контакт ввода/вывода общего назначения.

Работа приёмника разрешается установкой бита RXEN регистра UCSRB. При установке бита вывод RXD подключается к приёмнику USART и начинает функционировать как вход, независимо от установок регистров управления портом. Если используется синхронный режим работы, переопределяется также функционирование вывода XCK.

Выключение приёмника осуществляется сбросом бита RXEN регистра UCSRB. В отличие от передатчика, приёмник выключается сразу же после сброса бита, а значит, кадр, принимаемый в этот момент, теряется. Кроме того, при выключении приёмника очищается его буфер, то есть теряются также все непрочитанные данные. При выключенном приёмнике вывод RXD может использоваться как контакт ввода/вывода общего назначения.

Рассмотрим работу модуля USART на конкретном примере. Передадим программным способом на экран виртуального терминала комбинацию символов «ABC». Для этого создадим в Proteus новый проект с использованием микроконтроллера ATmega16 и добавим в рабочее поле виртуальный

терминал, а также виртуальный осциллограф для просмотра осциллограммы работы USART.

Подсоединим вывод TXD микроконтроллера к выводу RXD виртуального терминала, а также к каналу А осциллографа. В окне настроек микроконтроллера Edit Component установим следующие параметры (см. рис. 19):

- поле CKOPT (Oscillator Options) – (1) Unprogrammed;
- поле BOOTRST (Select Reset Vector) – (1) Unprogrammed;
- поле CKSEL Fuses – (1111) Ext.Crystal High Freq.;
- поле Boot Loader Size – (00) 1024 words. Starts at 0x1C00;
- поле SUT Fuses – (11);
- поле Advanced Properties – Clock Frequency 8000000.

Окно настроек открывают двойным щелчком левой кнопки мыши по выбранному на схеме микроконтроллеру.

Для проверки работы собранной схемы (см. рис. 20) на языке программирования ассемблер была написана следующая программа (см. рис. 21):

```
.include «m16def.inc»; подключение стандартного заголовочного файла для ATmega16
.equ fck = 8000000 ; частота в герцах
.equ BAUD = 9600 ; скорость для USART в бодах
.equ UBRR_value = (fck/(BAUD*16)) - 1 ; рассчитываем значение для регистра UBRR
main: ; Код основной программы
    rcall init_USART
    ldi R16,0b01000001 ; двоичный код символа 'A'
```

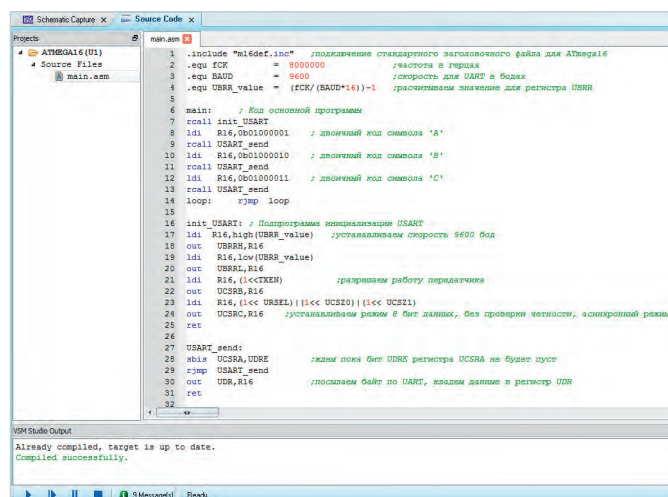


Рис. 21. Код программы инициализации микроконтроллера ATmega16 на вкладке Source Code

```
    rcall USART_send
    ldi R16,0b01000010 ; двоичный код символа 'B'
    rcall USART_send
    ldi R16,0b01000011 ; двоичный код символа 'C'
    rcall USART_send
    loop: rjmp loop
init_USART: ; Подпрограмма инициализации USART
    ldi R16,high(UBRR_value) ; устанавливаем скорость 9600 бод
    out UBRRH,R16
    ldi R16,low(UBRR_value)
    out UBRRL,R16
    ldi R16,(1<<TXEN) ; разрешаем работу передатчика
    out UCSRB,R16
    ldi R16,(1<<URSEL)|(1<<UCSZ0)|(1<<UCSZ1)
    out UCSRC,R16 ; устанавливаем режим 8 бит данных, без проверки чётности, асинхронный режим
    ret
USART_send:
    sbis UCSRA,UDRE ; ждём пока бит UDRE регистра UCSRA не будет пуст
    rjmp USART_send
    out UDR,R16 ; посылаем байт по USART, кладем данные в регистр UDR
    ret
```

После того как в рабочей области проекта собрана схема, а на вкладке Source Code введён код программы, можно запускать моделирование. Как видно из рис. 20, разработанный проект функционирует верно: на экран виртуального терминала была выведена указанная в коде программы комбинация символов. Осциллограмма работы USART показана на рис. 22.

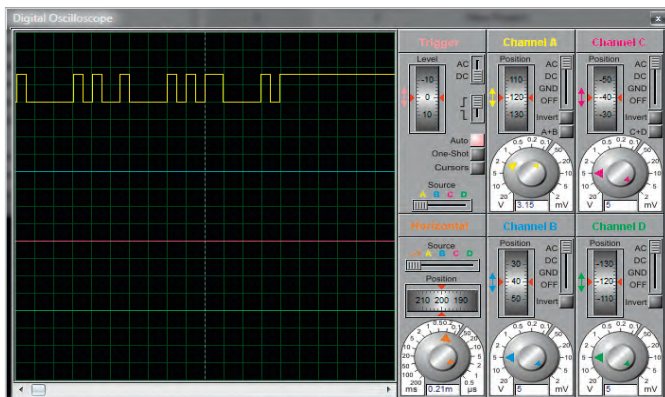


Рис. 22. Осциллограмма работы модуля USART микроконтроллера ATmega16

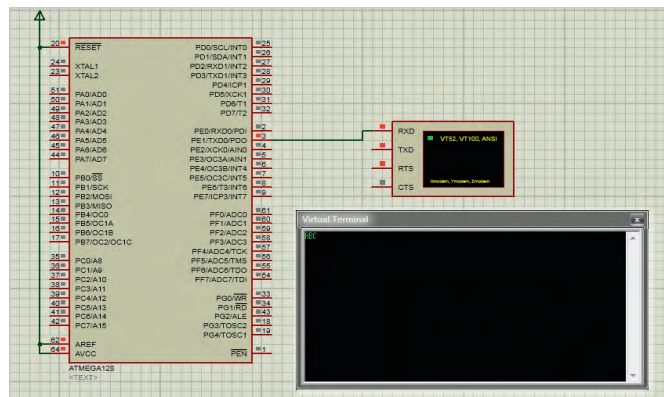


Рис. 23. Схема передачи данных при помощи модуля USART0 микроконтроллера ATmega128

```

1 #include <inttypes.h>
2 #include <avr/io.h>
3 #include <avr/interrupt.h>
4 #include <avr/sleep.h>
5 #include <util/delay.h>
6 #define F_CPU 8000000 // Рабочая частота контроллера
7 #define BAUD 9600 // Скорость обмена данными
8 #define UBRR1_value (F_CPU/(BAUD*16))-1 // Согласно заданной скорости подсчитываем значение для регистра UBRR1
9
10 void init_USART() {
11     UBRR1 = UBRR1_value; // Настройка 8 бит UBRR1_value
12     UCSR0B = (1<<TXEN0); // Снятие 8 бит UBRR1_value
13     UCSR0C = (1<<UCS200) | (1<<UCS101); // Установка формата 8 бит данных
14 }
15
16 void send_USART(char value) {
17     while(! (UCSR0A & (1<<UDRE0))); // Ожидаем когда очистится буфер передачи
18     UDR0 = value; // Помещаем данные в буфер, начинаем передачу
19 }
20
21 int main(void) {
22     init_USART(); // инициализация USART
23     send_USART(0b01000001); // посылает двоичный код символа 'A'
24     send_USART(0b01000010); // посылает двоичный код символа 'B'
25     while(1) {
26         send_USART(0b01000011); // посылает двоичный код символа 'C'
27         _delay_ms(1000);
28     }
29 }
    
```

Рис. 24. Код программы инициализации микроконтроллера ATmega128 на вкладке Source Code

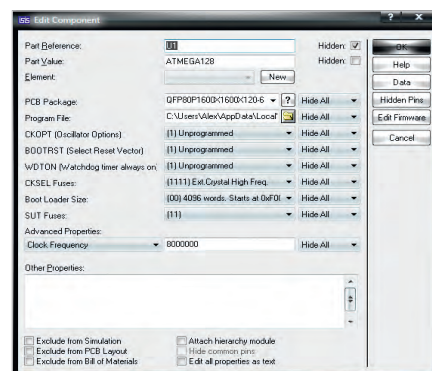


Рис. 25. Окно настроек микроконтроллера ATmega128

LUMINEQ

POWERED BY ВЕПЕК

ДИСПЛЕИ ДЛЯ

от -50°C

Реклама

ProSoft®
WWW.PROSOFT.RU

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

Рассмотрим передачу данных по интерфейсу USART в микроконтроллере ATmega128, для чего напомним аналогичную программу передачи символов «ABC» на экран виртуального терминала на языке программирования C.

```
#include <inttypes.h>
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>
#include <avr/sleep.h>
#include <util/delay.h>
#define F_CPU 8000000 // Рабочая частота контроллера
#define BAUD 9600L // Скорость обмена данными
#define UBRRL_value (F_CPU/(BAUD*16)) - 1 // Согласно заданной скорости
// подсчитываем значение для регистра UBRR
void init_USART() {
    UBRR0L = UBRRL_value; // Младшие 8 бит UBRRL_value
    UBRR0H = UBRRL_value >> 8; // Старшие 8 бит UBRRL_value
    UCSRB = (1<<TXEN0); // Бит разрешения передачи
```

```
UCSR0C = (1<< UCSZ00)|(1<< UCSZ01); } // Устанавливаем формат 8 бит данных
void send_USART(char value) {
    while(!(UCSR0A & (1<<UDRE0)));
    // Ожидаем когда очистится буфер передачи
    UDR0 = value; } // Помещаем данные в буфер, начинаем передачу
int main(void)
{
    init_USART(); // инициализация USART
    send_USART(0b01000001); // посылаем двоичный код символа 'A'
    send_USART(0b01000010); // посылаем двоичный код символа 'B'
    send_USART(0b01000011); // посылаем двоичный код символа 'C'
    while(1)
    { _delay_ms(1000); } }
```

Здесь необходимо отметить, что в микроконтроллере ATmega128 два модуля USART: USART0, USART1. Таким образом, при написании программного кода необходимо указывать, к регистрам какого модуля USART мы обращаемся. Если при работе с интер-

фейсом USART микроконтроллера ATmega16 мы обращались к регистру данных по имени UDR, то при работе, к примеру, с модулем USART0 микроконтроллера ATmega128 к регистру данных необходимо обращаться по имени UDR0.

На рис. 23 показана схема передачи данных при помощи модуля USART0 микроконтроллера ATmega128. Код программы инициализации микроконтроллера на вкладке Source Code представлен на рис. 24. На рис. 25 показано окно настроек микроконтроллера ATmega128.

Литература

1. Proteus VSM Help, Labcenter Electronics, 2020.
2. STM32F103x4, STM32F103x6 MCU Datasheet. STMicroelectronics. 2009.
3. HD44780U (LCD-II) (Dot Matrix Liquid Crystal Display Controller/Driver). Hitachi, Ltd. 1998.
4. STM32F101xx, STM32F102xx, STM32F103xx, STM32F105xx and STM32F107xx advanced ARM-based 32-bit MCUs. Reference manual. STMicroelectronics. 2010.

ЖЁСТКИХ УСЛОВИЙ

до +85°C

Основные свойства электролюминесцентных дисплеев

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

Области применения

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

LUMINEO
POWERED BY BENEQ

МОСКВА
(495) 234-0636
info@prosoft.ru

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

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



Реклама

НОВОСТИ МИРА

В России готовится строительство линейки суперкомпьютеров на «Эльбрусах» до 100 петафлопс

К 2026 г. в России может быть создан суперкомпьютер 100-петафлопсной производительности, построенный на разрабатываемых сейчас 32-ядерных отечественных процессорах «Эльбрус-32С». На сегодняшний день подобная производительность могла бы позволить попасть системе на пятую строчку в списке мощнейших вычислителей планеты.

В распоряжении редакции оказался слайд, по всем признакам являющийся фрагментом презентации суперкомпьютерной компании РСК, на котором отображена «дорожная карта» развития технологий этой организации на «Эльбрусах» до 2027 г. Наиболее отдаленной от сегодняшнего дня разработкой на этой карте указана суперЭВМ упомянутой производительности на чипах «Эльбрус-32С». Её появление запланировано на 2026...2027 г.

Суперкомпьютер займет 165 серверных шкафов, в которых разместится 16,5 тыс.лезвий суммарно с 33 тыс. процессорами. Судя по слайду, в нем предполагается использовать интерконнект разработки Российского федерального ядерного центра – Всероссийского НИИ экспериментальной физики в Сарове (РФЯЦ-ВНИИЭФ; входит в «Росатом»). О том, что у этого института есть решения для интерконнекта, в декабре 2018 г. указывал директор Института программных систем им. А. К. Айламазяна РАН Сергей Абрамов. В готовности этого интерконнекта на сегодняшний день CNews заверили представители МЦСТ – компании, разрабатывающей «Эльбрусы».

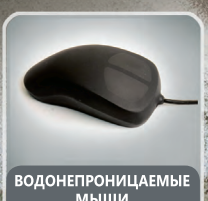
Что касается упомянутого процессора «Эльбрус-32С», то он пока не готов, но должен появиться к 2025 г. О его создании стало известно в конце октября 2020 г. Этот 32-ядерный чип будет реализован по топологии 6 или 7 нм.

В РСК подлинность слайда CNews не опровергли, однако к моменту публикации как-либо прокомментировать проект не смогли.

Представитель МЦСТ Максим Горшенин в разговоре с CNews отметил, что представленная дорожная карта вполне соответствует срокам появления серийных микропроцессоров его компании. «МЦСТ видит спрос на высокопроизводительные вычислительные кластеры, – говорит он. – Совместно с компанией РСК давно идёт работа по созданию высоконагруженных систем с высокой вычислительной плотностью. Есть заказчики, которые тестируют наши решения».

При этом Горшенин подчеркивает, что не нужно воспринимать указанные в плане даты как абсолютные константы. «Это видение РСК того, как и когда можно реализовать разработки, – добавляет он. – МЦСТ с этим видением согласна. Но речь не идёт о том, что это все жёстко зафиксировано и точно появится в прописанные сроки».

Отметим, что на сегодняшний день 100-петафлопсная производительность приблизительно соответствует пятой строчке в списке мощнейших вычислителей планеты топ-500. Правда нужно понимать, что этот рейтинг формируется не по пиковой произ-



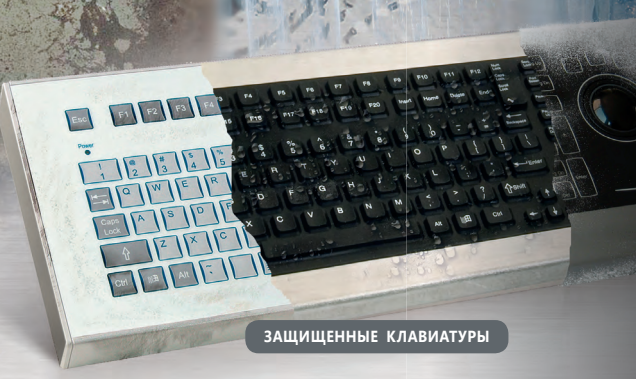
ВОДОНЕПРОНИЦАЕМЫЕ
МЫШИ



МЕХАНИЧЕСКИЕ
И ЛАЗЕРНЫЕ ТРЕКБОЛЫ



ЗАЩИЩЕННЫЕ КЛАВИАТУРЫ









УСТРОЙСТВА ВВОДА ДЛЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ

Множество вариантов исполнения и установки
Различные варианты интерфейсов
Степень защиты до IP68
Устройства, соответствующие IEC 60945
Опциональная регулируемая подсветка
Возможность кастомизации

ProSOFT®

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

 (495) 234-0636
 INFO@PROSOFT.RU

WWW.PROSOFT.RU

Реклама

НОВОСТИ МИРА

водительности, а по результатам стандартного теста Linpack. Их значения несколько отличаются, причём не во вполне заранее предсказуемой пропорции.

cnews.ru

Дефицит чипов начнёт ослабевать в 2022 году, считают в AMD

Дефицит чипов начнёт ослабевать в 2022 году, заявила Лиза Су (Lisa Su), генеральный директор компании Advanced Micro Devices (AMD), известной по производству микропроцессоров для персональных компьютеров, серверов и другой электроники.

Свой прогноз Су озвучила на конференции Code Conference в Беверли-Хиллз (США). По словам главы AMD, участники полупроводниковой отрасли активно инвестируют в расширение производственных мощностей. Так, в 2021 году ожидается запуск 20 новых заводов по изготовлению чипов, в 2022-м может быть построено столько же предприятий.

«Пандемия подняла спрос [на полупроводники – прим. DailyComm] на новый уро-

вень... Никто не ожидал столь большого спроса», – сообщила Лиза Су.

Она считает, что в следующем полугодии дефицит компонентов ещё сохранится, а вот во второй половине 2022 года его остроту удастся снизить. Попутно глава AMD высказалась в поддержку инициатив американских законодателей по субсидированию развития национальной полупроводниковой отрасли.

В сентябре 2021 года глава Tesla и SpaceX Илон Маск (Elon Musk) предсказал, когда закончится дефицит микросхем, вызвавший кризис в автомобильной промышленности. Закрывать всемирную проблему нехватки чипов поможет строительство новых заводов по производству полупроводников. По словам миллиардера, есть хороший потенциал для того, чтобы обеспечить поставки чипов уже к 2022 году.

Ранее деловое издание Nikkei сообщило, что полупроводниковая отрасль попала в замкнутый круг. Чтобы решить проблему дефицита чипов, нужно увеличить производственные мощности по выпуску микросхем. Но производители оборудования для изготовления полупроводников сами стра-

дают от нехватки мощностей.

Проблема затронула минимум четыре важнейших категории полупроводникового оборудования. Среди них – установки для монтажа кристаллов, установки для резки полупроводниковых пластин, установки для проверки полупроводниковых кристаллов и системы лазерного сверления.

Консалтинговая компания AlixPartners в сентябре 2021 года вдвое ухудшила майский прогноз и назвала текущий дефицит поставок самым длинным в истории отрасли. По данным аналитиков, всего в 2021 году мировые автопроизводители выпустят на 7,7 млн автомобилей меньше, чем запланировано.

Из-за постоянного ухудшения ситуации, прогноз неоднократно корректировался в отрицательную сторону. В январе в отрасли ожидали годовое недополучения 61 млрд долларов, а в мае – 110 млрд долларов. За 4 месяца прогноз снова ухудшился более чем на 90% – теперь компании могут потерять до 210 млрд долларов по итогам 2021 года.

russianelectronics.ru

Тестирование электроники в эпоху миниатюризации



Хотите узнать больше о наших технологиях и продукции? Свяжитесь с нами по электронной почте russia@jtag.com или посетите наш сайт www.jtag.com.

JTAG
TECHNOLOGIES



Более 25 лет в самом сердце электроники



Клиенты в более чем 50 странах



По всему миру продано более 10 000 систем



Более 2500 клиентов



Поддержка по всему миру

Как разрабатывать, производить и тестировать высококачественные электронные изделия с меньшими затратами и в короткие сроки?



Загрузите нашу брошюру

Реклама

Радиофотоника – передний край обороны страны

Алексей Галицын (a.a.galitsyn@gmail.com), **Владимир Егоров** (egorov-iptm@mail.ru), **Евгений Егоров** (hed1317@mail.ru)

Вступление

Тридцать лет назад, волею судеб (работая в НПО «Космическое приборостроение»), автор этих строк Алексей Галицын, даже не задумываясь о каких-то там финансах, мог позволить себе быть заказчиком разработки первых волоконно-оптических систем связи (ВОЛС) и в составе госкомиссии участвовать в приёмке у НИИ «Дельта» (высотка на пересечении Щёлковского шоссе и Сиреневого бульвара) заказанных им ОКР по созданию первых отечественных волоконно-оптических систем. Руководителем той разработки был Михаил Арсеньевич Ананян – ныне д.т.н., академик РАЕН, президент НО «Национальная ассоциация наноиндустрии», главный редактор журнала «Нанотехника», автор более 200 печатных трудов, а также более 60 изобретений и патентов в области волоконной оптики и наноиндустрии. А в те времена автору этих строк уже через месяц удалось применить заказанные у НИИ «Дельта» ВОЛС в своём НПО для подключения к ЭВМ БЭСМ-6 терминалов (отечественных ДВК-2, вместо дефицитных и дорогостоящих импортных «Видеотонов») в удалённых корпусах предприятия, чтобы разрабатывать СБИС на основе базовых матричных кристаллов серии 1806ВП1 с последующим их производством на Зеленоградском заводе «Ангстрем».

Мог ли предположить автор, 30 лет назад выступавший заказчиком первых отечественных ВОЛС и оснащавший тогда где-то в деревне под Волоколамском отечественными компьютерами «прораба перестройки», будущего и последнего Героя Социалистического Труда Николая Ильича Травкина, инициатора коллективного подряда в сельском гражданском строительстве, что он тем самым участвует в выпуске из бутылки того самого джина, который уничтожит не только электронную, но и вообще всю высокотехнологическую индустрию страны, а уникальное здание НИИ «Дельта» превратит в супермаркет? Да конечно же, нет, и в мыслях тогда ни у кого такого не было.

Высотное административное здание «НИИ Дельта» – теперь офисно-торговый комплекс в районе Северное Измайлово Восточного административного округа Москвы. Общая площадь здания с подземным паркингом составляет около 50 000 м², пятно застройки – 13 446 м². Здание общей высотой 132 метра имеет уникальную архитектуру. В 1978 году в этом здании был размещён НИИ «Дельта», созданный по приказу МЭП СССР на базе части КБ полупроводникового машиностроения (КБПМ). НИИ «Дельта» специализировался на научных исследованиях, разработке и опытном производстве интегральных микросхем для нужд народного хозяйства и спецтехники. С 1993 года началась сдача в аренду свободных площадей. В 2002 году Научно-исследовательский институт «Дельта» стал называться ОАО «Новая инвестиционная инициатива «Дельта»». Основным направлением его деятельности становится управление недвижимостью, сдача площадей в аренду [1].

Во времена Горбачёвской перестройки, когда КПСС позволила всем желающим немного «поругать» государством и принять участие в выборах народных депутатов на альтернативной основе, люди ждали от демократии справедливости, а получили вседозволенность и беспредел. От коллективного подряда ждали конкуренции и оплаты по труду, а вместо этого получили «базар» в экономике, уничтожение высокотехнологичных отраслей промышленности и науки, а вдобавок ко всему этому ещё и монополии и олигархов. Вместо развития страны, которое даже после Великой Отечественной войны (в условиях двухконтурной финансовой системы) на зависть всему миру длилось с сороковых по восьмидесятые годы, народу (под демократические лозунги) новоявленные реформаторы навязали «Вашингтонский консенсус» [2] – механизм угнетения стран-колоний, загнавший и людей, и предприятия страны в кредитное рабство и приведший их экономику (особенно высокотехнологичные её сектора) к полному разрушению, 30-летней стагнации и полной зависимости от импорта.

Суть Вашингтонского консенсуса как механизма управления колониями достаточно проста. Это узаконенный механизм ограбления колоний, а колониальная политика «глобальной метрополии» в отношении любой страны-колонии, в общем-то, одинакова и основана на власти доллара, военной силе, но главное (при существовании ядерного оружия) – на технологическом превосходстве. Не будем здесь и сейчас вдаваться в вопрос, почему и как в стране с гигантскими природными ресурсами, посевными пло-

щами и образованным населением вдруг наступил голод, и почему в 90-х годах в России сменились и власть, и экономический уклад?. Достаточно знать, что в любой стране, как только власть страны (по тем или иным причинам) соглашалась перевести экономику на рельсы свободного рынка на условиях «Вашингтонского консенсуса», жизнь начинала развиваться, как в страшной сказке, которую и описать-то можно только в сказочной форме (см. приложение в конце статьи), причём везде с одним и тем же закономерным финалом!

Вы спросите: «Для чего мы всё это говорим?» Да для того, чтобы ни у кого не осталось иллюзий, и чтобы стало понятно, что в той финансово-экономической парадигме развития, в которой мы сейчас существуем (а существуем только для того, чтобы Россия продолжала исправно снабжать весь цивилизованный мир сырьём, которым она владеет), собственные высокотехнологичные отрасли принципиально развиваться не могут. Неужели кому-то ещё непонятно, что увеличился не ВВП страны (якобы в два раза), а только наше отставание от цивилизованных стран мира в развитии и технологиях – и не в два, а в 20 раз? Неужели, чтобы это понять, недостаточно 30-летнего бессмысленного ожидания хоть какого-то развития высокотехнологичных отраслей в стране Курчатовых, Королёвых, Туполевых и Котельниковых?

Написали мы это, чтобы открыть людям глаза на очевидное: развитие высокотехнологичных отраслей в России в рамках «открытой рыночной экономики» (в условиях миро-

вой конкуренции) и с её совершенно «дикой» банковской кредитной системой невозможно в принципе и доступно лишь отдельным категориям «доверенных» людей, для которых на постоянной основе доступны бюджетные средства. Конечно, снимать закредитованность предприятий бюджетными вливаниями, после разрушения в них производственного процесса, – тоже хорошее дело, но и это доступно лишь предприятиям ОПК, да и то не всем. А как быть с остальными – с теми, кто, например, поставяет комплектующие для ОПК; как быть с учёными РАН, «не вписавшимися в рынок» и впроголодь, за 25 тысяч рублей, двигающими российскую науку?

Любая новая высокотехнологичная продукция, за исключением примитивного программного продукта, который в стране почему-то десятилетиями гипертрофированно финансируется (немыслимые гранты Минцифры, средняя зарплата студента – программиста Java, Python, C++ в 200...300 тысяч рублей и т.п.), но сам материальным продуктом не является и может только способствовать производству материальных благ, которого в стране фактически нет, требует колоссальных финансовых затрат для своего создания, но деньгам на это просто неоткуда взяться. Видимо, поэтому (как в сказке про «Голого короля») проще и дешевле создавать в стране «виртуальную», так называемую «цифровую экономику» (причём на импортной технике!) вместо реального производства и экономики реальной. Но импортная техника в условиях современного жёсткого противостояния России и США – это «радиоуправляемая» мина замедленного действия, заложенная под экономику не виртуальную, а уже реальную...

Главная из высокотехнологичных отраслей в мире (как вдруг оказалось) – это полупроводниковая индустрия, а её передний край – радиофотоника. Полупроводниковая индустрия базируется на тысячах высокотехнологичных компонентов: инновациях, технологиях и чистых материалах, которые тоже, причём одновременно, теперь в нашей стране должны быть кем-то созданы: в высоких технологиях одного без другого просто не бывает.

Но о полупроводниковой индустрии в России не говорят с экранов телевизоров, нет её и в программах институтов так называемого «развития» страны. Видимо, согласно «консенсусу», страна

не должна иметь ни полупроводниковой индустрии, ни высокотехнологичных разработок в этой области, а интеллектуальный потенциал, исторически наперекор всему рождающийся в России, должен или работать на метрополию (на инофирмы), или погибнуть.

И рассчитывать на то, что в России «невидимая рука рынка» в области полупроводниковой индустрии сама всё создаст и расставит по местам или что спешно созданные чиновниками-экономистами ДРЭП бесхребетные «ручные» консорциумы (ориентированные на производство и сбыт конкретного продукта) спасут всю электронную промышленность страны, к сожалению, не приходится [3]. Это, наконец, просто глупо или даже преступно: пытаться действовать экономическими методами там, где просто нет экономики, как десятилетиями тщетно пытались делать «наноэкономисты» [4]. Какая тут может быть экономика, какое импортозамещение, когда цены на продукцию берутся даже не «с потолка», а «от плинтуса», а один квантовый компьютер завтра придёт и разрушит всё?

Должностные обязанности представителей профессии «экономист» [5] заключаются в исследовании, планировании и экономическом сопровождении финансово-хозяйственной деятельности, но отнюдь не в руководстве наукой и техникой. Именно в силу принципиальной ограниченности профессионального инструментария («перестановка мебели», ребрендинг, реструктуризации, консолидации, консорциумы, корпорации, ассоциации, IPO, SPO, PPO и т.п.) ни чиновники, ни экономисты полупроводниковую индустрию страны спасти не могут: ведь ничему другому эти люди, к сожалению, не обучены и ничего другого попросту не умеют. Возможно, их профессиональные навыки [6, 7] и полезны, когда нужно что-то оптимизировать или размещать на финансовых рынках, но для того, чтобы создавать технологии, нужны совсем другие люди. Показателен в этом плане «эксперимент» с нанотехнологиями, в результате которого 100 тонн пятитысячных купюр были волшебным образом превращены в никому не видимые «наноструктуры» [4].

Но выход даже из этой патовой ситуации у страны и был, и есть – он описан нами в статье «Кому нужна электронная индустрия?» [8]. Впрочем, реализовать его на практике в России, по-видимому,

не удастся. Это становится очевидным на примере нашего опыта взаимодействия с чиновниками-экономистами ДРЭП Минпромторга РФ – департамента, «похоронившего» очередную уникальную инициативу добровольного объединения российских учёных и инженеров Российской инженерной академии, Российской академии инженерных наук и Российской академии естественных наук по созданию частно-государственной «Физико-технической корпорации» для выполнения (на основе разработанных предельных технологий) стратегически важных для страны проектов. Этот опыт авторы на примере десятка перспективнейших проектов описали в статьях «Современной электроники» [8...14]. А сегодня мы проиллюстрируем сказанное ещё одним реальным практическим примером. Этим примером является радиофотоника.

Что же такое радиофотоника

О вкладе авторов в развитие этого направления мы уже писали [12], но в финансировании работ по этой теме им было отказано специалистами [7] ДРЭП, поскольку развивать эту технику, согласно законам российского рынка, должны совершенно другие, «правильные» люди. И неважно, что люди эти «правильные», осваивая бюджетные миллиарды, подобно юным радиолюбителям, будут осуществлять разработки методом научного тыка: «А что будет, если сделать так? А что будет, если сделать эдак?» В самом деле, ведь сегодня никто не может объяснить, почему, вопреки всем известным законам физики, передача сигналов по ВОЛС может осуществляться на сотни и даже на тысячи километров, а уж тем более рассчитывать и проводить микронные интегральные световоды непосредственно по кремниевой пластине, не говоря уже о нанофотонике, где действуют совсем иные – квантовые законы. В то время как авторы на основании сделанного ими открытия понимают реальную физику, схемотехнику, наперёд знают, что и как требуется сделать и получить в области радиофотоники, и её системотехники, и, как всегда, намерены поделиться своими знаниями с читателями журнала.

Поскольку чёткого определения радиофотоники (microwave photonics) пока нет даже в Википедии, сделанное нами открытие [12] «явления волноводно-резонансного распространения

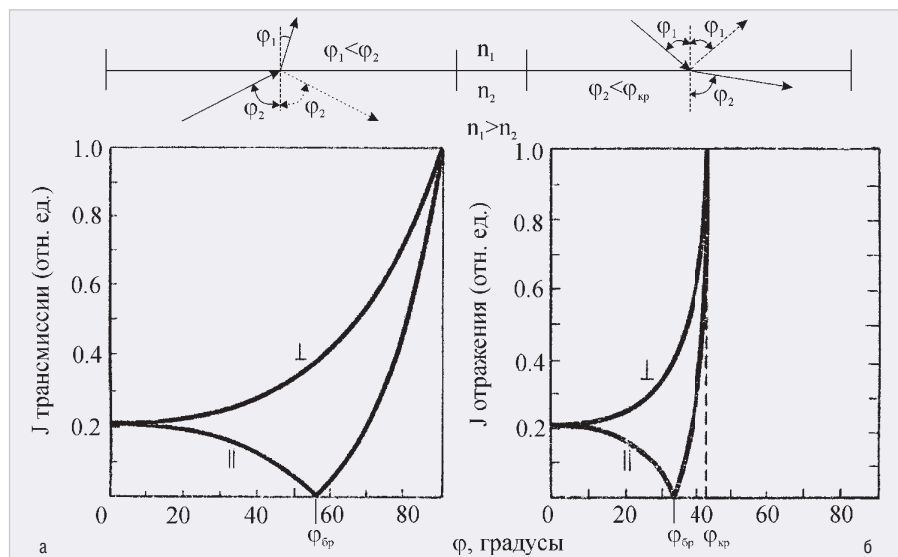


Рис. 1. Зависимости интенсивности светового потока от угла его падения на интерфейс, разделяющий прозрачные диэлектрические среды 1 и 2 с различающимися коэффициентами преломления ($n_1 > n_2$), 1 в условиях распространения первичного светового потока в среде 2 (а) и в среде 1 (б). $\varphi_{бр}$ – угол Брюстера, $\varphi_{кр}$ – критический угол полного внутреннего отражения. Обозначения $\perp$ и $\parallel$ указывают на поляризацию излучения, соответствующую волнам с электрическим вектором, перпендикулярным к плоскости падения (σ -компонента) и параллельным ей (π -компонента)

(и взаимодействия) квазимонохроматических радиационных потоков» даёт нам право впервые утверждать, что радиофотоника – это наука, возникающая на стыке как опосредованного (при помощи оптоэлектроники), так и непосредственного [12] взаимодействия СВЧ-радиочастотных и оптических сигналов. В практической плоскости она связана с передачей, приёмом и преобразованием сигналов посредством электромагнитного излучения и электронно-фотонных приборов, а также с технологиями их производства.

Электромагнитные волны и фотоны (в отличие от электронов) не обладают массой и зарядом, поэтому они обладают гораздо большей (чем электронные системы) дальностью, скоростью и шириной полосы пропускания сигнала, а также не подвержены воздействию внешних электромагнитных полей, что обеспечивает их работу на частотах порядка сотен ГГц со скоростью в сотни Гбит/с, а это на 5...6 порядков (!) больше, чем у электронных систем. Причём в перспективе могут быть созданы каналы связи с тера- и петабитной пропускной способностью. Без радиофотоники даже близко подступить к таким частотам и скоростям принципиально невозможно, поскольку затухание электромагнитных сигналов на таких частотах будет составлять сотни дБ на каждые 100 м, не говоря уже о проблеме наводок и радиационной стойкости.

А все резервы повышения вычислительной мощности даже многопроцессорных систем, даже на единой кремниевой пластине и даже у мировых производителей практически исчерпаны, так как ограничены отводом тепла с пластины. Но радиофотоника позволяет решить и эти проблемы: во-первых, использование фотонных носителей информации и квантовых механизмов в её элементах позволяет создать так называемые «холодные» радиоаппаратуру и гига-процессоры (тактовую частоту можно размещать на степень интеграции и производительность, а в итоге – на себестоимость), которые практически не подвержены радиационным воздействиям; во-вторых, являясь во многом функциональной «электроникой», радиофотоника изменит (позволит значительно упростить) функциональное построение всей нынешней радиоэлектронной аппаратуры: средств наведения, обнаружения, разведки, радиолокации – и на несколько порядков улучшит её качество. Сможет превратить, например, радиолокацию в «радиовидение» и многократно сократить массу и габариты техники.

Именно поэтому без радиофотоники ни в настоящем, ни тем более в будущем принципиально не может быть ни многопроцессорных гипер- и квантовых компьютеров, ни новой радиолокации. Поэтому радиофотоника сегодня (особенно интегральная) – это действи-

тельно передний край обороны России. А «элементной базой» радиофотоники являются твердотельные терагерцовые приборы: лазеры, оптические волноводы, оптоэлектронные генераторы, усилители, дешифраторы, регистры, коммутаторы, динамическая и статическая память, фазовращатели, синтезаторы, смесители, умножители, УПЧ, оптические модуляторы, фазово-частотные компараторы, линии задержки, ускорения и дублирования входящей волны, гетероантенны, защитные устройства для входных трактов приёмных устройств и многое другое, вплоть до радиофотонных АЦП и АФАР (активная фазированная антенная решётка).

Новый механизм распространения световых потоков в оптических волноводах

Сначала рассмотрим классическое представление. Само явление полного внутреннего отражения, имеющего место на границе двух прозрачных для света диэлектрических сред, имеющих разные коэффициенты преломления, было экспериментально обнаружено на самых ранних стадиях изучения взаимодействия световых потоков с материалом прозрачной диэлектрической среды [15, 16] и в дальнейшем изучалось различными исследователями. При падении на интерфейс, разделяющий две прозрачные диэлектрические среды с различающимися показателями преломления, световой поток испытывает частичное отражение и частично проходит через интерфейс. Прошедшая часть излучения преломляется, т.е. изменяет направление распространения относительно исходного направления, и эти части связаны между собой законом Снеллиуса:

$$n_2 \sin \varphi_2 = n_1 \sin \varphi_1, \quad (1)$$

где n_1 и n_2 являются коэффициентами преломления сред {1} и {2}, а φ_1 и φ_2 представляют собой угол падения исходно падающего потока и угол распространения его преломлённой части (рис. 1а), причём угол падения равен углу отражения потока, что было экспериментально установлено ещё во времена И. Ньютона [15].

Простейшим примером симметричного оптического волновода является стеклянная пластина в воздушном пространстве (в вакууме). Коэффициент преломления оптического излучения в воздухе (в вакууме) считается близким (или равным) единице. Коэффи-

коэффициент преломления света в стекле, как правило, близок к 1,5. Общепринятым подходом к описанию распространения потоков оптического излучения в такой световодной структуре является использование механизма многократного полного внутреннего отражения на поверхностях этой пластины, представляющих собой интерфейсы между средой с высоким коэффициентом преломления (стеклом) и средой, характеризующейся низким значением этого коэффициента: воздухом.

В соответствии с подходом Френеля амплитудные соотношения отражения на интерфейсе для потоков светового излучения разной поляризации r_i и их проникновения из среды {2} в среду {1} t_i (рис. 1а) определяются выражениями [16, 17, 18]:

$$r_{\perp} = \frac{\vec{E}_{\perp}}{\vec{E}_0} = \frac{n_2 \cos \varphi_2 + n_1 \cos \varphi_1}{n_2 \cos \varphi_2 - n_1 \cos \varphi_1};$$

$$t_{\perp} = \frac{\vec{E}_{\perp}}{\vec{E}_0} = \frac{2n_2 \cos \varphi_2}{n_2 \cos \varphi_2 + n_1 \cos \varphi_1};$$

$$r_{\parallel} = \frac{\vec{E}_{\parallel}}{\vec{E}_0} = \frac{n_1 \cos \varphi_2 - n_2 \cos \varphi_1}{n_1 \cos \varphi_2 + n_2 \cos \varphi_1};$$

$$t_{\parallel} = \frac{\vec{E}_{\parallel}}{\vec{E}_0} = \frac{2n_2 \cos \varphi_2}{n_1 \cos \varphi_2 + n_2 \cos \varphi_1}.$$

Фаза прошедшего через интерфейс светового потока для π и σ (параллельного и перпендикулярного плоскости падения светового потока) компонент излучения совпадает с фазой падающего потока. Фазы σ и π компоненты отражённого излучения будут запаздывать относительно падающего потока на 180° (π). Коэффициенты отражения и трансмиссии светового излучения, отвечающие за распределение энергии падающего на интерфейс потока между отражённым и прошедшим его компонентами, определяются квадратами соотношений амплитуд [18]:

$$R_{\perp} = |r_{\perp}|^2; T_{\perp} = |t_{\perp}|^2$$

$$R_{\parallel} = |r_{\parallel}|^2; T_{\parallel} = |t_{\parallel}|^2$$

Рис. 1а отражает принципиальные особенности, подтверждённые прямыми экспериментальными измерениями, для случая распространения первичного светового потока в среде {2}, характеризующейся меньшим значением коэффициента преломления ($n_1 > n_2$). Наблюдаемое на рисунке уменьшение интенсивности отражения π -компоненты в точке $\varphi_{\text{кр}}$ практически до нуля является следствием того, что вектор электрического поля света в среде перпендикулярен направлению распространения преломлённого потока, и вызванное им возбуждение диполей среды распространяется

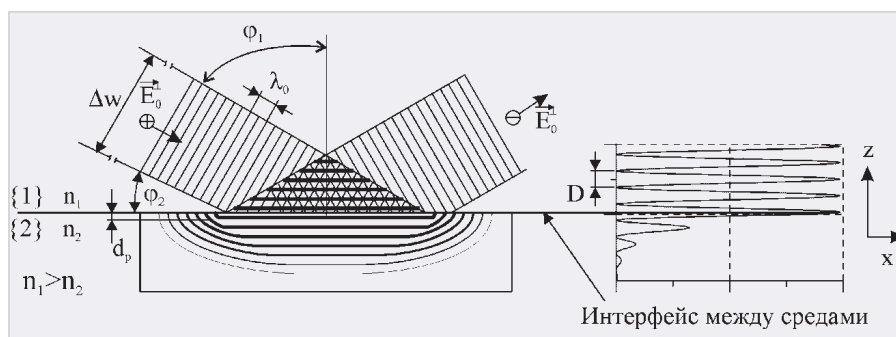


Рис. 2. Продвинутое схематическое изображение формирования интерференционного поля стоячей волны квазимонохроматического оптического излучения со средней длиной волны λ_0 и степенью монохроматичности $\Delta\lambda$ при полном внутреннем отражении на плоском интерфейсе между материальными средами {2} и {1}. d_p – глубина проникновения, D – период стоячей волны, φ_1 – угол падения первичного потока, Δw – ширина потока

параллельно направлению отражения. Однако в этом направлении интенсивность дипольного излучения оказывается равной нулю [19]. Этот эффект впервые был экспериментально обнаружен Д. Брюстером в 1815 году [20] и впоследствии был детально исследован в целом ряде публикаций. Эти исследования показали, что при достижении критического угла Брюстера $\varphi_{\text{кр}}$, не удаётся полностью подавить интенсивность π -компоненты, как это, казалось бы, следует из уравнений Френеля.

В отличие от ситуации, когда исходный световой поток распространяется в среде с более низким показателем преломления (рис. 1а), его распространение в среде с более высоким значением этого параметра при наличии интерфейса со средой, характеризующейся более низким значением коэффициента преломления, приводит к появлению дополнительного эффекта, обусловленного явлением полного внутреннего отражения (ПВО) в области $\varphi_{\text{кр}}$ (рис. 1б). В верхней части этого рисунка, демонстрирующей докритическое состояние ($\varphi_1 < \varphi_{\text{кр}}$), наглядно показано, что при переходе светового потока из среды с более высоким значением коэффициента преломления в соответствии с законом Снеллеуса имеем $\varphi_2 > \varphi_1$. При достижении критического угла падения ($\varphi_1 = \varphi_{\text{кр}}$) значение угла φ_2 становится равным 90° , а экспериментально наблюдаемые величины интенсивности отражённого и падающего потоков сравниваются и реально демонстрируют явление ПВО. Дальнейшее увеличение значения φ_1 не меняет вещественной величины φ_2 . Поэтому принято считать, что в области ПВО угол преломления становится

комплексным, а его косинус представляется мнимой величиной [17]:

$$\cos \varphi_2 = -i \sqrt{\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \sin^2 \varphi_1 - 1};$$

$$(\varphi_{\text{кр}} < \varphi_1 < \pi/2).$$

Перед корнем выбирается отрицательное значение знака, так как во второй среде в условиях ПВО ожидается затухание проникающего светового излучения [17]. В случае реализации явления ПВО амплитудные коэффициенты отражения и трансмиссии принимают более сложный вид [17, 21]. При этом оказывается, что в условиях полного внутреннего отражения фазы отражённого и проходящего во вторую среду потоков оказываются зависящими от угла падения φ_1 [21].

Во второй среде в соответствии со схемой, приведённой на рис. 2, интенсивность светового поля для обеих поляризаций убывает экспоненциально. Глубиной проникновения светового потока из среды {1} в среду {2} считается расстояние d_p от интерфейса, разделяющего среды, до точки, на которой амплитуда вектора падающего потока уменьшается в «е» раз [22]:

$$d_p = \frac{\lambda_0}{2\pi \sqrt{\sin^2 \varphi_1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2}}; (\varphi_1 > \arcsin \frac{n_2}{n_1}).$$

Поскольку механизм реализации явления полного внутреннего отражения связан с передачей энергии оптического потока из среды {1} в среду {2} с последующей её обратной передачей в первую среду, было логично предположить, что оптический фотон, упавший на интерфейс, разделяющий вторую и первую среды, под углом полного внутреннего отражения, будет эмитирован средой {2} в среду {1} с некоторым смещением относительно места его попадания. Это смещение, впер-

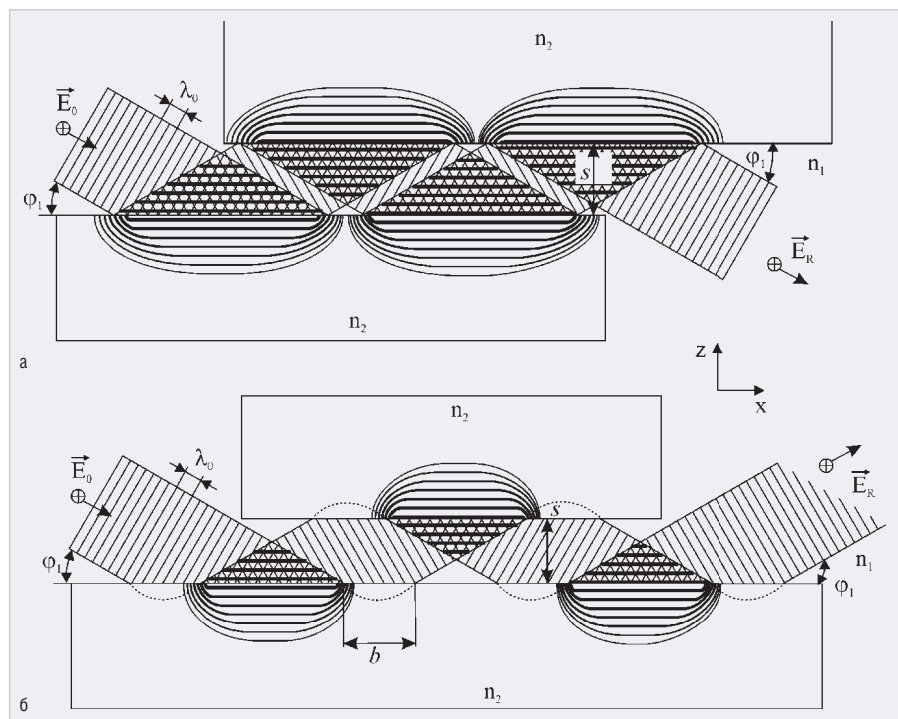


Рис. 3. Схемы представления явления многократного последовательного полного внутреннего отражения в симметричном оптическом волноводе, учитывающие появление локальных интерференционных полей стоячих оптических волн в районе каждого отражения без учёта (а) и с учётом сдвига Гуса-Хенхена (б)

вые экспериментально зарегистрированное немецкими учёными, принято называть сдвигом Гуса-Хенхена [23]. Величина этого сдвига в упрощённой форме для σ -компоненты описывается выражением [24]:

$$b = \frac{\lambda_0}{\pi n_1} \frac{1}{\sqrt{\sin^2 \varphi_1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2}}; \left(\varphi_{\text{кр}} < \varphi_1 < \frac{\pi}{2}\right) \quad (8)$$

В соответствии с представленным выражением максимальный сдвиг Гуса-Хенхена ожидается вблизи критического угла ПВО, а его минимальное значение предполагается зарегистрировать в условиях, близких к скользящему падению первичного оптического потока.

В соответствии с общепринятым подходом при рассмотрении распространения оптического потока в симметричном волноводе на базе многократного последовательного ПВО (рис. 3) из геометрических соображений можно получить характеристическое уравнение, определяющее собственные значения мод симметричного оптического волновода. Углы φ , соответствующие этому уравнению, являются «магическими углами», определяющими сфазированность распространения потока. Реальные значения этих углов получаются на основании графического решения характеристического уравнения. При

учёте сдвига Гуса-Хенхена для более уточнённых расчётов в характеристическом уравнении вместо реального значения размера световодного канала используют его эффективное (с учётом сдвига) значение, также рассчитываемое из элементарных геометрических соображений [25, 26].

При нарушении самосогласованности каждое последовательное отражение приводит к перевозбуждению материала обкладок, вызывая последовательное уменьшение интенсивности распространяющегося потока. Таким образом, при падении на торец световода однородного непараллельного потока излучения, захватываемого световодом в угловой интервал, ограниченный двойным критическим углом ПВО, на его выходе будет реализован световой поток, структурированный в соответствии с набором разрешённых сфазированностью отражений, прошедших под «магическими» углами. Несфазированная часть исходного оптического потока потратит энергию на перевозбуждение материала обкладок, т.е. фактически уйдёт на их нагрев. Для оценки эффективности механизма многократного последовательного полного внутреннего отражения необходимо рассчитать, какую часть из захваченного световодом оптического потока

этот механизм способен доставить до его выхода.

Период стоячей оптической волны в возбуждаемых световым потоком локальных интерференционных полях определяется выражением:

$$D = \frac{\lambda_0}{2n_1 \cos \varphi_1}. \quad (9)$$

При отклонении светового луча на угол $\Delta\varphi_1$ период стоячей волны изменится на величину ΔD_φ , определяемую выражением:

$$|\Delta D_\varphi| = \frac{\lambda_0}{2n_1} \frac{\sin \varphi_1}{\cos^2 \varphi_1} \Delta\varphi_1. \quad (10)$$

При изменении длины волны на величину $\Delta\lambda$ период стоячей волны также изменится на величину ΔD_λ , соответствующую выражению:

$$\Delta D_\lambda = \frac{\Delta\lambda}{2n_1 \cos \varphi_1}. \quad (11)$$

Величина $\Delta\lambda$ характеризует степень монохроматичности светового потока, падающего на световод, и фактически определяет уровень размывания интерференционной картины. Приравнявая величины ΔD_φ и ΔD_λ , можно оценить фактическую угловую ширину, которая допускает сфазированность последовательных полных внутренних отражений. Но при этом ΔD_φ должна быть взята в удвоенном значении, поскольку отклонение от «магических» значений может быть в обе стороны. В итоге получаем:

$$\Delta\varphi_1 = \frac{\Delta\lambda \cos \varphi_1}{2\lambda_0 \sin \varphi_1}. \quad (12)$$

Для оценки эффективности транспортировки потока оптического излучения на основе механизма многократного последовательного полного внутреннего отражения необходимо сопоставить угловую апертуру захвата оптического излучения световодом, составляющую двойной критический угол ПВО, что близко к 90° , и величину $\Delta\varphi_1$, умноженную на число разрешённых магических углов (или, как это принято говорить, на число мод), количество которых обычно не превышает 10. Поскольку отношение $\Delta\lambda/\lambda_0$ для световых потоков, формируемых лазерными структурами, не превышает величину 10^{-4} , можно ожидать, что эффективность транспортировки потоков оптического излучения в соответствии с механизмом многократного последовательного ПВО будет менее 0,1%, что явно не соответствует практически наблюдаемой эффективности. А это означает, что реальное физическое распространение светового потока в ну-

три световода осуществляется на основе несколько иного механизма распространения, нежели это предполагается в общепринятой классической трактовке механизма многократного последовательного полного внутреннего отражения. Так что же за механизм распространения светового потока внутри световода мы имеем на самом деле?

Волноводно-резонансный механизм

Особенность образования интерференционной картины стоячей оптической волны в условиях стационарного режима полного внутреннего отражения квазимонохроматического оптического потока состоит в том, что размер области интерференции в среде {1} (рис. 2) пространственно ограничен, в то время как интерференционное возбуждение в среде {2} распространяется на весь её объём. Ограниченность размера области интерференции в среде {1} связана с тем, что интерференционное взаимодействие исчезает, когда фазовый сдвиг между взаимодействующими оптическими потоками достигает значения π (180°) [18]. На первый взгляд представляется, что размер этой области определяется только величиной сечения падающего оптического потока. Однако физически он является прямым следствием степени монохроматизации потока отражаемой оптической радиации [18, 27]. Поэтому ширина зоны интерференционного поля стоячей оптической волны ограничена фазовым критерием [18]:

$$\Delta\varphi \leq 2\pi \frac{\lambda_0}{2\Delta\lambda}. \quad (13)$$

Поскольку фаза оптической волны падающего излучения меняется на 180° (на « π ») на линейной дистанции, соответствующей полуволне, фазовые ограничения, накладываемые выражением (17), могут быть преобразованы в линейный масштаб:

$$\Delta\ell = \frac{\lambda_0}{2\pi} \Delta\varphi = \frac{\lambda_0^2}{2\Delta\lambda} = L/2, \quad (14)$$

где параметр L представляет собой длину когерентности излучения, формально характеризующую продольный размер радиационного кванта [28]. Для оптического излучения этот параметр зависит от типа излучающей системы. Например, красная линия излучения атомов кадмия в газовой среде характеризуется средней длиной волны $\lambda_0 = 643,8$ нм, а степень её монохроматичности определяется величиной $\Delta\lambda = 3 \times 10^{-4}$ нм. Таким образом, длина

когерентности этого излучения составляет 1,3 метра. А для высококогерентных лазерных источников оптических лучей этот параметр составляет сотни метров [29]. Поскольку для возникновения интерференции необходимо, чтобы продольный размер интерференционной зоны не превышал величины, определяемой выражением (18), эта величина и определяет с физической точки зрения продольный размер интерференционного поля стоячей оптической волны. При этом понятно, что в некоторых случаях этот параметр может конкурировать с шириной (или сечением) пучка падающего излучения. Оценки поперечного размера, выполненные на основе концепции пространственной когерентности [27], показали, что он совпадает с продольным размером, т.е. соответствует половине длины когерентности излучения.

Схема явления многократного последовательного полного внутреннего отражения в симметричном оптическом волноводе, представленная на рис. 3, позволяет отойти от трактовки распространения светового потока в световоде как явления многократного полного внутреннего отражения, описываемого в рамках геометрической оптики, и представить его более реалистично: с учётом появления набора локальных интерференционных полей стоячих оптических волн. На рисунке представлена визуализация подхода, предполагающая появление локальных интерференционных зон как с учётом сдвига Гуса-Хансен (рис. 3а), так и без него (рис. 3б). Представленная на рисунке ситуация соответствует случаю применения световода, толщина световодного слоя которого превышает величину поперечного размера интерференционной области стоячей оптической волны ($s > L/2$). При падении оптического квазимонохроматического потока на торец оптического волновода под одним из «магических» углов будет реализовываться его самосогласованное распространение в световодном слое. В материале обкладок, покрывающих световодный слой, каждое последовательное отражение вызывает появление интерференционного поля стоячей оптической волны, затухающей по мере удаления от места отражения, но при этом распространяющейся на весь объём материала обкладок. Наличие самосогласованности последовательных отражений

не вызывает перевозбуждения этого материала, и поток распространяется в световодном слое практически без ослабления.

Механизм распространения квазимонохроматического оптического потока в симметричном оптическом волноводе путём многократного последовательного полного внутреннего отражения вполне ожидаем, когда ширина световодного слоя превышает поперечный размер локальных областей интерференции стоячей оптической волны. В то же время возникает вопрос, что будет наблюдаться в случае сравнимости этих размеров и дальнейшего уменьшения ширины световодного слоя – что чрезвычайно важно для нано- и радиофотоники. В этом случае произойдёт слияние локальных интерференционных областей с образованием однородного интерференционного поля стоячей радиационной волны, как это было экспериментально доказано для случая распространения потока квазимонохроматического рентгеновского излучения в узком протяжённом щелевом зазоре [30, 31, 32]. Эффект образования однородного интерференционного поля стоячей оптической волны оказывается связанным лишь с соотношением ширины световодного слоя и поперечного размера ожидаемых локальных интерференционных полей, возникающих вследствие взаимодействия падающего и отражённого от одного из интерфейсов оптических потоков. Образование этого поля, показанного на рис. 4, не связано с углом падения оптического квазимонохроматического потока на торец световода, т.е. вопрос о «магических» углах и модовой структуре транспортировки света перестает быть актуальным. Механизм распространения радиационных потоков в условиях образования однородного интерференционного поля стоячей радиационной волны во всем объёме радиационно-транспортной структуры был назван механизмом их волноводно-резонансного распространения [30]. Поскольку этот механизм не связан с углом падения радиационного потока на торец световода, он позволяет почти полностью транспортировать излучение, захваченное им в апертуре двойного критического угла полного внутреннего отражения. При этом распределение интенсивности поля стоячей оптической волны внутри световодного слоя и за его пределами визуально может быть представлено на рис. 5.

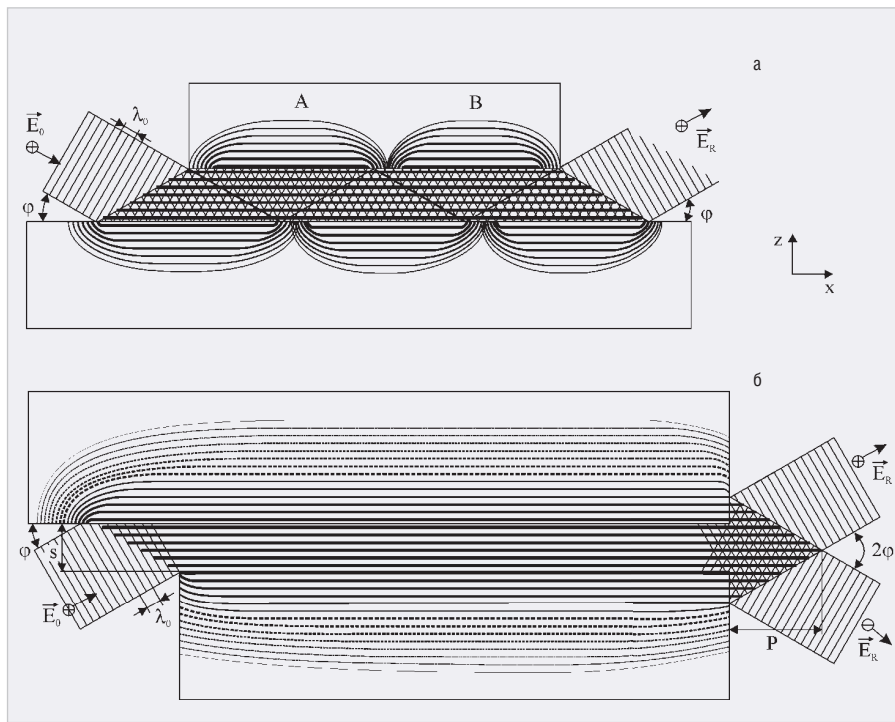


Рис. 4. Схематическое представление явления многократного последовательного полного внутреннего отражения квазимонохроматического оптического потока, попадающего в световодный канал под углом φ в условиях, когда его ширина сравнивается с величиной половины длины когерентности излучения этого потока (а), что приводит к их взаимному перекрытию и образованию однородного интерференционного поля стоячей оптической волны во всем объёме световодного слоя (б). Величина $P=\lambda_0^3/8\Delta\lambda^2$ является параметром выпячивания однородного интерференционного поля из световодного слоя оптического волновода

Фактическое уменьшение интенсивности потока при его транспортировке оптическим волноводом связано с потерей энергии, потраченной на возбуждение объёмов материала обкладок и потери в нём и, собственно, с поглощением в световодном слое. Оценим распределение интенсивности поля стоячей оптической волны. Допустим, что световой поток интенсивностью w_0 под некоторым углом $\varphi < \varphi_{кр}$ попадает в световодный канал шириной s . В области входного торца волновода ($x=0$) происходит первое полное внутреннее отражение потока. Тогда полная интегральная интенсивность потока может быть представлена как сумма двух членов, составляющих его интенсивность в световодном слое $L(\varphi, x=0)$ и интенсивность, связанную с возбуждением объёма материала обкладок $M(\varphi, x=0)$.

$$W(\varphi, x=0) = L(\varphi, x=0) + M(\varphi, x=0). \quad (15)$$

Функция $L(\varphi, x=0)$ (см. рис. 5) может быть представлена выражением:

$$L(\varphi, 0) = \int_{-\lambda_0/2}^{\lambda_0/2} I(\varphi, z) dz, \quad (16)$$

где $I(\varphi, z)$ является интенсивностью потока в световодном слое и представляется выражением:

$$I(\varphi, z) = |E_0|^2 \left[1 + R + 2\sqrt{R} \cos \delta + \frac{2\pi z}{D} \right], \quad (17)$$

в котором R определяется выражением (4), а D – выражением (9). Функция, связанная с возбуждением объёма материала обкладок волновода, может быть представлена в виде:

$$M(\varphi, 0) = 2 \int_{-\lambda_0/2}^{\lambda_0/2} I(\varphi, z) \exp\left(-\frac{z}{d_p}\right) dz, \quad (18)$$

где d_p является параметром глубины проникновения излучения в материал обкладок, определяемым выражением (7). При распространении радиационного потока в световодном слое, по мере углубления на расстояние x , его общая интенсивность $W(\varphi, x)$ и его составляющие $L(\varphi, x)$ и $M(\varphi, x)$ будут уменьшаться вследствие наличия поглощения. Однако соотношение между этими величинами будет оставаться неизменным вследствие наличия однородности интерференционного поля стоячей оптической волны и неизменности интерфейсных граничных условий. Поэтому их взаимные соотношения будут связаны условиями:

$$\alpha = \frac{M(\varphi, 0)}{W(\varphi, 0)} = \frac{M(\varphi, x)}{W(\varphi, x)} = \text{const}; \quad (19)$$

$$\alpha = \frac{M(\varphi, 0)}{W(\varphi, 0)} = \frac{M(\varphi, x)}{W(\varphi, x)} = \text{const}. \quad (20)$$

При этом фактор β оказывается связанным с поглощением в материале световодного слоя, в то время как параметр α характеризует не только энергетические потери на возбуждение материала обкладок, но и поглощение в этом материале. Общие энергетические потери при транспортировке оптического потока на расстояние Δx могут быть представлены в следующей форме:

$$\Delta W(\varphi, \Delta x) = W(\varphi, 0) - W(\varphi, \Delta x) = M(\varphi, 0)(1 - e^{-\mu_1 \Delta x}) + L(\varphi, 0)(1 - e^{-\mu_2 \Delta x}), \quad (21)$$

где μ_2 представляет собой линейный коэффициент поглощения в материале световодного слоя, в то время как μ_1 учитывает поглощение в материале обкладки и потери на возбуждение объёмов этого материала. Разделив обе части уравнения (20) на $W(\varphi, 0)$ и устремив Δx к нулю, можно получить дифференциальное соотношение, определяющее энергетические потери на единицу пути транспортирования оптического потока:

$$\frac{dW}{W} = -\frac{M(\varphi, 0)}{W(\varphi, 0)} \mu_1 dx + \frac{L(\varphi, 0)}{W(\varphi, 0)} \mu_2 dx - e^{-(\alpha \mu_1 + \beta \mu_2) x} dx, \quad (22)$$

Интегрирование этого выражения в предположении начального условия $w_0 = W(\varphi, 0)$ позволяет получить основное уравнение для описания интенсивности потока квазимонохроматического оптического излучения:

$$W(\varphi, x) = w_0 e^{-(\alpha \mu_1 + \beta \mu_2) x}. \quad (23)$$

Поскольку поглощение оптического излучения в оптически прозрачных средах, как и энергетический вклад на возбуждение материалов в обкладках, представляет собой крайне малую величину, составляющую сотые доли процента на единицу пути транспортировки света, механизм волноводно-резонансного распространения квазимонохроматического оптического потока способен обеспечивать чрезвычайно высокую оптико-транспортную эффективность световодных структур. Ширина плоских световодных слоёв и диаметр цилиндрических световодных конструкций на практике варьируется от нескольких десятков микрон до нескольких миллиметров. При этом длина когерентности лазерного излучения, применяемого в качестве базового инструмента для передачи информации по оптическим световодам (фибрам), составляет сотни метров. Таким образом, ширина их световодных каналов

существенно меньше половины длины когерентности оптических излучений, используемых в них для передачи информационных сообщений. Это позволяет утверждать, что оптические волноводы функционируют на основе механизма волноводно-резонансного распространения радиационных потоков, который и обеспечивает высокую оптико-транспортную эффективность этих устройств. (Работа выполнена в соответствии с Государственным заданием ИПТМ РАН на 2021 год № 075-00355-21-00 при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-07-00271.)

Заключение

В 1980 году СССР находился на третьем месте (после США и Японии) по общему объёму выпуска электроники (по военной электронике – на втором). У Китая электроники вообще не было. В 2018 году Россия произвела всего 0,8% мирового объёма электроники (и лишь 0,04% мирового объёма кремниевых пластин), в то время как в Китае производилось уже 40% её мирового объёма.

Выступая 10 декабря 2019 года в отеле InterContinental на конференции «Электроника в России: будущее отрасли», заместитель председателя Правительства РФ Юрий Иванович Борисов, более десяти лет руководивший электронной отраслью страны, довольно смело покритиковал себя за прошедшие без малого два года своего вице-премьерства и сказал: «Сегодня глупо говорить, что в России существует серийное микроэлектронное производство. Мы даже отсутствуем в статистике мировой. Китай просто строил дизайн-центры, потом отдавал их на достаточно льготных условиях дизайнерским компаниям, они арендовали ресурсы и, в конечном итоге, в долговую отбивали те инвестиции, которые государство позволяло себе вкладывать в это. Я сторонник такого пути: более агрессивной политики государства в выработке и реализации научно-технической политики в этой наукоёмкой области. Это комплекс мер: прямое бюджетное финансирование, создание необходимых условий для привлечения частного капитала за счёт просто беспрецедентных мер льготного ведения бизнеса (нулевые налоги, субсидии, гранты, свободные экономические зоны – всё что угодно, всё, что мир придумал, это нужно

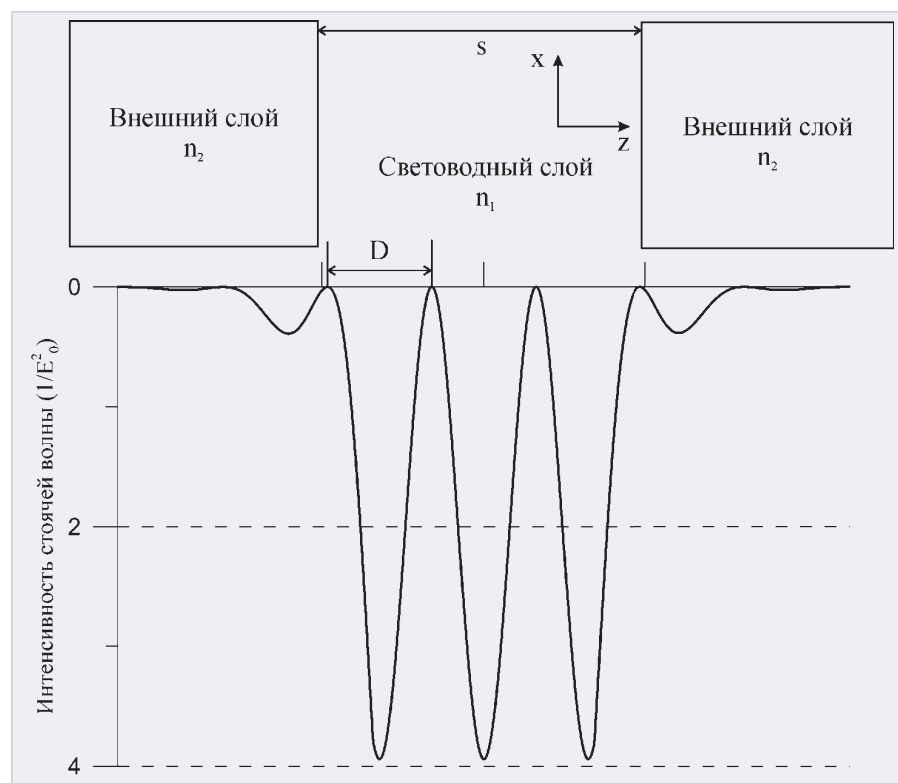


Рис. 5. Функция распределения интенсивности оптической стоячей волны в световодном слое симметричного оптического волновода и в его внешних обкладках, соответствующая падению параллельного оптического потока на его торец под углом $\varphi < \varphi_{кр}$, d – ширина световодного слоя, $n_1 > n_2$

активно внедрять), это того стоит, это окупится. Нельзя равнять наукоёмкую отрасль, каковой является электроника и микроэлектроника вообще, скажем, с деревообработкой... Россия не может не заниматься этим направлением, иначе мы потеряем все свои позиции, и вплоть до потери Государства может прийти, потому что это вопрос национальной безопасности».

С тех пор прошло ещё два года, и нам, авторам, написавшим после этого выступления Ю.И. Борисова уже десяток статей с предложениями о том, каким мы видим развитие отрасли и страны [8...14], но изначально получившим в ответ лишь немую усмешку (отписку) ДРЭП Минпромторга РФ, хотелось бы спросить Юрия Ивановича Борисова: «Ну и где же они, все эти обещания? Или это была просто очередная риторика (т.е. демонстрация ораторского искусства перед профессионалами, которые и без того всё понимают)»?

А ведь за эти потерянные нами и страной годы наши отвергнутые государством предложения по созданию частно-государственной «Физикотехнической корпорации» для реализации прорывных проектов на основе предельных технологий [8...14]

(включая силовую и интегральную радиофотонику [33...35]), корпорации, в которой государство участвовало бы деньгами, а разработчики – интеллектуальной собственностью, – эти наши предложения могли бы реально «обнулить» тот непреодолимый отрыв от стран Запада и Юго-Восточной Азии, который в рамках классической кремниевой технологии страна сейчас имеет в области военной и гражданской радиоэлектроники. Наши предложения позволяли за счёт интеллектуального превосходства (даже при существующих технологических нормах российских фабрик) перейти на качественно новый уровень радиоэлектронной продукции, чисто экономически сохранив столь необходимое стране существующее полупроводниковое производство, создав при этом новое радиофотонное производство; перейти от позорного «импортозамещения» электронной компонентной базы к экспорту новой высокотехнологичной продукции.

Куда идёт российская полупроводниковая индустрия, если и слепому очевидно, что она 30 лет находится и будет находиться в состоянии стагнации, потому что в нашей стране в рам-

ках свободного рынка и открытой конкуренции с Западом при существующей финансово-экономической системе и принятой в стране денежно-кредитной политике эта индустрия в принципе ни существовать, ни развиваться не может!

А может быть, не должна? И вопрос это не риторический. В этой связи нам хотелось бы напомнить всем, что не так, как это делается сейчас, в своё время создавались электронная, атомная и космическая отрасли страны. Так не пора ли уже, как предлагается в басне И.А. Крылова (про того «Кота») [36]: «Речей не тратить по-пустому, где нужно власть употребить»?

Сказка про стеклянные бусы и Вашингтонский консенсус

«Devil is in the detail(s)»

Обычно метрополия, монополично (в лице ФРС) «печатающая» твёрдую валюту и в лице своего исполнительного органа (МВФ) управляющая руководством ЦБ колониальных стран, «регулирует» экономику стран-колоний с помощью дефицита денежной массы «скоропортящихся» национальных валют, т.е. разноцветных местных «фантиков». Основным источником валюты для технологически отсталой колонии – экспорт сырья. Получаемая от экспорта валюта зачисляется на счета папуасов-экспортёров, но, как правило, хранится (на случай бунтов в колонии) в банках метрополии, что поддерживается вождями племён и колониальной администрацией в виде законов на разрешение свободного трансграничного движения капиталов.

Торговые операции в валюте внутри страны-колонии (под предлогом обеспечения независимости и суверенитета колонии) запрещаются МВФ и законами страны-колонии, навязанными метрополией (иначе сама суть эксплуатации колонии попросту исчезнет, и «стеклянных бус» ни у вождей племен, ни у самих папуасов не будет!). Поэтому по мере необходимости в реальном товарно-денежном обращении в пределах колонии папуасы-экспортёры, раньше принудительно, а теперь и как бы добровольно, вынуждены продавать валюту Центральному (ЦБ) или другим банкам и получать взамен «скоропортящиеся» «фантики» по текущему рыночному курсу, в процессе товарообменных операций постепенно распространяемые в среде папуа-

сов. Фактически при этом происходит естественная эмиссия национальных валют, т.е. выпускаемых Центробанком колонии в наличной и безналичной форме «фантиков», а сам рыночный курс «фантиков» хоть как-то, но выравнивает соотношение их покупательной способности в отношении разных мировых валют в каждый конкретный момент времени.

В результате закупки валюты у экспортёров у ЦБ колонии (независимой организации – неподвластной даже колониальной администрации!) образуется некоторое избыточное количество валюты. Этой валютой (но не только ей) и пополняется «кубышка» – золотовалютные резервы священного Резервного фонда ЦБ, которые раньше он имел право только копить себе на всякий пожарный случай (не закупать же, в самом деле, на них папуасам высокотехнологичные производства за рубежом!) или мог «сжигать» на валютной бирже, но исключительно якобы для стабилизации валютного курса. «Сжигать» (продавать) валюту – значит, в основном, дарить валюту разного рода спекулянтам. Из экономики при этом изымаются «фантики», и курс «фантиков» растёт. При закупке валюты «фантики», наоборот, вбрасываются в экономику Центробанком страны-колонии, и курс «фантиков» падает – создаётся видимость «регулирования» курса, а на самом деле происходит обыкновенная растрата, т.е. разграбление золотовалютных резервов страны-колонии. Причём в колониальных экономиках (в целях стимулирования экспорта сырья) курсы национальных валют всегда искусственно занижаются (раза в два) Центробанками стран-колоний, что губительно сказывается на всех остальных отраслях, кроме экспорта. Правда, после некоторых событий «топка печи» валютой при открытых в избе дверях и окнах и накопление «резанной зелёной бумаги» в отдельных колониях были признаны нецелесообразными, а кое-где даже священный Резервный фонд ЦБ «растворился» в других фондах (контролируемых ещё и колониальной администрацией и расходующихся на все её экстренные нужды). Теоретически это делается под контролем собрания мало что понимающих во всём этом, но со всем согласных привилегированных представителей папуасов и вождей племён.

Вместе с тем «фантики» обладают свойством портиться (терять стоимость по отношению к внешней валюте и, соответственно, терять свою покупательную способность) в результате такого удивительного и стихийного (в представлении папуасов) явления, как инфляция или потеря стоимости со временем. Но инфляция – это естественный процесс, присущий капиталистической экономике, обусловленный монополизацией производства и существованием в ней паразитического «ссудного процента», являющегося узаконенной формой воровства, причём инфляция в самой метрополии бывает минимальной, а львиная её доля «экспортируется» в колонии. Инфляцию порождает не только произвол монополий, её разгоняет как сам ЦБ колоний своей ключевой ставкой, курсовой разницей и прочими «поборами», так и коммерческие банки: «ссудным процентом» и посредством банковского мультипликатора. В «социалистических» колониях, например, до «консенсуса» инфляции вообще не было. Цены каждый год снижались, и папуасы радовались этому: их благосостояние росло. Хранение валюты папуасами в банках метрополии тоже не вечно. Мало-помалу даже эту твёрдую валюту разъедает инфляция, ну а когда этой валюты будет напечатано и накопится там слишком много, неожиданно для папуасов грянет суверенный дефолт мировых валют, оставив всех их вообще «в чём мать родила».

Помимо этого, свобода трансграничного движения капиталов открывает широкие возможности специальным спекулянтам метрополии для разного рода «игр» с текущим курсом «фантиков» колоний с неугодной администрацией, что также не только разгоняет инфляцию, но иногда приводит даже к «неожиданному» дефолту «фантиков» страны-колонии, т.е. к практически полному их обнулению и, соответственно, утрате части, а то и всего ранее заработанного на экспорте. Для метрополии польза от инфляции в колонии, безусловно, есть: она уничтожает сбережения несчастных папуасов и заставляет их работать снова и снова. С другой стороны, потеря стоимости «фантиками» в результате инфляции требует всё большего их количества для нормального функционирования экономики, и при невоз-

возможности «законного» увеличения их количества возникает тот самый дефицит денежной массы «фантиков», а МВФ (ФРС) косвенно (пугая скачками курса, отлучением от «рыночной экономики» и санкциями) или явно (напрямую управляя ЦБ) запрещает ЦБ колониальных стран самим эмитировать необходимое для нормального функционирования их экономик количество собственных «фантиков». Таким образом, количество «фантиков» (денежная масса «фантиков») в колонии определяется вовсе не количеством затраченного папуасами труда и не объёмом созданных папуасами реальных материальных ценностей, как внушал им это Карл Маркс (трудись хоть с утра до ночи – «фантики» в колонии больше не станут), а определяется оно (странно?) объёмом экспорта природных ресурсов (и объёмами добычи золота и закупки его Центральным банком), чтобы метрополии из этого сырья строили рай на своей земле и устраивали войны и ад на землях колоний, делая новые высокотехнологичные «стеклянные бусы» и снова за «резаную зелёную бумагу» сбывая их папуасам.

Но денежная масса «фантиков» является кислородом, а сами «фантики» – кровью экономики страны-колонии. Её дефицит не позволяет нищим хозяйствам папуасов развиваться, а самим папуасам приобретать товары, и заставляет их отдавать последнее: свои природные ресурсы (уран, металлы, нефть, газ, лес и прочее) – тому, кто даст хоть что-то взамен («стеклянные бусы» или даже просто священную «резаную зелёную бумагу»). Причём отдавать, даже не задумываясь о том, что, продавая природные ресурсы за «резаную зелёную бумагу», они лишают будущего и своих детей, и их потомков. А «резаную зелёную бумагу», по мере необходимости в товарно-денежном обращении, со временем папуасам всё равно придётся снова менять на «фантики», тающие от инфляции с катастрофической быстротой, что в итоге и приводит к реальному обогащению эмитентов «твёрдой» валюты (метрополии), печатающих «зелёную бумагу» в неограниченных количествах, накоплению (с никому не известной целью) Центробанками стран-колоний этой священной «резаной зелёной бумаги» и к обнищанию сказочной страны «фантиков», т.е. к обнищанию страны-колонии и её папуасов.

Забывая таким образом о своих колониях, метрополии даже предоставляют колониальным администрациям целевые кредиты на приобретение оружия (для усмирения бунтов и борьбы с соседними племенами) и на развитие инфраструктуры (дорог – для вывоза природных ресурсов, объектов энергетики – для выкачивания денег), которые, как правило, силами своих же компаний за эти же кредитные деньги и развивают, окончательно закабалая папуасов. Метрополиями широко используется практика инвестиций без передачи технологий, позволяющая использовать природные ресурсы колонии и бесплатный труд папуасов прямо на месте, т.е. непосредственно в колонии, оставляя там же отходы производства, собирая со всех папуасов колонии огромные деньги за произведённую ими же продукцию, расплачиваясь с колонией копеечными налогами и вывозя в метрополию всю прибыль.

Искусственное создание дефицита денежной массы «фантиков» (сдерживающего развитие принудительно созданной «одноконтурной» экономики колонии и в первую очередь её наиболее высокотехнологичных отраслей), являющегося естественным результатом инфляции (а фактически продуктом «работы» монополий, ЦБ и коммерческих банков) и искусственно поддерживаемого МВФ (ФРС) и ЦБ стран-колоний – это и есть механизм угнетения и эксплуатации папуасов, живущих в «стране-сказке», придуманной для них специально обученными в Йельском университете посвящёнными папуасами-экономистами. Незыблемость этого механизма внедряется в сознание папуасов глашатаями-«экономистами» и охраняется колониальной администрацией. Если спросить папуаса: «Почему у вас такие убогие хижины? Глины и песка много. Что, нельзя из глины кирпичей сделать да дома построить?», папуас ответит: «Нельзя, потому что денег нет!» Если спросить: «Почему вы голодаете, почему у вас нет еды? Земли много – можно ведь посадить пшеницу и развести свиней и коров?», папуас ответит: «Нельзя, потому что нет денег!» Так и живут-прозябают веками в голоде, холоде и нищете бедные и несчастные папуасы, а зачем живут и что их ждёт – знать не знают и ведать не ведают.

Точка зрения и мнения, высказанные авторами в статье, являются оценочными суждениями и не имеют целью унижение достоинства человека, либо группы лиц, оскорбление, или запугивание кого бы то ни было. Все персонажи и события «Сказки» являются полностью вымышленными, любое сходство между ними и реальными людьми, организациями и событиями совершенно случайно.

Вот и сказке конец, а мораль её в том, что конец «сказки» не за горами.

Литература

1. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Высотное_административное_здание_«НИИ_Дельта».
2. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Вашингтонский_консенсус.
3. Николаев А. Кадры, которые не решают ничего // Интернет-журнал «Интересант». 2020 // URL: <https://www.interessant.ru/politics/kadry-kotoryie-nie-rieshai-1>.
4. Садыржин П. «Роснано» создавали для технологического прорыва. Почему его не случилось даже через 13 лет // Интернет-портал LENTA.RU // URL: <https://lenta.ru/articles/2021/01/27/rosnano/>.
5. Экономист // URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Экономист>.
6. Распил на 7 миллиардов: Секретные радиостанции для Минобороны оказались китайской подделкой // Интернет-портал FINANZ.RU. Новости. 2021 // URL: <https://www.finanz.ru/novosti/aktsii/raspil-na-7-milliardov-sekretnye-radiostancii-dlya-minoborony-okazalis-kitayskoy-poddelkoy-1030149397>.
7. ФСБ арестовала замглавы Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга // Интернет-портал C-NEWS. Новости. 2020 // URL: https://www.cnews.ru/news/top/2020-09-11_siloviki_zaderzhali_zamglavy.
8. Галицын А., Железнов А. Кому нужна электронная индустрия? // Современная электроника. 2021. № 4.
9. Галицын А. Неуправляемые боевые роботы и беспилотники // Современная электроника. 2020. № 9.
10. Галицын А., Рождественский А., Рождественский Д. Системы управления с «предвидением» // Современная электроника. 2019. № 9.
11. Галицын А. Туманный Интернет вещей // Современная электроника. 2020. № 3.
12. Егоров Е., Егоров В., Галицын А. Явление и последствия волноводно-резонансного распространения и взаимодействия радиационных потоков. Ч. 1, 2 // Современная электроника. 2020. № 1, 2.
13. Егоров Е., Егоров В., Галицын А. Элементный анализ планарных наноструктур на

базе рентгеновской эмиссии индуцированной высокоэнергетическим возбуждением // Современная электроника. 2021. № 5.

14. Галицын А. IoT-радиопроцессор с криптокодированием структуры радиосигнала // Современная электроника. 2019. № 7.
15. Ньютон И. Оптика или трактат об отражениях, преломлениях, изгибаниях и цветах света. М.: ОНТИ, 1927. 371 с.
16. Френель О. Избранные труды по оптике / под ред. акад. Г.С. Лансберга. М.: ГИТТЛ, 1955. 607 с.

17. Кизель В.А. Отражение света. М.: Наука, ГРФМЛ, 1973. 351 с.
18. Born M., Wolf E. Principles of optics, electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction light. Oxford: Pergamon Press, 1993. 808 p. (Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, ГРФМЛ, 1973. 719 с.).
19. Paniagua-Dominguez R., Yu Y.F., Krivitsky L., Fu Y.H. Generalized Brewster effect in dielectric metasurfaces // Nature Communication, 7:10362, 2016, pp. 111.
20. Brewster D. On the laws which regulate the polarization of light by reflection from

transparent bodies // Philos. Trans. R. Soc. Lond, v105, 1815, pp. 125–159.

21. Шеффер К. Теоретическая физика. Т. 3, ч. 2, Оптика. М.: ГОНТИ, 1938. 538 с.
22. Milosevic M. Internal reflection and ATR spectroscopy. Hoboken, New Jersey: Wiley and sons, 2012. 239 p.
23. Goos Von F., Hanchen H. Ein neuer und fundamentaler versuch zur totalreflexion // Annd. der Physik, 6 folge, band 1, heft 7-8, 1947, pp. 333–346.
24. Jakiel J., Kantor W. Quantum (not frustrated) theory of the total internal reflection as the source of the Goos-Hanchen shift // Eur. Phys. Journal (D), v68, 2014, pp. 305–316.
25. Unger H.G. Planar optical waveguides and fibres. Oxford: Clarendon Press. 1977, 648 p. (Унгер Х.Г. Плоскостные и волоконные оптические волноводы. М.: Мир, 1980. 656 с.).
26. Yen P. Optical waves in layered media. New York: Wiley, 1988. 406 p.
27. Mandel L., Wolf E. Optical coherence and quantum optics. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1995. 631 p. (Мандель Л., Вольф Э. Оптическая когерентность и квантовая оптика. М.: Физматлит, 2000. 895 с.).
28. Francon M., Slansky S. Coherence en optique. Paris: Ed. Centre Nat. Rech. Sci. 1965, 77 p. (Франсон М., Сланский С. Когерентность в оптике. М.: Наука, 1967. 80 с.).
29. Kaczmarek F. Wster do fizyki laserow. Warszawa: Pans. Wyd. Nauk. 1979. 527 p. (Качмарек Ф. Введение в физику лазеров. М.: Мир, 1980. 540 с.).
30. Egorov V.K., Egorov E.V. Waveguide-resonance mechanism for X-ray beam propagation: physics and experimental background // Advances in X-ray analysis, v46, 2003, pp. 307–313.
31. Егоров В.К., Егоров Е.В. Экспериментальные исследования и модель формирования рентгеновских пучков наноразмерного диапазона // Поверхность (рент., синх. и нейтр. исследования). 2005. № 12. С. 24–46.
32. Egorov V.K., Egorov E.V. Planar X-ray waveguide-resonator features // Trends in appl. Spect. V8, 2010, pp. 67–83.
33. Гордеев А.И. Перспективные терагерцовые поляризованные информационные системы. В 2 ч. // Современная электроника. 2016. № 6, 7.
34. Гордеев А.И. Проблемы становления российской цифровой экономики и способы исключения ошибок при их решении // Современная электроника. 2019. № 2.
35. Гордеев А.И. Как завоевать мировой рынок электроники в посткремниевую эпоху? // Современная электроника. 2021. № 5.
36. Крылов И.А. Басня «Кот и повар» // URL: <https://deti-online.com/basni/basni-krylova/kot-i-povar/>.



Магнитодиэлектрики MICROMETALS

Применение сердечников Micrometals гарантирует:

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



ProCHIP
POWERED BY ProSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

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



Реклама



ЧИТАЙТЕ В КОМФОРТЕ



ПЕЧАТНАЯ ВЕРСИЯ ЖУРНАЛА «СТА»

подписка с гарантированной доставкой



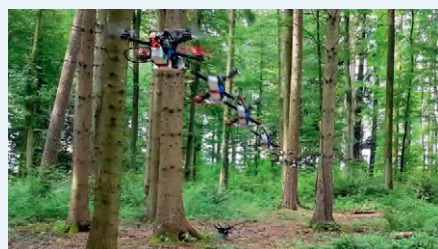
онлайн: www.cta.ru • +7 495 234-0635 • info@cta.ru

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

НОВОСТИ МИРА

Цюрихский университет научил дрон летать по незнакомому лесу на скорости 40 км/ч

Учёные из Цюрихского университета разработали новый подход к автономному полету квадрокоптеров в неизвестных и сложных условиях на высоких скоростях. Они использовали только бортовые измерения и вычисления. В итоге автономный квадрокоптер смог исследовать через ранее невидимые среды, пролетая над лесами, зданиями, руинами и поездами, но сохраняя при этом скорость до 40 км/ч и не врезааясь в препятствия.



Исследователи отмечают, что новый подход может быть полезен в чрезвычайных ситуациях, а также на строительных площадках. Проблема использования автономных дронов кроется в том, что им необходима навигация, которую обычно осуществляет опытный человек-пилот.

В Цюрихском университете создали алгоритм, который обучает квадрокоптер полетам в реальном мире только с помощью бортовых камер и вычислений. Нейросеть наблюдает за своего рода «смоделированным экспертом» — алгоритмом, который управляет созданным компьютером дроном в смоделированной среде, полную сложных препятствий. Алгоритм получал полную информацию о состоянии квадрокоптера и показаниях его датчиков, что позволяло ему находить лучшую траекторию.

В итоге данные «смоделированного эксперта» применили для обучения алгоритма планированию в реальной среде. После обучения моделированию система была протестирована. «В то время как людям требуются годы для обучения, ИИ, используя высокопроизводительные симуляторы, может достичь сопоставимых навигационных способностей намного быстрее, в одночасье», — говорит Антонио Локерчио, аспирант и соавтор исследования. «Интересно, что эти симуляторы не обязательно должны быть точной копией реального мира. При правильном подходе будет достаточно даже упрощенных вариантов», — добавляет Элия Кауфманн, другой соавтор.

Исследователи объясняют, что тот же подход может быть полезен для повышения производительности автономных автомобилей или даже может открыть дверь к новому способу обучения систем искусственного интеллекта для работы в областях, где сбор данных затруднен или невозможен, например, на других планетах.

Теперь они займутся улучшением полетов дронов, а также разработкой более быстрых датчиков, которые смогут предоставить больше информации об окружающей среде за меньшее время.

Ранее исследователи Цюрихского университета показали, как обученный с помощью их алгоритма дрон обогнал двух опытных пилотов-людей на гоночной трассе.

habr.com

Руководитель TSMC назвал истинную причину дефицита микросхем

Председатель правления TSMC Марк Лю (Mark Liu) в недавно опубликованном интервью журналу TIME Magazine назвал одну из причин дефицита микросхем. Похоже, что наряду с естественными факторами, нарушившими нормальную работу отрасли, действуют и искусственные.

Когда автопроизводители, одними из первых ощутившие нехватку полупроводниковых изделий, обвинили TSMC в неспособности обеспечить необходимые объёмы выпуска, Лю поручил своим подчинённым собрать данные, чтобы попытаться выяснить, что происходит. Как оказалось, у некоторых заказчиков из канала поставок запасы действительно заканчивались, но другие в то же время накапливали продукцию на складах.

В результате в TSMC решили перераспределить мощности в пользу первой категории клиентов. Судя по всему, это решение было непопулярным, но, учитывая текущую ситуацию, оно кажется справедливым. По словам Лю, «есть люди, которые определённо накапливают микросхемы неизвестно где в цепочке поставок», то есть на самом деле проблема не в TSMC и не в возросших потребностях конечных пользователей полупроводниковой продукции, а в посредниках и дистрибуторах, которые накапливают микросхемы на складах, чтобы поднять цены.

ixbt.com

Рост цен на медную фольгу заметно поднимет стоимость недорогих материнских плат

Тайваньские источники время от времени упоминают о новых негативных фак-

торах, способных усугубить и без того сложную ситуацию в отрасли по производству электронных компонентов. Рост цен на медную фольгу, которая активно применяется при производстве текстолита (основа любой печатной платы), в большей степени почувствуют на себе покупатели недорогих материнских плат, а вот в верхнем ценовом сегменте этот фактор просто утонет в более заметном влиянии других.

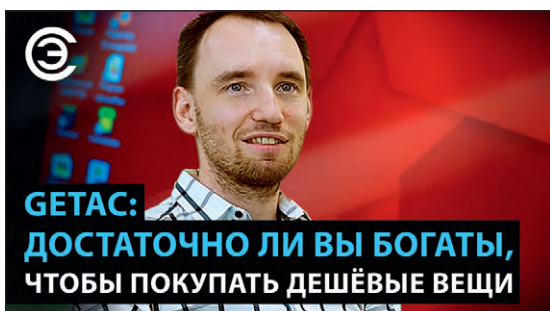
Публикация ресурса DigiTimes на тему роста цен на медную фольгу и ламинат, из которого делают печатные платы электронных устройств, заставила представителей сайта Tom's Hardware попытаться определить, как этот фактор повлияет на стоимость материнских плат и видеокарт — изделий, максимально использующих медную фольгу и текстолит. В случае с видеокартами цены и так высоки из-за спроса со стороны участников криптовалютного рынка, и на нынешних уровнях влияния со стороны цен на медную фольгу они не почувствуют.

Отчасти подобное утверждение справедливо и в отношении дорогих моделей материнских плат. В структуре их себестоимости цена активных электронных компонентов существенно перевешивает долю пассивных элементов и текстолита. С четвёртого квартала 2020 года стоимость медной фольги выросла на 35 %. Предположим, если средняя материнская плата с восьмислойным текстолитом использует 184 грамма меди, то сама стоимость этого материала с декабря прошлого года выросла с \$1,42 до \$1,70, что не так уж много. Другое дело, что к этой сумме нужно добавить накладные расходы, и тогда в форме медной фольги доля этого материала в себестоимости материнской платы уже может возрасти до \$54. Словом, даже если стоимость фольги увеличилась с конца прошлого года на 10 %, то в ценовом сегменте от \$100 до \$200 результирующее повышение цены материнской платы будет заметным для целевой покупательской аудитории.

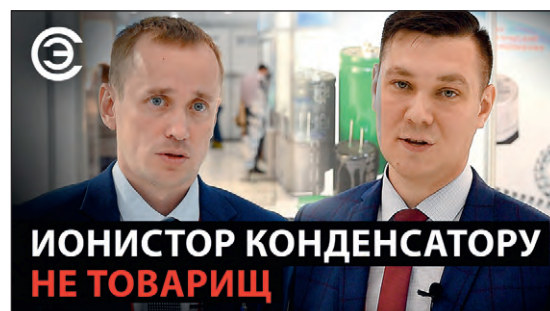
Медь в условиях электрификации транспорта, перехода на «зелёную» энергетику и распространения сетей связи 5G будет востребованным материалом, и цены продолжат расти. Адекватной альтернативы меди в качестве проводника в этом случае нет, поэтому к росту цен на электронику придётся привыкать.

echemistry.ru

Смотрите на канале **СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**



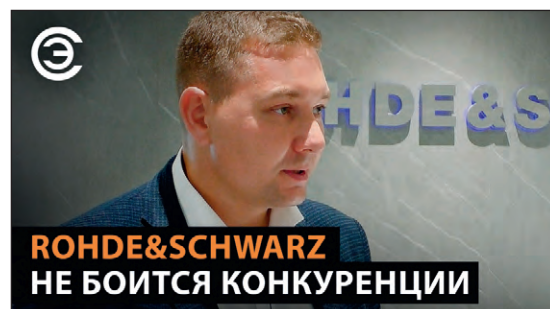
«...С 1998 года GETAS поставляет защищённые ноутбуки в Министерство Обороны России...»



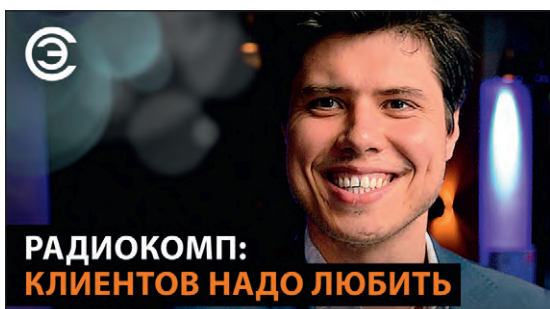
«...Суперконденсаторы выдерживают до 500 000 циклов перезарядки. Это надёжный резервный источник питания...»



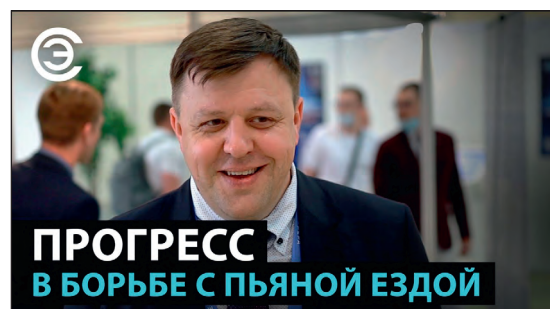
«...Наши системы радиорелейной связи используются на газопроводе «Сила Сибири». Это полностью российское оборудование...»



«...Нам важен контроль качества. Rohde & Schwarz полностью производит свои приборы сам и поэтому мы уверены в своей продукции...»



«...Разработчик сделал, конструктор сконструировал, на этапе контрактного производства всегда начинаются проблемы...»



«...Система имеет многоуровневую защиту. Фотографией, выдохом пассажира или воздухом из воздушного шарика её не обманешь...»

НОВОСТИ МИРА

ПЕТЕРБУРГСКИЙ ЗАВОД НАЧНЁТ СЕРИЙНО ПРОИЗВОДИТЬ БЕСПИЛОТНЫЕ ТРАКТОРЫ В 2022 ГОДУ

Петербургский тракторный завод в следующем году запустит серийное производство беспилотных тракторов. Об этом сообщила компания Cognitive Pilot, которая подписала с ним соглашение. По контракту Cognitive Pilot оснастит обновлённую модель трактора «Кировец» системами автопилотирования на базе искусственного интеллекта.



Cognitive Pilot – дочернее предприятие Сбера и Cognitive Technologies. Последняя разработала систему управления для беспилотного трактора, который в 2016 году испытали в Татарстане. Машину оснастили парой камер, датчиками позиционирования ГЛОНАСС и GPS и вычислительным блоком для обработки данных.

Эта система во время предпосевных работ составляла карту рабочей площади и наносила на неё объекты и препятствия размером от 10...15 сантиметров на расстоянии до 15...20 метров. После этого трактор мог работать самостоятельно, в том числе в условиях недостаточной видимости или при сборке урожая.

6 октября Cognitive Pilot сообщила о контракте с Петербургским тракторным заводом на производство трактора «Кировец» с системами автопилотирования на базе искусственного интеллекта Cognitive Agro Pilot. Эта система должна увеличить производительность трактора на 15...20 процентов.

«Кировцев» начнут серийно оснащать первой версией системы автопилотирования с февраля 2022 года. Её уровень автономности примерно соответствует третьему автомобильному – он позволяет управлять основными процессами, такими как движение трактора. Тракторы с первой версией Cognitive Agro Pilot смогут двигаться по установленной траектории в автономном режиме, автомати-

чески контролировать оптимальную скорость, останавливаться перед препятствиями и работать в условиях недостаточной видимости.

На втором этапе уровень их автономности повысят до четвёртого автомобильного. Тракторы смогут автономно разворачиваться, автоматически рассчитывать оптимальный маршрут и уточнять курс по визуальным ориентирам, но водитель в них по-прежнему будет присутствовать. Вторая версия автопилота также позволит анализировать состояние почвы и культур.

Полностью беспилотными «Кировцы» станут только к третьей версии Cognitive Agro Pilot, которая должна быть готова к 2024 году. Тракторы смогут работать в группах с «лидером», ездить по дорогам общего пользования и автономно двигаться в паре с комбайнами без системы автономного управления. Кроме того, им станет доступен расширенный набор сельскохозяйственных орудий.

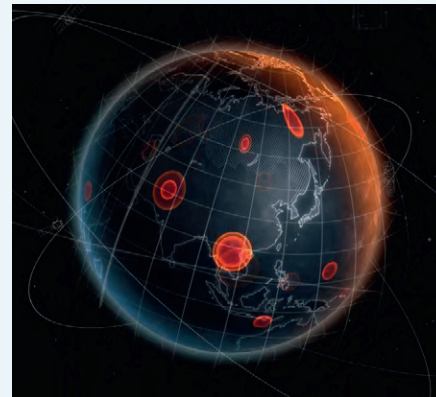
vpk.name

КОСПАС-САРСАТ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ! ТЕПЕРЬ ПОПАВШИЕ В БЕДУ УЗНАЮТ, ЧТО СИГНАЛ ПРИНЯТ

Бортовой радиокomплекс поиска и спасения (БРКС) нового поколения для среднеорбитального российского сегмента международной космической системы КОСПАС-САРСАТ разработали специалисты холдинга «Российские космические системы» (РКС, входит в Госкорпорацию «РОСКОСМОС»). Теперь аппаратура не только доставит в спасательные службы мира оперативную информацию о точном местонахождении самолётов, морских судов и людей, терпящих бедствие, но также по новому каналу обратной связи сообщит, что сигнал принят и помощь в пути.

Разработанный в РКС спасательный радиокomплекс устанавливается на модернизированные навигационные спутники системы ГЛОНАСС. Помимо штатного канала ретрансляции, который передаёт в систему КОСПАС-САРСАТ данные от аварийного радиобуя, радиокomплекс получил новый канал обратной передачи данных – канал «квартирования». Российские наземные технические средства смогут передавать на бортовую аппаратуру подтверждение о получении системой КОСПАС-САРСАТ сигнала радиобуя, оснащённого приёмной навигационной аппаратурой ГЛОНАСС.

Бортовой радиокomплекс далее обеспечит передачу этого подтверждения в массиве данных штатного навигационного сигнала, который будет принят активированным аварийным радиобуем. Так, система даст знать, что сигнал буя «услышан» системой КОСПАС-САРСАТ, и помощь уже в пути. Такая обратная связь поможет поддерживать активное психоэмоциональное состояние попавших в бедствие и позволит снизить вероятность необдуманных действий и деструктивной паники.



Главный конструктор направления бортовой аппаратуры поиска и спасения РКС Сергей Букин: «Как ответственные за отраслевые стандарты, при создании новой аппаратуры мы сделали акцент на унификации наших решений. Такой подход сократил сроки разработки, уменьшил количество применяемых комплектующих, позволил использовать единые схемотехнические решения к установке нашей аппаратуры на различные космические платформы».

В отличие от спутников на низкой орбите, относительно малое число которых в системе КОСПАС-САРСАТ неизбежно создаёт «слепые зоны» и длительные (в некоторых случаях до 2...3 часов) задержки передачи данных в службы поиска и спасения, удалённость спутников от Земли на расстояние 20 тысяч километров и многочисленность группировки позволяет новой среднеорбитальной составляющей КОСПАС-САРСАТ охватить и непрерывно принимать сигналы со всей территории Земли в реальном времени.

Международная спутниковая система поиска и спасения КОСПАС-САРСАТ почти 40 лет успешно помогает спасать человеческие жизни. С момента запуска в 1982 году первого спутника с аппаратурой поиска и спасения разработки РКС с помощью этой системы спасено более 50 тысяч человек по всей планете.

russianspacesystems.ru

НОВОСТИ МИРА

Новый оптический «ТРАНЗИСТОР» УСКОРИТ ВЫЧИСЛЕНИЯ В ТЫСЯЧУ РАЗ ПРИ МИНИМАЛЬНЫХ ЭНЕРГОЗАТРАТАХ

Международная научная группа во главе с исследователями из Сколтеха и IBM создала чрезвычайно энергоэффективный оптический переключатель, который мог бы заменить электронные транзисторы в новом поколении компьютеров, оперирующих фотонами, а не электронами. Переключатель не только напрямую экономит энергию, но и не требует охлаждения и притом очень быстро работает: способный выполнять триллион операций в секунду, он в 100...1000 раз быстрее, чем самые производительные современные коммерческие транзисторы. Результаты исследования, поддержанного Российским научным фондом, опубликованы в научном журнале Nature.

«Новое устройство чрезвычайно энергоэффективно благодаря тому, что для его переключения требуется всего несколько фотонов», – прокомментировал первый автор исследования, Антон Заседателев. «На самом деле, в лабораториях Сколтеха мы добились переключения даже одним фотоном при комнатной температуре, – добавил профессор Павлос Лагудакис, возглавляющий лабораторию гибридной фотоники в Сколтехе. – Тем не менее предстоит пройти долгий путь от наблюдения эффекта в лаборатории до разработки реальных полностью оптических сопроцессоров».

Поскольку фотон – мельчайшая существующая в природе частица света, учёные, по сути, подошли к пределу энергоэффективности. Если говорить об электрических транзисторах, то большинство из них сегодня требуют в десятки раз больше энергии для переключения, а те, что достигают сопоставимой эффективности за счёт совершения манипуляций с одиночными электронами, работают намного медленнее.

Конкурирующие энергосберегающие электронные транзисторы не только проигрывают в производительности, но и нуждаются в громоздком охлаждающем оборудовании, которое, в свою очередь, потребляет дополнительную энергию и увеличивает эксплуатационные расходы. Новый переключатель может работать при комнатной температуре и, следовательно, не подвержен этим проблемам.

В дополнение к своей основной функции переключатель может работать как связывающий устройства компонент, который передаёт данные между ними в виде оптических сигналов. Он также может служить

усилителем, увеличивая интенсивность входного сигнала до 23 тысяч раз.

Устройство использует два лазера, чтобы установить своё состояние на уровне «0» или «1» и переключаться между ними. Концептуально это работает так, что очень слабый контрольный лазерный луч используется для включения или выключения другого, более яркого лазерного луча. Для этого в контрольном луче требуется всего несколько фотонов, чем и обусловлена высокая эффективность устройства.



Но сложность состоит в том, что лазеры сами по себе не способны оказывать влияние друг на друга из-за ничтожно слабого взаимодействия фотонов. Для того чтобы реализовать концепцию переключения, нужна некая среда. В нашем случае переключение происходит внутри микрорезонатора – органического полупроводникового полимера толщиной 35 нанометров, зажатого между неорганическими структурами с высокой отражающей способностью. Микрорезонатор построен таким образом, чтобы как можно дольше удерживать входящий свет внутри и усиливать его взаимодействие с веществом (органическим полимером).

Именно сильное взаимодействие света с веществом и обеспечивает функционирование нового устройства. Когда внутри резонатора фотоны взаимодействуют со связанными электронно-дырочными парами (экситонами), возникают экситон-поляритоны – гибридные состояния света и вещества с очень малым временем жизни, которые относятся к так называемым квазичастицам и лежат в основе работы переключателя.

Когда лазер накачки – более яркий из двух – светит на переключатель, в одном и том же месте создаются тысячи одинаковых квазичастиц, образуя так называемый конденсат Бозе-Эйнштейна, который кодирует логические состояния «0» и «1» устройства.

Чтобы переключаться между двумя уровнями устройства, команда использовала контрольный лазерный импульс, создающий условия для возникновения конденсата незадолго до появления лазерного импульса накачки. Таким образом, контрольный

импульс увеличивает эффективность преобразования энергии лазера накачки, что, в свою очередь приводит к большему количеству квазичастиц в конденсате. Большее количество частиц соответствует логическому уровню «1» устройства.

Для снижения энергопотребления учёные использовали ряд хитростей. Во-первых, эффективному переключению способствовали колебания молекул полупроводникового полимера. Трюк состоит в том, чтобы согласовать энергию частиц накачки и энергию частиц в конденсате при помощи молекулярных колебаний в полимере внутри резонатора. Во-вторых, команде удалось найти оптимальную длину волны лазеров и внедрить новую схему измерения, позволяющую регистрировать состояние конденсата в каждой отдельной реализации. В-третьих, формирующий конденсат контрольный лазер и схема детектирования были согласованы таким образом, чтобы минимизировать шум от фонового излучения устройства. Эти меры максимально улучшили показатель «сигнал – шум» устройства и предотвратили поглощение избыточной энергии в микрорезонаторе, избежав тем самым чрезмерного нагрева устройства.

«Нам предстоит работа по снижению общего энергопотребления устройства, в котором в настоящее время доминирует лазер накачки, поддерживающий переключатель в активном состоянии. Одним из перспективных способов достижения этой цели могут быть перовскитные суперкристаллические материалы, подобные тем, которые мы исследуем с коллегами. Они отлично подходят для этой цели, поскольку обеспечивают сильное взаимодействие света с веществом и, как следствие, мощный коллективный квантовый отклик в виде сверхизлучения», – заявили исследователи.

Авторы исследования подчёркивают важность предложенного принципа оптического однофотонного переключения: он может быть распространён на другие полностью оптические компоненты, которые коллектив разрабатывает последние несколько лет. В числе прочего их набор включает различные логические вентили, каскадный усилитель и кремниевый волновод с малыми потерями для переноса оптических сигналов между транзисторами. Разработка такого рода компонентов планомерно приближает нас к появлению оптических компьютеров, которые будут манипулировать фотонами, а не электронами, и за счёт этого работать быстрее традиционных вычислителей и расходовать меньше энергии.

skoltech.ru

Несколько очерков из моей жизни

Владимир Бартенов (bartvg@rambler.ru)

В журнале «Современная электроника» я публикую свои статьи уже 15 лет. Многие из них попадают в рубрику «Страницы истории». Настало время написать статью в эту рубрику и о себе. Для этого есть серьёзный повод – в этом году мне 75 лет. Заодно пора моим читателям узнать, кто автор этих более 60 статей в журнале «Современная электроника». Надеюсь, что мои очерки будут интересны читателям журнала, хотя в первую очередь я их адресую молодой аудитории.

Предисловие

Бартенов Владимир Григорьевич – учёный (д.т.н.) и изобретатель (автор 42 изобретений), руководитель аспирантуры (АО ВНИИРТ) и преподаватель (РТУ МИРЭА), коллекционер и историк радио, радиолобитель и блогер живого журнала в Интернете. А это моя краткая биографическая справка.

Родился 19 октября 1946 года в Волгоградской области. Специалист в области радиолокации. Окончил в 1968 г. с отличием Новосибирский электротехнический институт, инженер по специальности «Радиотехника». С 1969 г. по 1971 г. по распределению был направлен в НИИ измерительных приборов (НИИИП, п/я 39), г. Новосибирск, инженер. С 1971 г. по 1973 г. служил в армии, старший лейтенант-инженер. С 1973 г. по 1975 г. продолжил работу в НИИИП, старший инженер. С 1975 г. по 1978 г. учёба в очной аспирантуре на кафедре радиотехнических систем Московского электротехнического института связи. Учёбу успешно завершил, защитив кандидатскую диссертацию, и по рас-

пределению был направлен во Всероссийский НИИ радиотехники (ВНИИРТ), г. Москва, где и работаю по настоящее время (ведущий инженер, старший научный сотрудник, начальник лаборатории, руководитель отдела аспирантуры). Доктор технических наук, профессор РТУ МИРЭА.

Очерк первый. Школьные годы

Уже в детстве я увлёкся радио. Моё первое знакомство с радио состоялось в радиокружке Дома пионеров г. Сталинграда. Именно в радиокружке на изготовленном мною детекторном приёмнике С.И. Шапошникова под руководством руководителя кружка Ивана Тихоновича Щербакова, участника Великой Отечественной войны, награждённого многими боевыми наградами, закончившего войну в Праге, я в наушники услышал позывные радиостанции города-героя и слова диктора: «Говорит Радио Сталинграда» (см. рис. 1).

Большое влияние на мою увлечённость радио в детстве оказал Владимир

Михайлович Любавский (см. рис. 2). Это было в Сталинграде. Он жил в нашем доме и работал главным инженером Волжской ГЭС имени XXII съезда КПСС, но из-за болезни был вынужден уйти в отставку. В семье у него не было детей, и вот он решил остаток своей жизни (он умер через год) посвятить нам, ребятам нашего двора, создав домашний радиокружок. Под его руководством мы собирали свои первые радиоприёмники. Владимир Михайлович был удивительный человек. Яркий представитель советской интеллигенции. У него была большая библиотека. Он владел двумя иностранными языками. Судя по имевшемуся у него множеству книг по радио, он, конечно же, в душе был радиолобителем. Но радиолобителем особым, который нам, прежде чем хвататься за паяльник или мотать катушку, предлагал хорошенько продумать монтаж или вместе с ним рассчитать необходимое число витков катушки. Да и детали для приёмника под его руководством мы делали своими руками. У меня, как память о Владимире Михайловиче, до сих пор хранится подаренный им справочник по радиотехнике Гинкина Г.Г. Я с благодарностью вспоминаю Владимира Михайловича за то, что он привил мне любовь к радиоэлектронике на всю жизнь.

Следующий этап освоения мною радиотехники относится к учёбе в средней школе № 9 имени Ленина (теперь лицей № 9), где в физическом



Рис. 1. Руководитель радиокружка в Доме пионеров г. Сталинграда Иван Тихонович Щербаков



Рис. 2. Мой первый радионаставник Владимир Михайлович Любавский



Рис. 4. Таймураз Бейбулатович Борукаев



Рис. 3. Радиолa «Арфа» Новосибирского завода «Электросигнал» (из коллекции автора)

кабинете под руководством учителя физики Алексея Николаевича Подберёзкина я собирал школьную радиостанцию (позывной UA4KAT). Это была достаточно мощная радиостанция, выходной каскад которой был выполнен на лампе Г-807, она работала в диапазоне 28–30 МГц. Приёмник использовался военный, связной, к которому я сделал трёхламповый конвертер. В условиях хорошего прохождения в эфире удавалось связываться с радиолюбителями даже на других континентах. К школьным годам также относится моё первое участие в городской радиолюбительской выставке. Тогда в продаже появились первые транзисторы завода «Светлана», и вот на таких транзисторах типа П1А я собрал карманный приёмник. Работал он громко и, несмотря на низкочастотные характеристики транзисторов, за счёт положительной обратной связи имел достаточно высокую чувствительность и хорошую избирательность. Большое влияние на выбор моей будущей профессии оказала и производственная школьная практика, которая проходила в радиомастерской г. Волгограда. Успешно закончив школу в 1963 году, я не задавался вопросом, какую профессию выбирать. Выбор лишь касался города с институтом радиотехнического профиля. Поехал в Новосибирск, так как там было два института с радиотехническими факультетами, и там моя сестра получила квартиру, где она меня и приютила. Помню, что конкурс в Новосибирский электротехнический институт (НЭТИ) был огромный, особенно на специальность «Радиотехника». Дело в том, что тогда в институт принимали абитуриентов со стажем или после службы в армии, а вот для тех, кто сразу после школы, отводилось только 20% мест. Первый экзамен был – сочинение. Выбрал свободную тему: «Энергетика СССР и её перспективы». Затем физика и математика. Все экзамены сдал на отлично и стал студентом.



Рис. 5. Приглашение на мою первую научно-техническую конференцию

Очерк второй. Студенчество, защита диплома

Впрочем, поступив в НЭТИ, я стал не только студентом, но и рабочим на радио-заводе п/я 83. Так назывался Воронежский «Электросигнал», эвакуированный в Новосибирск во время войны. Как и все, не имевшие рабочего стажа, студенты. Мы две недели учились и две недели работали – и так два курса. Работал на сборке радиол «Арфа», затем их настройщиком, а потом «радиодоктором». Доктор должен был «лечить» радиоаппараты, имевшие производственные дефекты, и которые настройщики снимали с конвейера. Работа была интересная и ответственная. Удивительно, какое количество радиол мы тогда делали. Работали в три смены. Большая часть радиол имела экспортное исполнение (см. рис. 3).

Уже на первых курсах института я увлёкся радиоспортом: работал на институтской радиостанции 1-й категории UA9KPW, участвовал в соревнованиях по «Охоте на лис». Именно в радиориентировании мне удалось несколько раз успешно выступить на республиканских соревнованиях. Помогала радиоаппаратура, которую я сам разработал. В то время на 144 МГц в основном использовались уникальные лампы стержневой серии, для которых требовались и накальные, и анодные батареи. Аппаратура получалась громоздкой и тяжёлой. Мне же удалось освоить только что появившийся советский СВЧ-транзистор П411. Чтобы минимизировать число применяемых транзисторов, приёмник был выполнен по супергетеродинной схеме со сверхрегенеративным детектором всего на трёх таких транзисторах. Приёмник был экономичен и компактен, крепился непосредственно на антенну «волновой канал» и имел высокую чувствительность. Интерес к разработке радиоприёмников в 1966 году привёл меня на институтскую кафедру радиоприёмных и передающих устройств, которую возглавлял тогда доцент, к.т.н. Е. И. Машарский.

А курс «Радиоприёмные устройства» читал доцент, к.т.н. Арон Соломонович Кучеров. Дипломная работа, которую я защитил в 1968 году, носила теоретический характер и называлась «К методике анализа нелинейных устройств типа полосового идеального ограничителя». По предложению молодого тогда преподавателя, только что защитившего диссертацию в МВТУ им. Баумана, и моего идейного руководителя Таймураза Бейбулатовича Борукаева (впоследствии д.т.н., профессора и зав. кафедрой теоретических основ радиотехники НЭТИ), я диплом защищал на английском языке, он же переводил моё выступление и мои ответы на вопросы комиссии (см. рис. 4). Вместе с дипломом с отличием мне была выдана справка о сдаче кандидатского минимума по английскому языку. Позже основные результаты моей дипломной работы были опубликованы в журнале «Радиотехника» № 3/1977 в статье «О распределении огибающей на выходе коррелятора с ограничением».

Очерк третий. Моя первая научная конференция

Разбирая свой архив, я неожиданно обнаружил приглашение на VII Научно-техническую конференцию в Ленинграде (VII Научно-техническая конференция молодых специалистов, п/я Р-6808 инв. № Л-191, Ленинград, 1970 г.) (см. рис. 5).

И хотя мой доклад на этой конференции открывает список моих многочисленных научных трудов, тем не менее находка такого артефакта меня обрадовала. За последующие годы я участвовал в десятках научных конференций, в том числе и международных. Причём дважды удалось сделать доклады в Китае на знаменитых конференциях RADAR2006 и RADAR2016. И всё-таки конференция 1970 года, проходившая тогда в закрытом «почтовом ящике» Р-6808 (ОАО «ЦНПО «Ленинец», Ленинградский пр. 212, а с 2014 года АО «ЗАСЛОН»), для меня остаётся самой важной. Причина этого в том, что результаты, о которых я рассказал в своём докла-

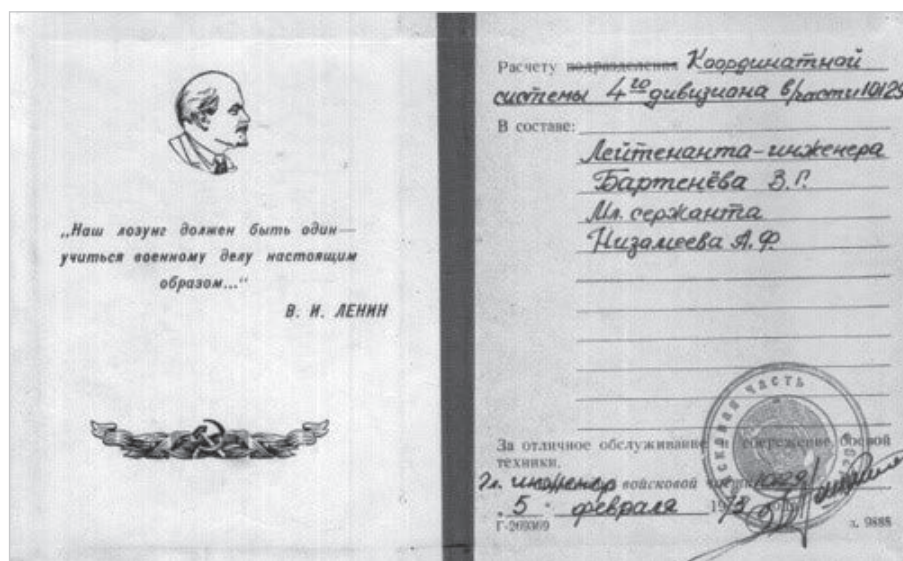


Рис. 6. Диплом за отличное обслуживание боевой техники



Рис. 7. Кафедра радиотехнических систем МЗИС во время моей учёбы

де на этой конференции, стали для меня началом большого научного исследования систем селекции движущихся целей (СДЦ), продолжающегося по настоящее время. Система СДЦ, характеристики обнаружения которой были получены аналитически тогда и представлены в докладе на этой конференции, стала прототипом для моего изобретения первой адаптивной разностно-временной системы СДЦ. Только недавно, по истечении более 30 лет, ФИПС снял гриф секретности с 14 моих первых изобретений, которые опубликованы теперь в Интернете и явились усовершенствованиями и дальнейшим развитием системы СДЦ из моего доклада на конференции 1970 года.

И ещё не могу не отметить также такой важный факт. В приглашении на страничке с номером моего доклада следующий доклад делал Голубев Генна-

дий Николаевич. Так уж получилось, что мне повезло тогда познакомиться с Г.Н. Голубевым. Мы работали в одной лаборатории Новосибирского НИИ измерительных приборов, куда я был распределён в 1969 г. после окончания НЭТИ, а Геннадий Николаевич распределен после окончания в 1966 г. Томского государственного университета. Так мы оказались в лаборатории к.т.н. Валентина Ивановича Кислякова, который умело руководил нами, тогда молодыми специалистами. А отдел возглавлял лауреат Ленинской премии Виталий Вениаминович Райзберг. Это был тематический отдел института, которому была поручена важная задача – разработать РЛС кругового обзора нового типа с фазированной антенной решеткой и высокими показателями помехозащищённости от активных и пас-

сивных помех. Заказ имел номер 314, а точнее, это был эскизный проект РЛО, которая в дальнейшем войдёт в состав зенитно-ракетной системы С-300. С Геннадием Николаевичем нас связывали тёплые дружеские отношения. Даже наши столы в лаборатории стояли рядом. Однако после 1971 года наши пути разошлись. Меня призвали на военную службу на два года. Голубев же защитил кандидатскую диссертацию и вообще пошёл в гору, став директором НИИИП. Вот его правительственные награды: 1986 г. – орден «Знак Почёта», 1991 г. – «Почетный радист СССР», 1997 г. – Лауреат государственной премии РФ, 1999 г. – «Заслуженный машиностроитель». В период 2008–2013 гг. Голубев Г.Н. – первый заместитель генерального директора ОАО «НИИ измерительных приборов». В 2013 г. на 72 году Геннадий Николаевич ушёл из жизни. Это был выдающийся конструктор радиолокационных систем, лауреат Государственной премии, возглавлявший создание РЛС 64Н6, 9С15М2, 91Н6, входивших в состав зенитно-ракетных комплексов С-300 и С-400, ставший достойным продолжателем дела его предшественника Юрия Александровича Кузнецова, который в 1987 г. был переведён на должность Генерального конструктора во ВНИИРТ (г. Москва).

Очерк четвёртый. Служба в армии

С 1971 по 1973 гг. я был призван в армию в звании лейтенанта на два года и служил в Войсках ПВО страны. Моя служба проходила в зенитно-ракетном дивизионе на комплексе С-75 «Десна», установленном на сопке недалеко от посёлка Курегеж в 30 км от Новокузнецка, где и был расположен полк моей войсковой части. Служба была не из лёгких, так как во время боевого дежурства приходилось по тревоге бежать на ЗРК в любое время суток. Мне было поручено отвечать за боеготовность в ЗРК координатной системы и СДЦ. Наш расчёт, который включал в себя ещё и мл. сержанта Низамеева А.Ф., успешно справлялся с поставленными задачами, несмотря на сложную ламповую аппаратуру, требующую постоянного контроля её параметров. Это относилось как к многоламповым операционным усилителям, настройка которых определяла точность наведения на цель, так и к потенциалоскопам СДЦ, у которых качеством настройки их спиральной развёртки определялся коэффициент подавления мешающих отражений от пассивных помех.

О результатах работы расчёта говорит полученный нами диплом за отличное обслуживание и сбережение боевой техники (см. рис. 6). ЗРК в нашем полку постоянно дорабатывались. В частности, в дивизионе рядом с посёлком Курегеж при мне в ЗРК был добавлен радиолокационный дальномер РД-75 («Амазонка»). Вот и я решил внести свою лепту в ЗРК, внедрив рационализаторское предложение для улучшения работы телефонного аппарата на пусковых установках за счёт уменьшения так называемого «местного эффекта». Уже после службы в армии, обучаясь в аспирантуре, я это своё рационализаторское предложение оформил как авторское свидетельство на разговорную часть схемы телефонного аппарата (а/с № 708534).

Очерк пятый. Аспирантура МЭИС

С 1976 по 1979 гг. я обучался в очной аспирантуре МЭИС. Именно так этот университет тогда назывался. Более того, принят я на учёбу был на кафедре радиотехнических систем, которая была создана в феврале 1959 года. Вот как выглядел её состав во время моей учёбы (см. рис. 7).

В центре за столом сидит заведующая кафедрой Анна Ивановна Дымова. А крайний справа – мой научный руководитель Александр Михайлович Шлома. К сожалению, ни Анны Ивановны, ни Александра Михайловича уже нет в живых. Царствие им небесное. Но есть на этой фотографии человек, с которым я дружен до сегодняшнего дня. Он стоит третьим слева. Это профессор Валентин Сергеевич Сперанский. Именно он предоставил мне эту фотографию. А ещё он мне передал свой текст с историей кафедры радиотехнических систем, фрагмент которого я хочу привести.

Кафедра радиотехнических систем была создана на факультете «Автоматика, телемеханика и электроника», который ныне имеет название «Радио и телевидение». Первым заведующим кафедрой был один из выдающихся деятелей советской высшей школы в области радиотехники в послевоенные годы проф. Гец Аронович Левин (1898–1965), который сразу же из студенческой среды создал группу молодых исполнителей научно-исследовательской работы по новой тематике, ориентированной на создание командной радиолонии управления летательными аппаратами; впервые в нашем институте и в нашей стране была орга-

низована работа по развитию новой технологии: использованию в радиотехнике шумоподобных сигналов. С той поры за время существования кафедры по этой тематике защищено несколько докторских и несколько десятков кандидатских диссертаций. После смерти Г.А. Левина кафедру по желанию коллектива возглавила А.И. Дымова, которая стала и деканом факультета АТЭ. Это время следует считать золотым веком кафедры. Анна Ивановна – прекрасный организатор, она умела ладить и с преподавателями, и с начальством. Кафедра РТС стала ведущей в вузе как по уровню преподавания, так и по научной работе. В научных лабораториях работало более 30 сотрудников и все преподаватели. Почти каждый месяц были защиты диссертаций. Л.Е. Варакин защитил докторскую диссертацию. В 1968 году Анна Ивановна пригласила на кафедру А.М. Шлому, до этого работавшего в НИИП г. Жуковский. Впоследствии Шлома стал доктором технических наук, профессором. При зав. кафедрой Дымовой научные работы развивались вширь и вглубь. Продолжалась тематика применения ШПС в связи. Руководителями двух тем являлись проф. Пестряков В.Б. и доц. Варакин Л.Е. Было подготовлено и защищено более 10 кандидатских диссертаций, в том числе: Сенявский А.Л., Сперанский В.С., Коричнев В.В., Косичкин О.А., Журавлев В.И., Кузькин В.С., Волков Л.Н., Власов В.Н. и я. Варакин Л.Е., Афанасьев В.П., Шлома А.М. и Смирнов Н.И. защитили докторские диссертации. Исследования по статистической радиотехнике возглавил проф. Левин Б.Р. Он создал научную школу: под его руководством выполнили кандидатские диссертации Кушнир А.Ф., Шинаков Ю.С., Кузнецов В.П. (впоследствии доктор физ.мат. наук), Баронкин В.М., Морковина Н.В., Скворцов Г.И. и др. Левин Б.Р. написал трёхтомник «Статистическая радиотехника». Семинар, проводимый Б.Р. Левиным, пользовался популярностью у учёных-радиотехников СССР. Б.Р. Левин руководил секцией теории информации, которую потом возглавил проф. Ю.С. Шинаков.

Поскольку моя тема кандидатской диссертации была по радиолокации и имела гриф секретности, защищать её мне пришлось в Энергетическом институте на кафедре радиоприборов в закрытом учёном совете, который возглавлял академик А.Ф. Богомолов. Моим главным достижением во время учёбы в МЭИС стало в 1976 г. изобре-



Рис. 8. Авторское свидетельство на первую адаптивную разностно-временную систему СДЦ

тение первой адаптивной разностно-временной системы СДЦ (см. рис. 8), которая получила дальнейшее усовершенствование и внедрение в РЛС ВНИИРТ (Москва) и НИИИП (Новосибирск).

Очерк шестой. ВНИИРТ

Ордена Трудового Красного Знамени Всероссийский НИИ радиотехники – старейшее предприятие, которому в 2021 году исполнилось 100 лет. Созданное по декрету В.И. Ленина как особое техническое бюро, оно имело в дальнейшем много разных названий: и НИИ-20, и ЯРТИ, и НИИ244, и др. Когда в 1979 году я был по путёвке министерства радиопромышленности направлен на это предприятие после окончания очной аспирантуры и защиты кандидатской диссертации, это был Всесоюзный НИИ радиотехники. Мне повезло, что главный инженер ВНИИРТ, тогда Иван Тимофеевич Помаленький, определил меня на должность ведущего инженера в 4 отдел. Это был тот самый легендарный 4 отдел, который так назывался во времена, когда ВНИИРТ был НИИ-20, а возглавлял этот отдел академик Юрий Борисович Кобзарев.

Достаточно скоро я был по конкурсу избран старшим научным сотрудником, а после смерти Льва Николаевича Кислякова, друга и соратника Кобзарева Ю.Б., я возглавил его лабораторию № 442. Так я стал продолжателем дела Кислякова Л.Н. и Кобзарева Ю.Б. Однако начавшаяся перестройка и распад СССР, всеобщая разруха серьёзно сказались и на Всероссийском НИИ радиотехники. Лаборатория прекратила своё

существование. Но всё-таки хочу вернуться к концу семидесятых, когда я, полный сил и творческой энергии влился в коллектив 4 отдела. В новом коллективе меня окружали очень интересные люди с большим опытом работы в области радиолокации: д.т.н. Лев Николаевич Кисляков, к.т.н. Георгий Васильевич Румянцев, к.т.н. Евгений Викторович Дракин, к.т.н. Лев Давыдович Фельдман, д.т.н. Борис Аронович Фогельсон, к.т.н. Прошин Евгений Александрович и др. Сразу же скажу, что мне бросилось в глаза, когда я пришёл в отдел, – это чувство глубокой депрессии, которую испытал отдел после неудач с РЛС «Машук» (5Н88). Это была гигантская РЛС дальнего обнаружения, в которой было внедрено сразу слишком много новых идей, начиная от антенны и заканчивая новым типом широкополосного сигнала и корреляционными автокомпенсаторами. Это было последнее чудо аналоговой техники, со всеми присущими ей недостатками, и потому опередившее своё время.

Цифровая техника ещё только нарождалась и внедрялась пока лишь в малых формах (СДЦ в РЛС СТ-68). Кроме того, как в отделе, так и в институте традиции, сложившиеся с давних времён, слишком довели как над тематическими, так и разрабатывающими подразделениями. Все станции делались во ВНИИРТ двухчастотными, значит, и новую РЛС, твердотельную «Гамму», решили делать двухчастотной. Надо сказать, что эта особенность наложила отпечаток и на моём техническом творчестве. Так появилось множество авторских свидетельств на разнообразные адаптивные системы СДЦ наряду с разностно-временными, теперь уже разностно-частотного типа. Причём использование двухчастотности оказалось настолько продуктивным, что позволяло реализовать как эффективные алгоритмы адаптивной режекции пассивной помехи, в том числе и дискретной на основе свойств авторегрессионной модели помехи, так и алгоритмы классификации дискретных мешающих отражений по доплеровскому признаку с последующим их бланкированием.

Многие двухчастотные алгоритмы были проверены в реальных условиях и внедрены на практике (РЛС 67Н6, РЛС 64Ж6, РЛС 5Н87). Работа велась в содружестве не только со старожилками отдела, но и с молодыми сотрудниками Цивилиным Владимиром Ильичом, Аркушей Евгением Александровичем, Ковалёвым Виктором Васильевичем. Наибо-

лее плодотворными у меня творческие отношения сложились с Владимиром Ильичом Цивилиным. С этим интеллигентным разносторонне развитым человеком я сохраняю дружеские отношения до сих пор. Возглавив лабораторию Л.Н. Кислякова и перейдя в неё с группой молодых и способных инженеров, я расширил тематику лаборатории, так как теперь кроме распознавания типов целей и функционального контроля РЛС появилась традиционная для меня тематика – разработка адаптивных систем помехозащиты. Расширился круг задач, возросла и их сложность, число НИР и ОКР: «Перспектива», «Планида», «Астра», «Ковёр», «Щеколда», «Перо», «Радуга», «Аквамарин», причём по трём последним НИР я был заместителем научного руководителя, а по НИР «Щеколда» – научным руководителем.

В 80-е годы лаборатория выпустила конструкторскую документацию на цифровую адаптивную систему СДЦ для Муром для модернизации РЛС П-19, разработала и провела испытания цифровой системы бланкирования отражений от «ангелов» в серийной станции К-66 в горно-пустынной местности (г. Янгйюль, Узбекистан), успешно провела испытания первой системы распознавания типов целей, встроенной в РЛС 5Н87, в реальных условиях (Капустин Яр) и, конечно же, активно участвовала в НИИЭР «Гамма» и в испытаниях первого опытного образца РЛС «ГАММА-Д» как на полигоне, так и в институте.

Вспоминаю, какую важную роль сыграла лаборатория, когда потребовалось преодолеть трудности с блоками сжатия ЛЧМ-сигнала. Из сотрудников лаборатории была создана ударная бригада, и положительный результат был достигнут. Хотелось бы сказать ещё об одном направлении исследований лаборатории. Дело в том, что в середине 80-х в США появился первый программируемый сигнальный процессор TMS32010. Открылась новая эра программируемых цифровых устройств для когерентной обработки сигналов. И, естественно, я сразу же подключаюсь к работе по созданию в нашей стране аналога этого DSP: оформляю тематическую карточку в МРП, часто езжу в Ригу на НПО «Альфа», где в конце 80-х всё-таки получаю первые образцы отечественных сигнальных процессоров «Рина» (аналоги TMS32010). А в лаборатории развёртываются работы по освоению сигнальных процессоров, и вот уже в 1990 году мне удаётся внедрить первый програм-

мируемый сигнальный процессор в РЛС дорожного движения («ФОДОКОМ», главный конструктор Ерохин А.Ф.). И хотя это была простейшая РЛС, но это была первая в стране программируемая РЛС, в которой вся обработка была реализована не на элементах жёсткой логики (HARDWARE), а на программном уровне (SOFTWARE).

Без сомнения, можно сказать, что это было время настоящего расцвета моей лаборатории. Об этом говорило и то, что недавние молодые специалисты Алексей Мошечков, Андрей Логин, Игорь Пикаев защитили кандидатские диссертации. Мне за эти десять лет также удалось многое сделать: получить более двадцати авторских свидетельств на изобретения, опубликовать свыше десяти статей в журналах «Радиотехника и Электроника», «Радиотехника», «Вопросы специальной электроники». Среди этих публикаций особую гордость у меня вызывает статья «Применение распределения Уишарта для анализа эффективности адаптивных систем СДЦ», где впервые мне удалось аналитически получить выражение для коэффициента улучшения адаптивной системы СДЦ в зависимости от конечного объёма обучающей выборки. Следует отметить, что наряду с активной производственной деятельностью я в это время читал лекции в институте повышения квалификации министерства радиопромышленности на кафедре радиотехнических систем по курсу «Цифровая обработка сигналов». Там же у меня были опубликованы два учебных пособия: «Цифровые методы обработки радиолокационных сигналов» и «Сигнальные процессоры и их применение в радиолокации». Одновременно с этим я проводил занятия со школьниками в радиокружке Раменского Дома пионеров, где мы с ребятами осваивали микропроцессорную технику. Нами был разработан персональный компьютер «ЮТ-88» на первом советском микропроцессоре 580ВМ80. Этот компьютер получил тогда большую популярность из-за своей блочно-модульной конструкции, удобной для повторения, потом его описание было опубликовано в приложении к журналу «Юный техник», а затем и в издательстве «Просвещение» в виде отдельной книги. Кстати, Игорь Пикаев был среди моих воспитанников радиокружка Раменского Дома пионеров, затем, обучаясь в МЭИ, проходил практику в моей лаборатории, там же делал диплом и работал над диссертаци-

цией. С 1980 по 1990 годы в мою трудовую книжку занесено 9 различных поощрений. Но самой высокой оценкой моих заслуг этого периода я считаю присвоение мне в 1990 году учёного звания старшего научного сотрудника по радиолокации и радионавигации. Но вот наступили роковые лихие 90-е с приватизацией, массовыми увольнениями, с невыплатой зарплаты. Наступил сложный период в моей жизни, так как не обошли эти беды, которые были характерны для большинства оборонных предприятий, и ВНИИРТ, а значит, и меня. Прекратила существование лаборатория. Большое число сотрудников нашего отдела уволилось. Чтобы преодолеть эти трудности, я вышел с предложением к руководству института о создании под учредительством ВНИИРТ и Академии оборонных отраслей (бывший институт повышения квалификации МРП, где я читал лекции) малого предприятия с направлением деятельности в области цифровой обработки сигналов. Тогда была надежда, что имевшийся у меня большой научно-технический задел позволил бы найти заказы на внедрение и как-то выправить финансовое положение института. Такое малое предприятие было создано. Однако на фоне общей разорухи и отсутствия финансирования желаемых результатов добиться не удалось. Имели место лишь отдельные немногочисленные заказы. Затем Академия оборонных отраслей была ликвидирована, а при акционировании ВНИИРТ прекратило существование и это малое предприятие.

Тем не менее нельзя не отметить, что за период его существования были разработаны инструментальные средства проектирования для сигнальных процессоров фирм Texas Instrument и Zilog, которые были внедрены в том числе и во ВНИИРТ, а многопроцессорная 32-канальная система акустико-эмиссионного анализа была впервые реализована на программируемых сигнальных процессорах и внедрена в КБ Газпрома. Огромную помощь в это трудное время мне оказал начальник 444 отдела Виктор Васильевич Ковалёв. Дружеское отношение и поддержку я всегда встречал у Пухова Юрия Семёновича. Мой школьный друг Павел Романович Нечипоренко стал инициатором внедрения многопроцессорного аппаратно-программного комплекса для задач акустико-эмиссионного анализа. Это благодаря ему родился прибор для неразрушающего контроля «Синтал-

фон». Хочу особую благодарность выразить за моральную и материальную поддержку в эти трудные годы своей сестре Алле Григорьевне, заслуженному строителю России, всю свою жизнь отдавшей строительству дорог в Сибири.

Начиная с 2000 года я был занят самой разнообразной работой: от разработки устройств помехозащиты, перевода её на самую современную элементную базу (сигнальные процессоры NM6403, ADSP-BF533) в рамках модернизации модуля ЦОС изделия 64Л6, до проработки концепции и реализации её в конкретных технологических решениях в новом для ВНИИРТ конверсионном направлении – энергосбережении.

Остановлюсь на втором направлении, как наиболее актуальном и в настоящее время. В соответствии с приказом РАСУ «Об организации работ по энергосбережению в отрасли» в целях реализации Федерального закона № 28-ФЗ «Об энергосбережении в Российской Федерации» генеральным директором ВНИИРТ Таныгиным Анатолием Александровичем в 2000 г. был подписан Приказ № 122 «О развёртывании работ по энергосберегающей тематике» во ВНИИРТ. Функции головного исполнителя по данной тематике были возложены на 4 отдел, а главным конструктором соответствующего заказа был назначен я. Сразу же хотел бы подчеркнуть, что все работы по данному заказу велись исключительно на основе самофинансирования, так как ОАО ВНИИРТ ни копейки не вложил в становление и развитие данного направления. Однако несмотря на огромные трудности, это направление удалось не только развить, но и довести до высокого современного уровня. Об этом говорит участие ВНИИРТ на международной выставке «POWERTEK 2004 – Энергетика и энергосбережение», на которой ВНИИРТ в рамках единого стенда Концерн ПВО «Алмаз-Антей» представлял свои разработки в области энергосбережения. Сложившаяся ситуация с отоплением во многих регионах России характеризуется увеличением количества аварийных ситуаций в отопительных системах городов и поселков, что связано прежде всего с отсутствием должного финансирования работ по профилактике и капитальному ремонту и восстановлению теплотрасс и отопительных систем. В этих условиях применение разработанных во ВНИИРТ альтернативных систем энергосберегающего отопления приобретает особую зна-

чимость. Главной отличительной особенностью в построении предлагаемых систем является применение высоких информационных технологий в совокупности с высокоэффективными обогревателями на основе длинноволновых потолочных излучателей. При этом достигается адресный учёт отдельных потребителей электроэнергии и энергосберегающее с месячной программой адресное регулирование подачи электроэнергии к отдельным пользователям.

Энергосберегающим системам отопления подобного типа, не требующим традиционных теплоцентралей и котельных, был посвящён доклад, сделанный на первой международной конференции на секции «Реформа ЖКХ», проходившей на выставке. А на большом телевизионном экране стенда демонстрировался фильм о практически реализованной в г. Волгограде энергосберегающей отопительной системе «СИНТАЛ ТЕРМОЛИНК». Эта энергосберегающая система отопления Волгоградского Дворца спорта мощностью около 1 МВт, использующая более сотни цифровых датчиков температуры, два компьютера и 17 силовых шкафов, успешно эксплуатируется, подтверждая правильность выбранного во ВНИИРТ направления в области энергосбережения.

По энергосберегающей тематике было опубликовано множество статей в таких журналах, как «ДАТЧИКИ и СИСТЕМЫ», «ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ», «Контрольно-измерительные приборы и системы» и «Современная электроника». В рамках энергосберегающей тематики были получены пять патентов. Как уже отмечалось, наряду с конверсионной тематикой я продолжал исследования в области адаптивных программируемых систем помехозащиты. В этой связи отмечу, что мне довелось дважды участвовать с докладами на международных конференциях RADAR2006 и RADAR2016 в Китае.

Подводя итоги своей научной деятельности за прошедшие годы, могу с удовлетворением отметить, что мне посчастливилось с 80-х годов по настоящее время занимать передовые позиции в области цифровой обработки сигналов. Начиная с 2010 года я возглавляю аспирантуру ВНИИРТ. Вот уже трое аспирантов ВНИИРТ стали кандидатами технических наук. Одновременно уже 10 лет, как я преподаю в МТУ (МИРЭА). Среди читаемых мною курсов «История радиотехники», «Введение в специальность», «Программируемая электроника».

Статьи Владимира Бартечева, опубликованные в журнале «Современная электроника»

1	Аналоговые датчики температуры, влажности и давления	№ 6, 2006 г.
2	Цифровой регулятор температуры с дистанционным управлением по GSM-каналу	№ 9, 2006 г.
3	Российская микроэлектроника: пути выхода из кризиса	№ 1, 2007 г.
4	Многоканальный цифровой регулятор температуры	№ 2, 2007 г.
5	О выборе числа градаций весовых коэффициентов адаптивного цифрового фильтра	№ 3, 2007 г.
6	Экономичный температурный мониторинг удалённых объектов	№ 9, 2007 г.
7	Программируем ЦПОС Black in	№ 6, 2008 г.
8	Адаптивная фильтрация неклассифицированных выборок наблюдения	№ 7, 2008 г.
9	Цифровые технологии в энергосбережении	№ 4, 2008 г.
10	Изобретатель радио А.С. Попов. К 150-летию со дня рождения	№ 3, 2009 г.
11	Эффективность алгоритмов объединения квадратурных каналов	№ 2, 2010 г.
12	К 70-летию создания первых РЛС дальнего обнаружения	№ 3, 2010 г.
13	7 мая – День радио (110 лет детекторному приёмнику)	№ 4, 2010 г.
14	Новый способ оценки доплеровской разности фазы	№ 5, 2010 г.
15	Программируемая радиоэлектроника – важный фактор инновационного обновления России	№ 7, 2010 г.
16	Квазиоптимальные адаптивные алгоритмы обнаружения сигналов	№ 2, 2011 г.
17	90 лет ОСТЕХБЮРО	№ 4, 2011 г.
18	Первая отечественная РЛС дальнего обнаружения в битве под Москвой	№ 2, 2012 г.
19	О радиозаводах, созданных в начале Великой Отечественной войны на востоке нашей страны	№ 4, 2012 г.
20	Бортовая радиоэлектроника 75 лет назад	№ 2, 2013 г.
21	Контроль состояния и учёт времени наработки информационных и радиотехнических систем	№ 4, 2013 г.
22	Изобретения Олега Лосева, которые потрясли мир. К 110-летию со дня рождения учёного	№ 5, 2013 г.
23	Первые работы в СССР в области УКВ. К 90-летию создания Центральной радиолaborатории в Ленинграде	№ 7, 2013 г.
24	Наше радиовещательное наследие. К 95-летию создания Нижегородской радиолaborатории	№ 1, 2014 г.
25	Модельно-ориентированное проектирование генератора случайных чисел	№ 2, 2014 г.
26	Забывтое изобретение А.С. Попова, или Первый в мире детекторный радиоприёмник. 155-летию со дня рождения А.С. Попова посвящается	№ 3, 2014 г.
27	7 мая – День радио. Изобретатель радио А.С. Попов в Крыму	№ 5, 2014 г.
28	Радиолокационные отражения от «ясного неба» вынуждают улучшать параметры РЛС	№ 7, 2014 г.
29	Рождение радиоэлектроники	№ 9, 2014 г.
30	Некоторые итоги программы «Развитие компонентной электронной базы и радиоэлектроники»	№ 2, 2015 г.
31	7 мая – День радио	№ 4, 2015 г.
32	Памяти академика Кобзарева	№ 4, 2016 г.
33	Сравнительный анализ плат «Ардуино»	№ 4, 2016 г.
34	О роли первых отечественных РЛС дальнего обнаружения в ВОВ	№ 8, 2016 г.
35	Новые результаты анализа эффективности устройств корреляционного типа	№ 1, 2017 г.
36	Об истории отечественной радиотелемеханики	№ 5, 2017 г.
37	Радиолокационные обнаружители движущихся целей нового поколения	№ 6, 2017 г.
38	Значение 1937 г. в отечественной радиолокации	№ 7, 2017 г.
39	Первопроходцы отечественной радиолокации Ю.К. Коровин и Д.А. Рожанский	№ 2, 2018 г.
40	В.К. Лебединский, М.А. Бонч-Бруевич, О.В. Лосев: научная школа, историческая преемственность и патриотизм	№ 4, 2018 г.
41	100 лет супергетеродинному радиоприёмнику	№ 9, 2018 г.
42	А.С. Попов и Д.Ч. Бос – изобретатели радио	№ 3, 2019 г.
43	Высокотемпературный датчик температуры с интерфейсом Microlan	№ 3, 2019 г.
44	Россия – родина электронного телевидения. К 150-летию со дня рождения Б.Л. Розинга	№ 5, 2019 г.
45	У истоков квантовой электроники. К 180-летию со дня рождения А.Г. Столетова	№ 8, 2019 г.
46	Александр Шокин и советская радиоэлектроника. Что успел сделать для отрасли за 60 лет работы выдающийся специалист?	№ 9, 2019 г.
47	Советский «Дон Кихот» и первопроходец в радиостроении. К 125-летию со дня рождения академика А.Л. Минца	№ 2, 2020 г.
48	Новый способ классификации и бланкирования дискретных мешающих отражений	№ 3, 2020 г.
49	Герой нашего времени: к 90-летию нобелевского лауреата и академика Ж.И. Алфёрова	№ 4, 2020 г.
50	День Великой Победы и День радио	№ 5, 2020 г.
51	Патриарх отечественной полупроводниковой электроники (Александр Викторович Красиллов)	№ 7, 2020 г.
52	Главный физик СССР – академик А.Ф. Иоффе	№ 8, 2020 г.
53	О распределении оценки модуля коэффициента корреляции	№ 8, 2020 г.
54	Телемеханика Александра Федоровича Шорина. К 130-летию со дня рождения	№ 1, 2021 г.
55	О новом представлении распределения разности фаз	№ 1, 2021 г.
56	Трагическая судьба гениального изобретателя Эдвина Армстронга. К 130-летию со дня рождения	№ 2, 2021 г.
57	О первой в мире радиогамме, переданной в России 125 лет назад	№ 3, 2021 г.
58	О некоторых особенностях формирования межчастотного корреляционного признака	№ 4, 2021 г.
59	Способ адаптивного корреляционного обнаружения	№ 4, 2021 г.
60	О Дне радио и о предложении изменить его статус	№ 5, 2021 г.
61	Первый в мире адаптивный цифровой компенсатор пассивных помех	№ 6, 2021 г.
62	О декорреляции принимаемых сигналов при классификации объектов по межчастотному корреляционному признаку	№ 7, 2021 г.
63	Несколько очерков из моей жизни	№ 8, 2021 г.

ка», «Микропроцессоры и ПЛИС в радио-технике». За время работы во ВНИИРТ и МИРЭА мною опубликованы 12 книг, в том числе 5 учебных пособий, свыше 250 статей, докладов на международных конференциях и отчётов по НИР и ОКР, получено 28 авторских свидетельств и 14 патентов на изобретения. Не могу не отметить и такие события, которые для

меня наиболее значимы и произошли за время работы во ВНИИРТ:

- предоставление мне, как семейному человеку квартиры в Подмоскowie;
- защита докторской диссертации по тематике предприятия;
- награждение знаком «Почётный радист России»;
- присвоение звания «Ветеран труда».

К этому списку хотел бы добавить ещё один подарок, который я получил недавно от руководства ВНИИРТ. Это рассекречивание моих первых 14 изобретений, сделанных во ВНИИРТ более чем 30 лет назад. В бюллетене ФИПС они уже опубликованы. Для меня это важно потому, что теперь стало официально известно о том, что приоритет по первым адаптивным разностно-временным системам, внедрённым не только на моём предприятии, принадлежит АО ВНИИРТ.

Заключение

Наверняка читатель задал себе вопрос, почему я для очерков о своей жизни к 75-летию юбилею выбрал журнал «Современная электроника». Прежде всего потому, что многое, о чём я рассказал в очерках, нашло своё отражение в тех 59 статьях за 15 лет сотрудничества с редакцией журнала. Но главное даже не это. Журнал «Современная электроника» – молодой журнал, который появился на рубеже XXI века, когда актуальные задачи уже не только цифровой а, скорее, программируемой электроники провозгласили наступление нового этапа её развития. Это явилось причиной столь длительного и тесного сотрудничества с редакцией журнала. Отсюда и мои статьи о программируемых радиолокационных системах и устройствах, о программируемых энергосберегающих комплексах и многоканальных регуляторах температуры.

Важно подчеркнуть, что политика редакции журнала строится на разумном балансе между научно-техническими публикациями и рекламной новинкой электроники. И наконец, демократичность и доступность журнала в Интернете, свободное его распространение на международных выставках и конференциях делает журнал наиболее привлекательным и популярным как среди авторов, так и читателей, в отличие от других научных изданий, преследующих прежде всего меркантильные интересы, привлекая к себе авторов за приличную мзду и РИНЦем, и СКОПУ-Сом, и ВАКовским списком, потроша карманы научной интеллигенции.

Литература

1. Бартечев В.Г. Избранные труды (2006–2016 гг.). – М.: Горячая линия – Телеком, 2016. – 478 с.
2. Бартечев В.Г. Избранные труды (2016–2021 гг.). – М.: Горячая линия – Телеком, 2021. – 392 с.





ЧИТАЙТЕ, КАК ВАМ УДОБНО



ПЕЧАТНАЯ И ЦИФРОВАЯ ВЕРСИИ ЖУРНАЛА

ЖУРНАЛ С ГАРАНТИРОВАННОЙ ДОСТАВКОЙ

**СОВРЕМЕННАЯ
ЭЛЕКТРОНИКА**

ПОДПИСКА
НА ЖУРНАЛ

онлайн: www.soel.ru • +7 495 232-0087 • info@soel.ru
на почте: по каталогу «Урал-пресс» (индекс для печатной версии 36280)



Добивайтесь лучших результатов с KeysightCare

ПРОГРАММА РАСШИРЕННОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ

- Ремонт и поверка с гарантированными сроками выполнения
- Консультации технических специалистов с фиксированным временем ответа
- Доступ к документации на портале KeysightCare
- Обновления ПО
- Уведомления о выходе новых версий прошивок и ПО
- Гибкий выбор программы техподдержки

Служба технической поддержки KeysightCare

E-mail: keysightcare.russia@keysight.com

Тел.: 8-800-301-3884



KEYSIGHTCARE

